

**Module Description, available in: EN, FR**

# Advanced Control

## General Information

**Number of ECTS Credits**

3

**Module code**

TSM\_AdvContr

**Valid for academic year**

2020-21

**Last modification**

2018-07-02

**Coordinator of the module**

Jürg Keller (FHNW, juerg.keller1@fhnw.ch)

**Explanations regarding the language definitions for each location:**

- Instruction is given in the language defined below for each location/each time the module is held.
- Documentation is available in the languages defined below. Where documents are in several languages, the percentage distribution is shown (100% = all the documentation).
- The examination is available 100% in the languages shown for each location/each time it is held.

	Lausanne		Lugano	Zurich	
<b>Instruction</b>		X F 100%		X E 100%	
<b>Documentation</b>		X F 0%	X E 100%	X E 100%	
<b>Examination</b>		X F 100%		X E 100%	

**Module Category**

TSM Technical scientific module

**Lessons**

2 lecture periods and 1 tutorial period per week

## Entry level competences

**Prerequisites, previous knowledge**

- Differential equations, Transfer functions
- PID-controller design and implementation incl. anti-windup strategies
- control system structures: feed-forward, cascaded control
- Analysis of feedback control systems (stability, phase/gain margin, performance in time and frequency domain)
- State space models
- Loop shaping controller design
- Linear algebra (Eigenvalue Decomposition)
- It is necessary, that the student has successfully completed 2 semester courses in feedback control

## Brief course description of module objectives and content

Model-based controller design is a key technology to control systems with complex dynamics. It was the enabling technology for many innovations in the last decade. In this module, the key elements of the development process are addressed: system identification, LQR/LQG-Controller design and controller implementation. Since there is always model uncertainty, the course ends with an introduction to robust controller design using H-Infinity.

## Aims, content, methods

### Learning objectives and acquired competencies

The student is able to

- completely design a model-based, robust feedback control law, including modelling, parameter estimation, system analysis, controller design and controller implementation
- design a robust H-Infinity optimal controller.

### Contents of module with emphasis on teaching content

- LQR/LQG-Controller design (5W)
  - State space models and their properties, linearization, singular values, realisation theory, basic state feedback control
  - Observer design
  - LQR/LQG controller design with Loop Transfer Recovery (incl. integral controller action), SISO and MIMO-Systems
- Introduction to system identification (4W)
  - Models, design of experiments, signal conditioning
  - Least Square, recursive methods
- Important aspects of controller implementation (2W)
  - Controller discretization, sampling time
  - Quantisation effects
- Robust Control (3W)
  - H-Infinity controller design

### Teaching and learning methods

Lectures, exercises, case studies

A self-evaluation exam is provided to check the skills necessary to follow the course

### Literature

## Assessment

### Certification requirements

Module does not use certification requirements

### Basic principle for exams

**As a rule, all the standard final exams for modules and also all resit exams are to be in written form**

### Standard final exam for a module and written resit exam

#### Kind of exam

written

#### Duration of exam

120 minutes

#### Permissible aids

*Aids permitted as specified below:*

#### Permissible electronic aids

No electronic aids permitted

#### Other permissible aids

Books, scripts, student's documents

**Special case: Resit exam as oral exam**

**Kind of exam**

oral

**Duration of exam**

30 minutes

**Permissible aids**

No aids permitted

**Description du module, disponible en: EN, FR**

## Réglage avancé

**Informations générales**

## Nombre de crédits ECTS

3

## Code du module

TSM\_AdvContr

## Valable pour l'année académique

2020-21

## Dernière modification

2018-07-02

## Coordinateur/coordinatrice du module

Jürg Keller (FHNW, juerg.keller1@fhnw.ch)

## Explication des définitions de langue par lieu :

- Les cours se dérouleront dans la langue définie ci-dessous par lieu/exécution.
- Les documents sont disponibles dans les langues définies ci-dessous. Pour le multilinguisme, voir la répartition en pourcentage (100% = documents complets)
- L'examen est disponible à 100% dans chaque langue sélectionnée pour chaque lieu/exécution.

	Lausanne		Lugano	Zurich	
<b>Leçons</b>		X F 100%		X E 100%	
<b>Documentation</b>		X F 0%	X E 100%	X E 100%	
<b>Examen</b>		X F 100%		X E 100%	

## Catégorie de module

TSM approfondissement technico-scientifique

## Leçons

2 leçons et 1 leçon de pratique par semaine

**Compétences préalables**

## Connaissances préalables, compétences initiales

- Fonctions de transfert
- Synthèse d'un régulateur PID avec implémentation, méthodes anti-windup incluses
- Structures du systèmes réglés : commande apriori (feedforward), commande en cascade
- Analyse des boucles de réglage (stabilité, marges de phase/gain, performance dans les domaines temporel et fréquentiel)
- Modèles dans l'espace d'état
- Synthèse du réglage par «Loop shaping»
- Algèbre linéaire (décomposition en valeurs propres)
- L'étudiant doit avoir suivi au moins deux cours consécutifs de réglage au niveau Bachelor

## Brève description du contenu et des objectifs

La synthèse d'un régulateur basée sur un modèle est une technologie clé pour maîtriser les systèmes dynamiques complexes. D'importantes innovations réalisées ces dernières années relèvent de cette technologie. Dans ce module, des éléments importants du processus de développement de tels systèmes seront traités, notamment l'identification de systèmes dynamiques, la synthèse et l'implémentation de régulateurs LQR/LQG. Une introduction à la synthèse H-infini des régulateurs robustes sera donnée à la fin du module.

## Objectifs, contenus, méthodes

### Objectifs d'apprentissage, compétences à acquérir

L'étudiant est capable de...

- mettre au point un réglage complet basé sur un modèle, incluant la modélisation, l'estimation de paramètres, l'analyse du système, la synthèse et l'implémentation du régulateur;
- mettre au point un réglage robuste H-infini.

### Contenu des modules avec pondération du contenu des cours

- Synthèse de régulateur LQR/LQG (5S)
  - modèles dans l'espace d'état et ses propriétés, linéarisation autour d'un point de fonctionnement, valeurs singulières, synthèse et réalisation de régulateurs par retour d'état.
  - Synthèse de l'observateur
  - Synthèse de régulateur LQR/LQG avec «Loop Transfer Recovery», (y compris régulateur avec action intégrale) pour systèmes mono- et multivariables (SISO, MIMO)
- Introduction à l'identification des systèmes dynamiques (4S)
  - types des modèles
  - méthode d'estimation par moindres carrés, méthodes récursives
  - conception de l'expérimentation, conditionnement du signal
- Aspects importants de l'implémentation de régulateurs (2S)
  - discrétisation du régulateur temps continu, choix de la période d'échantillonnage
  - effets de la quantification
- Réglage robuste: (3S)
  - H-infini-synthèse de régulateurs

### Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

Cours magistraux, exercices, études de cas

Un examen d'auto-évaluation est mis à disposition permettant de valider les prérequis nécessaires

### Bibliographie

## Evaluation

### Conditions d'admission

Le module n'utilise pas de conditions d'admission.

### Principe pour les examens

**En règle générale, tous les examens de fin de module réguliers et les examens de rattrapage sont organisés sous la forme écrite**

### Examen de fin de module régulier et examen écrit de répétition

Type de l'examen

écrit

Durée de l'examen

120 minutes

Aides autorisées

*Les aides suivantes sont autorisées:*

**Aides électroniques autorisées**

Aucune aide électronique autorisée

**Autres aides autorisées**

Livres, polycopiés, documents personnels

**Cas spécial: examen de répétition oral**

**Type de l'examen**

oral

**Durée de l'examen**

30 minutes

**Aides autorisées**

Sans aides