Module Description, available in: EN, FR

Modelling Simulation and Optimisation

General Information

Number of ECTS Credits

3

Module code

FTP_ModSim

Valid for academic year

2024-25

Last modification

2023-08-11

Coordinator of the module

Andrea-Emilio Rizzoli (SUPSI, andrea.rizzoli@supsi.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		
Instruction		**X** F 100%		**X** E 100%	**X** E 100%		
Documentation		**X** F 70%	**X** E 30%	**X** E 100%	**X** E 100%		
Examination		**X** F 100%		**X** E 100%	**X** E 100%		

Module Category

FTP Fundamental theoretical principles

Profile Recommendations

This module is recommended for the following profiles:

	Lausanne	Lugano	Zurich
Profile	ElE, EnEn	BE, CS, ME, MA	BE

Lessons

2 lecture periods and 1 tutorial period per week

Entry level competences

Prerequisites, previous knowledge

Basic knowledge of

- Calculus (differential and difference equations)
- Linear Algebra (vectors, matrices, change of basis, matrix inversion, computation of eigenvalues)

Brief course description of module objectives and content

Modelling, simulation and optimization are fundamental to solving problems in a number of fields of science, technology and life. Students will learn to design, implement, simulate, and optimize a model of dynamic system. First we will focus on the analysis of how different model structures can generate different behaviours, reproducing growth processes, but also goal seeking and oscillating behaviours. Then we focus on how systems can be analysed, controlled and optimised thanks to systems theory to obtain desired behaviours. Finally, modelling the behaviour of discrete-event systems is considered and techniques for their simulation and optimisation are discussed.

Aims, content, methods

Learning objectives and competencies to be acquired

The main aim of the course is to understand the pervasive feedback principles that rule the world we live in. Thanks to the acquired competencies, the successful student is expected to be able to tackle problems where temporal dynamics plays a major role. The student will learn about alternative and complementary modelling paradigms: from difference and differential equations for continuous time modelling to queuing systems and discrete event systems for discrete event modelling. The student will be then able to formalise the problem thanks to a dynamical model formulation, implement a simulation of the model, and explore the space of alternative behaviours of the system in order to synthesise a possibly optimal management and control strategy.

Module content with weighting of different components

- Tools for systems thinking: introduction to modelling with causal loop diagrams and stock and flows diagrams
- Models of feedback dynamics in dynamic systems: growth and collapse, delays and oscillations
- Elements of systems theory from linear and regular systems to non linear systems: analysis of equilibrium and stability
- Optimisation and control of continuous state and time systems: concept of feedback control, state estimation with the Kalman filter and Optimal Control
- Modelling with discrete event systems: elements of queuing systems.
- Building discrete event systems: modelling input data and analysing output of simulations
- Simulation as an optimisation design tool: design of experiments, metamodelling and the response surface methodology

Teaching and learning methods

Frontal lectures (3h/week) during which the students also perform hands-on exercises with modelling and simulation tools in order to acquire the key applications of the presented theory.

Literature

Business Dynamics - Systems Thinking and Modeling for a Complex World, John D Sterman, McGraw-Hill, 2000. ISBN: 007238915X Introduction to Dynamic Systems, David G. Luenberger, John Wiley & Sons, 1979. ISBN: 0471025941 Introduction to Discrete Event Systems - 2nd Edition. C.G. Cassandras and S. Lafortune.Springer 2008. ISBN 978-0-387-33332-8Simulation Modeling and Analysis 3rd Edition, Averill M Law and W David Kelton, McGraw-Hill, 2000. ISBN 0-07-116537-1 *Simio and Simulation - Modeling, Analysis and Applications*, W.David Kelton, Jeffrey S. Smith, David T. Sturrock, Alexander Verbraeck. McGraw-Hill. 2010. ISBN 0-07-340888-3 Simulation with ARENA - 4th Edition, W. David Kelton and Randall P. Sadowski and David T. Sturrock, McGraw-Hill International Edition 2007. ISBN 0-07-110685-5

Assessment

Certification requirements

Module uses certification requirements

Certification requirements for final examinations (conditions for attestation)

There are no conditions to be admitted to the final exam, but students are encouraged to actively participate to the lectures and the experimental classes.

The final exam is given in written form and it accounts for 100% of the course evaluation.

Basic principle for exams

As a rule, all standard final exams are conducted in written form. For resit exams, lecturers will communicate the exam format (written/oral) together with the exam schedule.

Standard final exam for a module and written resit exam

Kind of exam

Written exam

Duration of exam

120 minutes

Permissible aids

Aids permitted as specified below:

Permissible electronic aids

Laptops and tablets are allowed to access the course documentation, but cannot be used to communicate with other students or with the external world.

Other permissible aids

The exam is an "open book" exam. The students may access all material presented during the lectures.

Special case: Resit exam as oral exam

Kind of exam

Oral exam

Duration of exam

30 minutes

Permissible aids

No aids permitted

Description du module, disponible en: EN, FR

Modelling Simulation and Optimisation

Informations générales

Nombre de crédits ECTS

3

Code du module

FTP_ModSim

Valable pour l'année académique

2024-25

Dernière modification

2023-08-11

Coordinateur/coordinatrice du module

Andrea-Emilio Rizzoli (SUPSI, andrea.rizzoli@supsi.ch)

Explications concernant les langues d'enseignement par site :

- 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		
Leçons		**X** F 100%		**X** E 100%	**X** E 100%		
Documentation		**X** F 70%	**X** E 30%	**X** E 100%	**X** E 100%		
Examen		**X** F 100%		**X** E 100%	**X** E 100%		

Catégorie de module

FTP bases théoriques élargies

Recommandations de profil

Ce module est recommandé pour les profils suivants :

	Lausanne	Lugano	Zurich
Profil	EIE, EnEn	BE, CS, ME, MA	BE

Leçons

2 leçons et 1 leçon de pratique par semaine

Compétences préalables

Connaissances préalables, compétences initiales

Connaissance de base de

- Calcul (équations différentielles et de différence)
- Algèbre linéaire (vecteurs, matrices, changement de base, inversion de matrice, calcul des valeurs propres)

Brève description du contenu et des objectifs

La modélisation, la simulation et l'optimisation sont fondamentales pour résoudre les problèmes dans un certain nombre de domaines de la science, de la technologie et de la vie. Les étudiant-e-s apprendront à concevoir, mettre en œuvre, simuler et optimiser un modèle de système dynamique. La simulation, l'exploration du comportement dynamique du modèle dans le temps et l'espace seront traités pour les systèmes à événements continus et discrets. La simulation d'un modèle permet d'évaluer les indicateurs de performance du système modélisé, améliorant ainsi notre compréhension de son comportement et de sa complexité dynamique.

Objectifs, contenus, méthodes

Objectifs d'apprentissage, compétences à acquérir

L'objectif principal du cours consiste à comprendre les principes de rétroaction systématiques qui gouvernent le monde dans lequel nous vivons. Grâce aux compétences acquises, l'étudiant-e sera capable d'aborder des problèmes dans lesquelles la dynamique temporelle joue un rôle majeur. L'étudiant-e se familiarisera avec des paradigmes de modélisation alternatifs et complémentaires : des équations différentielles et de différence pour la modélisation du temps continu aux systèmes de file d'attente et aux systèmes d'événements discrets pour la modélisation d'événements discrets. L'étudiant-e sera ensuite capable de formaliser le problème grâce à la formulation d'un modèle dynamique, de mettre en œuvre une simulation du modèle et d'explorer l'espace des comportements alternatifs du système afin de synthétiser une stratégie de gestion et de contrôle optimisée.

Contenu des modules avec pondération du contenu des cours

- Outils pour la pensée systémique : introduction à la modélisation avec des diagrammes de boucles causales et des diagrammes de stocks et de flux
- Modèles de dynamique de feedback dans les systèmes dynamiques : croissance et effondrement, retards et oscillations
- Éléments de la théorie des systèmes, des systèmes linéaires et réguliers aux systèmes non linéaires : analyse de l'équilibre et de la stabilité
- Optimisation et contrôle des systèmes d'état et de temps continus : concept de contrôle par feedback, estimation de l'état avec le filtre de Kalman et contrôle optimal
- Modélisation avec des systèmes à événements discrets : éléments des systèmes de mise en file d'attente.
- Construction de systèmes à événements discrets : modélisation des données d'entrée et analyse des résultats des simulations
- La simulation comme outil de conception d'optimisation : plan d'expériences, métamodélisation et méthodologie de la surface de réponse

Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

Cours magistrales (3h/semaine) au cours desquelles les étudiants effectuent également des exercices pratiques avec des outils de modélisation et de simulation afin d'acquérir les principales applications de la théorie présentée.

Bibliographie

Business Dynamics - Systems Thinking and Modeling for a Complex World, John D Sterman, McGraw-Hill, 2000. ISBN: 007238915X Introduction to Dynamic Systems, David G. Luenberger, John Wiley & Sons, 1979. ISBN: 0471025941 Introduction to Discrete Event Systems - 2nd Edition. C.G. Cassandras and S. Lafortune.Springer 2008. ISBN 978-0-387-33332-8Simulation Modeling and Analysis 3rd Edition, Averill M Law and W David Kelton, McGraw-Hill, 2000. ISBN 0-07-116537-1 *Simio and Simulation - Modeling, Analysis and Applications*, W.David Kelton, Jeffrey S. Smith, David T. Sturrock, Alexander Verbraeck. McGraw-Hill. 2010. ISBN 0-07-340888-3 Simulation with ARENA - 4th Edition, W. David Kelton and Randall P. Sadowski and David T. Sturrock, McGraw-Hill International Edition 2007. ISBN 0-07-110685-5

Evaluation

Conditions d'admission

Le module utilise les conditions d'admission

Conditions d'admission à l'examen de fin de module (exigences du certificat)

Il n'y a aucune condition d'admission à l'examen final, mais les étudiant-e-s sont encouragé-e-s à participer activement aux cours et aux expérimentations.

La note finale du cours sera basée sur la sur un examen écrit qui représentera 100 % de l'évaluation finale.

Principe pour les examens

En règle générale, tous les examens réguliers de fin de module se déroulent sous forme écrite. Concernant les examens de répétition, leur format (écrit ou oral) sera communiqué par l'enseignant-e en même temps que le calendrier des examens.

Examen de fin de module régulier et examen écrit de répétition

Type de l'examen

Examen écrit

Durée de l'examen

120 minutes

Aides autorisées

Les aides suivantes sont autorisées:

Aides électroniques autorisées

Les ordinateurs portables et les tablettes sont autorisés pour accéder à la documentation du cours, mais ne peuvent pas être utilisés pour communiquer avec d'autres étudiants ou avec le monde extérieur.

Autres aides autorisées

L'examen est un examen "à livre ouvert". Les étudiants peuvent accéder à tout le matériel présenté pendant les cours.

Cas spécial: examen de répétition oral

Type de l'examen

Examen oral

Durée de l'examen

30 minutes

Aides autorisées

Sans aides