Module Description, available in: EN, FR

Multiphysics

General Information

Number of ECTS Credits

3

Module code

FTP_Multiphy

Valid for academic year

2026-27

Last modification

2024-10-17

Coordinator of the module

Jürgen Schumacher (ZHAW, juergen.schumacher@zhaw.ch)

Explanations regarding the language definitions for each location:

- Instruction is given in the language specified for each location and module execution.
- Documentation is available in the language(s) listed for each location and module execution. If the documentation is in multiple languages, the percentage distributed is indicated (100% = all documentation provided).
- The examination, including both questions and answers, is provided entirely (100%) in the language(s) specified for each location and module execution. The exams are on-site.

	Lausanne			Lugano	Zurich		
Instruction		**X** F 100%			**X** E 100%		
Documentation		**X** F 100%			**X** E 100%		
Examination		**X** F 100%			**X** E 100%		

Module Category

FTP Fundamental theoretical principles

Profile Recommendations

This module is recommended for the following profiles:

	Lausanne	Zurich
Profile	EIE, Mic	EnEn, MA

Lessons

2 lecture periods and 1 tutorial period per week

Entry level competences

Prerequisites, previous knowledge

- Bachelor level in physics and mathematics (Newtonian mechanics, ordinary differential equations, elementary knowledge in vector and matrix calculation).
- Elementary knowledge of MatLab or similar software packages

Brief course description of module objectives and content

The module gives students insight into the modeling and simulation of coupled effects (multiphysics). The module provides an overview on the different application fields of multiphysics modeling and simulation in industry. Students learn the methodical procedures that are necessary for successfully solving modeling and simulation problems in the different areas of engineering and physics. The consolidation and deepening of the theoretical knowledge is achieved on the basis of specific problems that are solved with the appropriate methods and programs (MATLAB, Comsol Multiphysics).

Aims, content, methods

Learning objectives and competencies to be acquired

Students are in a position to model and simulate local and spatially distributed systems of the type that are encountered in the engineering sciences.

Students are in a position to describe a real problem in physical and mathematical terms. They are able to recognize symmetries and to benefit from them. They are aware of which simplifications can be made and what influence they have on the results. The students know different numerical solution methods and the available equation solvers and finite element packages for solving coupled partial differential equations.

Students learn how to develop reliable models, to validate these and to designate their validity limits.

Students are in a position to critically interpret simulation results.

Module content with weighting of different components

- Modeling uncoupled physical phenomena through the application of conservation equations and material laws: transport of mass, energy, charge, momentum. Structural mechanics and flow mechanics are similarly covered in the course.
- Introduction to electromagnetic field modelling (Maxwell’s equations).
- Numerical discretization methods for solving partial differential equations: finite differences, finite elements, finite volumes and time discretization.
- Analysis of a multiphysics problem which is formulated analytically and can be solved with paper and pencil, e.g. coupling charge and energy transport in a single dimension.
- Introduction to the modeling of multiphysics problems that are solved with the finite element method. Exercises on the computer: input of the model geometry, generating a discretization grid, specification of physical material properties in the model.
- Case studies and exercises on the modeling of coupled problems: thermoelectric transport, coupled nonlinear PDE problems, structural mechanics, coupling an incompressible flow with energy transport, industrial application examples on electromagnetics, modeling of a fuel cell to convert chemical energy (hydrogen) into electrical energy.
- Advanced multiphysics modeling: "coefficient form" of a scalar conservation equation, conversion of a partial differential equation into the weak form. The weak form constitutes the basis for the finite element method.
- Model validation and recognition of the validity limits of a model.

Teaching and learning methods

- Frontal teaching
- Practical work with suitable software packages
- Exercises
- Private study and literature study
- Individual and group assignments

Literature

Jose Alberty, Josef Bürgler, Sven Friedel, Paul Ledger, Jürgen Schumacher, "Multiphysics Modeling and Simulation", course handout, Master of Science in Engineering (MSE).

Assessment

Additional performance assessment during the semester

The module does not contain an additional performance assessment during the semester

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

No aids permitted

Exception: In case of an electronic Moodle exam, adjustments to the permissible aids may occur. Lecturers will announce the final permissible aids prior to the exam session.

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

Modélisation et Simulation Multiphysiques

Informations générales

Nombre de crédits ECTS

3

Code du module

FTP_Multiphy

Valable pour l'année académique

2026-27

Dernière modification

2024-10-17

Coordinateur/coordinatrice du module

Jürgen Schumacher (ZHAW, juergen.schumacher@zhaw.ch)

Explications concernant les langues d'enseignement par site :

- L'enseignement est dispensé dans la langue indiquée ci-dessous pour chaque site et chaque exécution du module.
- Les supports de cours sont disponibles dans les langues indiquées ci-dessous pour chaque site et chaque exécution du module. Lorsque plusieurs langues sont utilisées, la proportion de contenu disponible dans chaque langue est précisée (100 % = ensemble des supports de cours).
- Les examens (questions et réponses) sont entièrement rédigés dans la langue indiquée ci-dessous pour le site et l'exécution du module concernés. Ils se déroulent en présentiel.

	Lausanne			Lugano	Zurich		
Leçons		**X** F 100%			**X** E 100%		
Documentation		**X** F 100%			**X** E 100%		
Examen		**X** F 100%			**X** E 100%		

Catégorie de module

FTP bases théoriques élargies

Recommandations de profil

Ce module est recommandé pour les profils suivants :

	Lausanne	Zurich
Profil	EIE, Mic	EnEn, MA

Leçons

2 leçons et 1 leçon de pratique par semaine

Compétences préalables

Connaissances préalables, compétences initiales

- Niveau Bachelor en physique et mathématiques (mécanique newtonienne, équations différentielles ordinaires, connaissances élémentaires en calcul vectoriel et à l'aide de matrices)
- Connaissances élémentaires de MatLab ou de logiciels semblables.

Brève description du contenu et des objectifs

Le module donne un aperçu de la modélisation et de la simulation d'effets couplés (multiphysique). Ce module donne un apercu des différents domaines d'application de la modölisation et de la simulation multiphysique dans l'industrie. Les étudiants apprennent les procédures méthodiques nécessaires à la résolution de problèmes liés à la modélisation et à la simulation dans les divers domaines de la technique et de la physique. La consolidation et l'approfondissement du savoir théorique se fait au moyen de quatre problèmes concrets qui seront résolus avec les méthodes et les programmes adéquats (MATLAB, Comsol Multiphysics).

Objectifs, contenus, méthodes

Objectifs d'apprentissage, compétences à acquérir

Les étudiant-e-s savent modéliser et simuler des systèmes locaux et des systèmes spatialement étendus tels qu'ils apparaissent dans les sciences de l'ingénierie. Ils savent en outre décrire un problème réel de manière physique et mathématique. Ils reconnaissent les symétries et sont en mesure de les mettre à profit. Ils sont conscients des simplifications possibles et de leur influence sur les résultats.

Les étudiant-e-s savent utiliser les différentes méthodes, les algorithmes et les progiciels d'éléments finis disponibles pour résoudre les équations différentielles, couplées et aux dérivées partielles. Ils apprennent à développer des modèles fiables, à les valider et à en déterminer les limites.Ils sont également en mesure de critiquer les résultats de simulation et d'en définir le domaine de validité.

Contenu des modules avec pondération du contenu des cours

- Modélisation de phénomènes physiques non reliés par application des principes de conservation et lois des matériaux: transport de masse, d'énergie, de charge et d'impulsion. La mécanique des structures et la mécanique des fluides sont également traitées durant le cours.
- Introduction à la modélisation des champs électromagnétiques (équations de Maxwell).
- Méthodes de discrétisation numériques pour résoudre les équations différentielles: méthode de la différence finie, méthode des éléments finis, méthode du volume fini et discrétisation de temps.
- Analyse d'un problème multiphysique qui peut être formulé et résolu analytiquement par des calculs manuels, par exemple transfert de charge et transport d'énergie dans une seule dimension).
- Introduction à la modélisation des problèmes multiphysiques à l'aide de l'approche FEM. Exercices pratiques sur ordinateur: description géométrique, maillage pour éléments finis, spécification des propriétés matérielles physiques.
- Etudes de cas et exercices de modélisation de problèmes reliés: conducteur thermoélectrique, mécanique structurelle, problèmes non linéaires couplés d'EDP, relier un flux incompressible au transport d'énergie, exemples d'applications industrielles dans le domaine de l'électromagnétisme, modélisation d'une pile à combustible pour convertir l'énergie chimique (hydrogène) en énergie électrique.
- Modélisation multiphysique avancée: "formule du coefficient générique" d'une loi de conservation scalaire, transformation faible d'une équation aux dérivées partielles. La formulation faible est un des fondements de la méthode des éléments finis.
- Modèle de validation et reconnaissance des limites.

Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

- Cours magistral
- Travail pratique avec des progiciels appropriés
- Exercices
- Etude autonome et bibliographie
- Travaux individuels et en groupe

Bibliographie

Jose Alberty, Josef Bürgler, Sven Friedel, Paul Ledger, Jürgen Schumacher, "Multiphysics Modeling and Simulation", document de cours, Master of Science in Engineering (MSE).

Evaluation

Évaluation supplémentaire pendant le semestre

Le module ne comprend pas d'évaluation supplémentaire pendant le semestre

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

Sans aides

Exception : En cas d'examen électronique sur Moodle, des modifications des aides autorisées peuvent survenir. Dans ce cas, les aides autorisées seront annoncées par les enseignant-e-s avant l'examen.

Cas spécial: examen de répétition oral

Type de l'examen

Examen oral

Durée de l'examen

30 minutes

Aides autorisées

Sans aides