

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

## *Multiphysics Modeling and Simulation*

**General Information****Number of ECTS Credits**

3

**Module code**

TSM\_Multiply

**Valid for academic year**

2019-2020

**Last modification**

2018-11-08

**Responsible of module**

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

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

**Module Category**

TSM Technical/scientific specialization module

**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/Simulink 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). 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

## Aims, content, methods

### Learning objectives and acquired competencies

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.

### Contents of module with emphasis on teaching content

- Partial differential equations, starting/boundary conditions, general methods for solving partial differential equations.
- 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.
- 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, structural mechanics, coupling an incompressible flow with energy transport, modeling of time and location-dependent signals in a human heart, 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

-

## Assessment

### Certification requirements

Module uses certification requirements

### Certification requirements for final examinations (conditions for attestation)

Successful completion of the modeling and simulation exercises.

### Basic principle for exams

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

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

#### Kind of exam

written

#### Duration of exam

120 minutes

**Permissible aids**

No aids permitted

**Special case: Repetition 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

## Modélisation et Simulation Multiphysiques

### Informations générales

Nombre de crédits ECTS

3

Code du module

TSM\_Multiply

Valable pour l'année académique

2019-2020

Dernière modification

2018-11-08

Nom du/de la responsable de module

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

	Berne	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

TSM approfondissement technico-scientifique

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, Simulink 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). 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 étudiants 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 étudiants savent utiliser les différentes méthodes, les algorithmes et les logiciels 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

- Equations aux dérivées partielles, conditions initiales / limites et méthodes générales de résolution.
- 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.
- 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, relier un flux incompressible au transport d'énergie, modélisation spatio-temporelles dans un cœur humain, 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 logiciels appropriés
- Exercices
- Etude autonome et bibliographie
- Travaux individuels et en groupe

### Bibliographie

-

## Evaluation

### Conditions d'admission

Le module utilise les conditions d'admission

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

Réussir les exercices de modélisation et de simulation.

### 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 autorisés

Sans aides

**Cas spécial: examen de répétition oral**

Type de l'examen

oral

Durée de l'examen

30 minutes

Aides autorisés

Sans aides