

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

## *Partial differential equations in engineering applications*

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

3

**Module code**

FTP\_PartDiff

**Valid for academic year**

2019-2020

**Last modification**

2018-11-07

**Responsible of module**

Andreas Müller (FHO, andreas.mueller@hsr.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**

FTP Fundamental theoretical principles

**Lessons**

2 lecture periods and 1 tutorial period per week

**Entry level competences****Prerequisites, previous knowledge**

The course links topics well known from bachelor mathematics courses and extends them, in particular linear algebra, analysis and numerical mathematics. Expected competences:

Linear algebra: systems of equations, matrices, numerical methods

Analysis: partial derivatives, gradient, concept of ordinary differential equation, linear differential equations, separable differential equation, concept of fourier series.

## Brief course description of module objectives and content

Foundations of the theory of partial differential equations relevant in engineering applications and their numerical solution.

### Aims, content, methods

#### Learning objectives and acquired competencies

The student knows the basic geometric, analytic and numeric aspects of partial differential equations. He/she knows the basic methods to successfully solve partial differential equations analytically and numerically as well as a set of typical examples that allow to better understand the theoretical concepts.

#### Contents of module with emphasis on teaching content

##### Part 1: General theory

From ordinary to partial differential equations: three applied examples: wave equation, Laplace equation and heat equation.

##### Goals:

- understand how partial differential equations naturally appear in applications
- be able to solve selected examples using the separation method
- understand the kinds of boundary conditions necessary, Dirichlet and Neumann boundary conditions
- create a collection of examples to illustrate the basic theoretical principles

##### Lesson plan:

1. From ordinary to partial differential equations: three applied examples: wave equation, Laplace equation and heat equation. Goal: understand how partial differential equations naturally appear in applications:
2. Quasilinear partial differential equations of first order, solutions using characteristics.
3. Solution of partial differential equations using separation of variables.
4. Solution of partial differential equations using the Laplace- or Fourier-transforms.
5. Elliptic partial differential equation with the Laplace equation as the prime example. Poisson formula, maximum principle, uniqueness of solutions.
6. Parabolic differential equations with the heat equation as prime example. Maximum principle and kernel function, Green's function.
7. Hyperbolic partial differential equations with the wave equation as prime example. d'Alembert solution and method of characteristics.

##### Part 2: Numerical methods for partial differential equations

1. Analysis of finite difference methods in the example of the two point boundary problem:
  - condition
  - stabilityAnalysis of finite difference methods in the model problem transport equation. Goal: understand some central ideas and concepts of the analysis of numerical methods in general and finite difference methods in particular.
2. Finite volume methods for the Poisson-equation:
  - Example of a cell centered finite volume difference method
  - Example of a node centered finite volume element methodBoundary elements for the Laplace equation. Goal: construct a collection of numerical methods that represent the broadness of possible approximation techniques.
3. Finite element method in the example of the stationary heat equation:
  - differential, variational and integral formulation
  - global and local ansatz functions
  - elements and element types
4. General perspective: weighted residues. Goal: concise introduction into the methodology of finite elements.
5. Problems of finite element methods in the example of the beam equation. Solution strategies and their numerical background:
  - p-strategies
  - h-strategiesExample based introduction to adaptive step size control. Goal: show limitations of finite element methods
6. Finite elements in the example of the nonstationary heat equation:
  - semidiscrete schemata
  - completely discrete schemata
7. Eigenvalue determination using finite elements in the example of the beam oscillation equation. Goal: illustrate additional fields of application for finite elements.

This module does not intend to teach the use of any particular software product for the solution of partial differential equations. Instead it strives to teach the foundations for their successful use. The students should become capable to judge the potential and limitations of such a software system and the precision and reliability of the results that can be expected from such a system.

#### Teaching and learning methods

-

#### 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 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

*Aids permitted as specified below:*

#### Permissible electronic aids

Pocket calculator

#### Other permissible aids

Summary of 10 pages size A4 for each part of the course (total 20 pages).

### 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

## *Equations aux dérivées partielles dans l'ingénierie*

### Informations générales

Nombre de crédits ECTS

3

Code du module

FTP\_PartDiff

Valable pour l'année académique

2019-2020

Dernière modification

2018-11-07

Nom du/de la responsable de module

Andreas Müller (FHO, andreas.mueller@hsr.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
<b>Leçons</b>		X F 100%		X E 100%
<b>Documentation</b>		X F 100%		X E 100%
<b>Examen</b>		X F 100%		X E 100%

Catégorie de module

FTP bases théoriques élargies

Leçons

2 leçons et 1 leçon de pratique par semaine

### Compétences préalables

Connaissances préalables, compétences initiales

Le cours permet de faire le lien avec les études de Bachelor et d'approfondir des théories mathématiques connues, et en particulier l'algèbre linéaire, l'analyse et la numérique. Des connaissances dans certains domaines constituent un prérequis et plus précisément :

Algèbre linéaire: systèmes d'équation, matrices, exercices numériques

Analyse: dérivées partielles, gradient, notion d'équations différentielles ordinaires, équations différentielles linéaires, équations différentielles à variables séparables, notion de la série de Fourier

### Brève description du contenu et des objectifs

Principes de l'utilisation théorique et numérique d'équations aux dérivées partielles pertinentes pour l'ingénierie

## Objectifs, contenus, méthodes

### Objectifs d'apprentissage, compétences à acquérir

Les étudiants connaissent les aspects de base géométriques, analytiques et numériques des équations aux dérivées partielles et disposent d'un savoir élémentaire nécessaire pour assurer l'utilisation de celles-ci dans le domaine de l'ingénierie. Ils connaissent également une sélection d'exemples modèles facilitant l'approfondissement de la théorie.

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

#### Partie 1: Théorie des équations aux dérivées partielles

1. Equations différentielles ordinaires et équations aux dérivées partielles: trois exemples tirés des applications (équations d'onde, de Laplace et de la chaleur); représentation au moyen de coordonnées cartésiennes et polaires; objectif: comprendre comment les équations aux dérivées partielles se manifestent naturellement dans les applications
2. Objectifs:
  - reconnaître la nécessité des conditions initiales et des conditions aux limites pour parvenir à la solution; discussion sur les conditions aux limites de Dirichlet et de Neumann
  - constituer une sélection d'exemples permettant d'illustrer les considérations théoriques ci-dessous
3. Equations de premier ordre, caractéristiques
4. Résolution analytique par la méthode de séparation à l'aide d'exemples sélectionnés
5. Solutions avec les transformées de Laplace ou de Fourier
6. Equation elliptique à l'aide de l'équation de Laplace: formule de Poisson, principe du maximum et unicité de la solution
7. Equations paraboliques expliquées à l'aide de l'équation de la chaleur: principe du maximum, fonction fondamentale
8. Equations hyperboliques expliquées à l'aide de l'équation d'onde: solutions d'Alembert, méthode des caractéristiques

#### Partie 2: Calcul numérique des équations aux dérivées partielles

1. Analyse des méthodes des différences finies à l'aide d'un problème de conditions aux limites (deux paramètres)
  - Analyse de condition
  - Analyse de stabilité
  - Analyse de convergence
2. Analyse des méthodes des différences finies à l'aide du problème de l'équation de transport
3. L'objectif consiste à expliciter certaines des idées et des notions centrales de l'approche numérique en général et des différences finies en particulier.
4. Méthode de volumes finis expliquée à l'aide de l'équation de Poisson:
  - exemple d'une approche volumes finis/différences finies par la méthode centrée aux cellules
  - exemple d'une approche aux volumes/éléments finis par la méthode centrée aux nœuds
  - Caractéristiques de Navier-Stokes
5. Méthode des éléments aux limites expliquée à l'aide de l'équation de Laplace
6. L'objectif consiste à avoir une sélection de méthodes numériques permettant de saisir l'importance des approches approximatives.
7. Méthode des éléments finis expliquée à l'aide de l'équation de la chaleur stationnaire
  - formulations différentielles, variationnelles et intégrales
  - approches globales et locales
  - éléments et types d'éléments
8. Une vue d'ensemble: résidus pondérés
9. L'objectif consiste à présenter une introduction concise à la méthodologie des éléments finis.
10. Problématiques des méthodes des éléments finis expliquées à l'aide de l'équation des poutres
11. Quelques stratégies de résolution ainsi que leur arrière-plan numérique:
  - stratégies p
  - stratégies h
  - stratégies r
12. Exemple d'introduction au contrôle des intervalles
13. L'objectif consiste à illustrer les limites de la méthodologie des éléments finis.
14. Méthode des éléments finis expliquée à l'aide de l'équation de la chaleur instationnaire
  - schémas semi-discrets
  - schémas discrets
15. Détermination de la valeur propre par les éléments finis à l'aide de l'équation des poutres
16. L'objectif consiste à présenter d'autres domaines d'application de la méthode des éléments finis.

L'objectif de ce module ne consiste pas à former l'étudiant à l'utilisation d'un quelconque logiciel de traitement des équations aux dérivées partielles. Il s'agit en revanche de lui transmettre les principes de base permettant une utilisation réussie de ces outils. Le but est donc de permettre aux étudiants de comprendre les différentes possibilités offertes par un tel logiciel et ses conséquences en termes de fiabilité et de précision des solutions obtenues.

### Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

-

### Bibliografie

-

## 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 autorisés

*Les aides suivantes sont autorisées:*

#### Aides électroniques autorisées

Calculatrice

#### Autres aides autorisées

Résumé de 10 pages A4 pour chaque partie du cours (20 pages au total)

### Cas spécial: examen de répétition oral

#### Type de l'examen

oral

#### Durée de l'examen

30 minutes

#### Aides autorisés

Sans aides