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

# *Numerical Analysis and Computer Algebra*

## General Information

**Number of ECTS Credits**

3

**Module code**

FTP_CompAlg

**Valid for academic year**

2024-25

**Last modification**

2019-07-15

**Coordinator of the module**

Bernhard Zgraggen (OST, bernhard.zgraggen@ost.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% | | |
| **Documentation** | | **X** F 80% | **X** E 20% | | **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** | EnEn, ME | EIE, ME |

**Lessons**

2 lecture periods and 1 tutorial period per week

## Entry level competences

**Prerequisites, previous knowledge**

Linear Algebra

- Algebra with vectors and matrices
- Elementary solving linear systems of equations (Gauss Pivoting)
- Eigenvectors and Eigenvalues

Analysis

- Univariate and multivariate calculus (differentials, integrals)

- Knowing of simple numerical recipes for equations and integrals (e.g. Bi-Section, Newton, Trapezoidal-Rule, Simpson-Rule...)
- Ordinary differential equations including simple numerical recipes (e.g. Euler)

Basics in Computer Handling
- Operating system, software installation
- Elementary skills in procedural programming

Hardware and Software
- Notebook
- Mathematical software installed (e.g. Mathematica, Matlab, Maple ... according to preference and experience)

## Brief course description of module objectives and content

After successful studying students are capable to solve selected practical mathematical problems by combining appropriate numerical methods with suitable computer algebra tools. Moreover, students know how to interprete and visualize computational outcomes resulting from numerical algorithms.

## Aims, content, methods

### Learning objectives and competencies to be acquired

Solving mathematical problems with practial relevance by
- capable handling a computer algebra system (CAS) or appropriate mathematical software
- mastering selected numerical methods

Knowing limits of computer based methods and comprehension of
- some internals of CAS (e.g. representations of numbers and functions)
- the problems of numerical stability, errors from rounding and discretization
- algorithmic complexity (e.g. convergence speed)

Combining analytical methods of CAS with efficient numerical software

Interpreting and visualizing computational results

### Module content with weighting of different components

Processing
- data from problems with practical relevance
- by tools from numerical mathematics and analytics
- up to interpretation and visualization of results

Based on a selection of methods listed below
- Solving systems of linear equations (LU-Decomposition, Cholesky Decomposition, Householder Transformations, QR Decomposition, sparse matrix strategies and Gauss-Seidel ...)
- Computations of zeroes and non-linear optimization
- Univariate and multivariate interpolation and approximation (Collocation, Osculation, Splining, Least-Squares Approximation, Chebyshev Approximation ...)
- Numerical differentiation and integration
- Initial and boundary value problems of ordinary differential equations

With consideration of
- Accuracy, efficiency and condition
- Problem identification and method selection
- Computeralgebra in order to establish analytical relations

### Teaching and learning methods

- Derivation of mathematical facts in lectures
- Software demonstrations and visualizations by the lecturer during the lectures
- Teaching based on problems with practical relevance
- Software examples and additional materials on complimentary website (Zuerich)
- Hints to sources and literature on complimentary website (Zuerich)
- Self-studies based on sources and literature
- Doing homework as a preparation for dedicated exercise lessons

### Literature


- Schaum's Outlines of Numerical Analysis, McGraw-Hill Professional, 2nd edition
- Schwarz, Hans R.; Köckler, Norbert; Numerische Mathematik, Vieweg & Teubner, 7. Auflage
- Bronstein et al., Taschenbuch der Mathematik, Harri Deutsch
- Bradie, Brian, A Friendly Introduction to Numerical Analysis, Prentice-Hall
- Alfio Quarteroni, Riccardo Sacco, Fausto Saleri, M´ethodes Num´eriques - Algorithmes, analyse et applications, Springer, 2007
- Jean-Philippe Grivet, Méthodes numériques appliqués, EDP sciences

- Koepf, Wolfram, Computeralgebra, Springer
- Moler Cleve, Numerical Computing with Matlab, http://www.mathworks.com/moler/chapters.html
- Erwin Kreyszig, Advanced Engineering Mathematics, Wiley
- Erwin Kreyszig, Advanced Engineering Mathematics – Students Solution Manual and Study Guide, Wiley
- Erwin Kreyszig/E.J. Norminton, Mathematica Computer Guide for Erwin Kreiszigs Advanced Engineering Mathematics, Wiley
- Michael Trott, The Mathematica Guide Book for Numerics, Springer

## Assessment

### Certification requirements

Module does not use certification requirements

### 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**

No electronic aids permitted

**Other permissible aids**

Open Book

### 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**

# *Le calcul formel et numérique en ingénierie*

## Informations générales

**Nombre de crédits ECTS**

3

**Code du module**

FTP_CompAlg

**Valable pour l'année académique**

2024-25

**Dernière modification**

2019-07-15

**Coordinateur/coordinatrice du module**

Bernhard Zgraggen (OST, bernhard.zgraggen@ost.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% | | |
| **Documentation** | | **X** F 80% | **X** E 20% | | **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** | EnEn, ME | EIE, ME |

**Leçons**

2 leçons et 1 leçon de pratique par semaine

## Compétences préalables

**Connaissances préalables, compétences initiales**

Algèbre linéaire:

- calcul vectoriel et matriciel
- procédures élémentaires de résolution pour les systèmes d'équation linéaires (méthode du pivot de Gauss)
- valeur propre et vecteur propre

Analyse

- Equation différentielle et intégrale à une ou plusieurs variables

- Connaissance des procédés numériques simples (règle du trapèze, de Simpson, méthode du carré, de la bissection, règle de Newton …)
- équations différentielles générales, simples procédés numériques inclus

Bases en utilisation d'ordinateurs
- systèmes d'exploitation, installation de logiciels incluse
- rudiments de la programmation procédurale

Matériel et logiciel
- Possession d'un ordinateur portable
- Mathematica (version étudiant) installé

Elaboration d'un petit « cours d'introduction »: premiers pas avec Mathematica, dans le cadre de l'apprentissage autodidacte, avec le début des cours magistraux

## Brève description du contenu et des objectifs

Les étudiants sont en mesure, après réussite de ce module, de résoudre des problèmes mathématiques sélectionnés dans la pratique via une combinaison de logiciels de calcul formel, à l'aide de méthodes sélectionnées dans le calcul numérique, ainsi que d'en interpréter les résultats et de les présenter grâce à la visualisation.

## Objectifs, contenus, méthodes

### Objectifs d'apprentissage, compétences à acquérir

Résolution de problèmes mathématiques issus de la pratique grâce à
- une manipulation compétente d'un logiciel de calcul formel (CAS)
- la maîtrise de méthodes sélectionnées dans le calcul numérique

Connaissance des limites des méthodes assistées par ordinateur en comprenant
- le fonctionnement interne des CAS (par exemple présentation de chiffres et de fonctions …)
- la stabilité numérique (erreurs d'arrondissage et de discrétisation) et la complexité algorithmique (vitesse de convergence

Association de méthodes symboliques d'un CAS à l'efficacité de logiciels numériques

Interprétation et présentation des résultats (de calcul) grâce à la visualisation

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

Traitement
- des données complexes issues de problèmes d'importance pratique
- via des outils de calcul numérique et de calcul symbolique
- de l'interprétation et de la visualisation des résultats

A l'aide de méthodes tirées de la liste suivante:
- Résolution de systèmes d'équation (factorisation LU, factorisation de Cholesky, transformation de Householder et factorisation QR, stratégies de matrices creuses et méthodes de Gauss-Seidel …)
- Détermination des zéros et optimisation non linéaire
- Interpolation uni-et multidimensionnelle et approximation (Interpolation, splines, ajustement de courbe, approximation de Chebyshev …)
- Dérivée et intégrale numérique
- Conditions initiales et conditions aux limites des équations différentielles ordinaires

En tenant compte de
- la précision, l'efficacité et la condition
- l'identification des problèmes et la sélection des méthodes
- le calcul formel pour la déduction de rapports complexes

### Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

- Communication d'information pure à travers le cours magistral
- Démonstration logicielle par le professeur dans le cadre du cours magistral
- Enseignement porté sur les problèmes au moyen d'exemples d'importance pratique
- Exemple de code pour site Web à compléter
- Référence à la littérature pour site Web à compléter
- Etude autodidacte assistée par les ouvrages de référence
- Traitement des tâches appropriées au cours de l'apprentissage autodidacte pour la préparation aux heures d'exercices

### Bibliographie


- Schaum's Outlines of Numerical Analysis, McGraw-Hill Professional, 2nd edition
- Schwarz, Hans R.; Köckler, Norbert; Numerische Mathematik, Vieweg & Teubner, 7. Auflage
- Bronstein et al., Taschenbuch der Mathematik, Harri Deutsch
- Bradie, Brian, A Friendly Introduction to Numerical Analysis, Prentice-Hall
- Alfio Quarteroni, Riccardo Sacco, Fausto Saleri, M´ethodes Num´eriques - Algorithmes, analyse et applications, Springer, 2007
- Jean-Philippe Grivet, Méthodes numériques appliqués, EDP sciences
- Koepf, Wolfram, Computeralgebra, Springer

- Moler Cleve, Numerical Computing with Matlab, http://www.mathworks.com/moler/chapters.html
- Erwin Kreyszig, Advanced Engineering Mathematics, Wiley
- Erwin Kreyszig, Advanced Engineering Mathematics – Students Solution Manual and Study Guide, Wiley
- Erwin Kreyszig/E.J. Norminton, Mathematica Computer Guide for Erwin Kreiszigs Advanced Engineering Mathematics, Wiley
- Michael Trott, The Mathematica Guide Book for Numerics, Springer


## Evaluation

### Conditions d'admission

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

### 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**

Aucune aide électronique autorisée

**Autres aides autorisées**

Open Book

### Cas spécial: examen de répétition oral

**Type de l'examen**

Examen oral

**Durée de l'examen**

30 minutes

**Aides autorisées**

Sans aides