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

# *Optimization*

## General Information

**Number of ECTS Credits**

3

**Module code**

FTP_Optimiz

**Valid for academic year**

2026-27

**Last modification**

2021-02-05

**Coordinator of the module**

Peter Fusek (ZHAW, fuse@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 70% | **X** E 30% | | **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** | DS, ICS, ME | BE, DS, EnEn, ME, MA, Avi, Pho |

**Lessons**

2 lecture periods and 1 tutorial period per week

## Entry level competences

**Prerequisites, previous knowledge**

Linear algebra:

- Systems of linear equations, Gauss algorithm
- Basics of vector and matrix algebra, linear spaces

Analysis:

- Calculus with functions of one variable

- Zeros of functions (Newton algorithm)

Programming:

- Basics of procedural programming and ability to implement small programs in an arbitrary language, e.g. Python, Matlab, R, Java, C#, C++, C, etc.

## Brief course description of module objectives and content

This course offers an introduction to optimization, emphasizing basic methodologies and underlying mathematical structures. Optimization refers to the application of mathematical models and algorithms to decision making. A large number of quantitative real-world problems can be formulated and solved in this general framework. Applications of optimization comprise, for instance, decision problems in production planning, supply chain management, transportation networks, machine and workforce scheduling, blending of components, telecommunication network design, airline fleet assignment, and revenue management.

## Aims, content, methods

### Learning objectives and competencies to be acquired

- The student has an overview of the various fields and approaches to optimization.
- The student has a basic mathematical and algorithmic understanding of the major optimization methods used in practice (Linear Programming (LP), Integer Programming (ILP), Nonlinear Programming, Optimization in Graphs, Metaheuristics).
- The student is able to analyze basic real-world decision problems and formulate appropriate optimization models.
- The student is able to implement and solve basic LP/ILP models in a spreadsheet.
- The student has developed a certain intuition on how to approach and analyze real-world optimization problems, to correctly estimate their complexity, and to choose appropriate modeling approaches and implementation tools.

### Module content with weighting of different components

| Week | Topics |
|---|---|
| 1 | **PART 1:** |
| 2 | **Introduction to Optimization**<br>• Basic concepts: models, variables, parameters, constraints, objective, optima<br>• Examples of problems and models of different types: linear/nonlinear, discrete/continuous, deterministic/stochastic, constrained/unconstrained<br>• Solution methods: exact algorithms, constructive heuristics, improvement heuristics<br>• Global vs. local optima, basic ideas of convex optimization |
| 3 | **Linear Programming**<br>• Mathematical formulation and terminology, canonical and standard form, transformations<br>• Geometry: linear inequalities, polyhedra, graphical representation, examples<br>• Simplex algorithm |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | **Integer Programming**<br>• Basic concepts<br>• Branch-and-Bound method<br>• Cutting Planes method<br>• Various applications and modeling techniques |
| 7 | |
| 8 | **PART 2:**<br>**Nonlinear Optimization**<br>• Unconstrained multidimensional optimization: optimality conditions, Gradient- and Newton-methods |
| 9 | **Graphs and Networks**<br>• Optimization in graphs<br>• Paths and cycles<br>• Network flows |

| | |
|---|---|
| 10 | • Selected combinatorial optimization problems |
| 11 | |
| 12 | **Heuristics and Metaheuristics**<br>• Trajectory-based methods: hill climbing, tabu search, simulated annealing, ...<br>• Population-based methods: evolutionary algorithms, ant colony optimization, ... |
| 13 | |
| 14 | |

**Teaching and learning methods**

Lectures and exercises

**Literature**

## 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**

*Aids permitted as specified below:*

**Permissible electronic aids**

None.
In particular: Pocket calculators are not allowed.

**Other permissible aids**

Exam "open book": Any written documents are allowed.
**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**

# *Optimisation*

## Informations générales

**Nombre de crédits ECTS**

3

**Code du module**

FTP_Optimiz

**Valable pour l'année académique**

2026-27

**Dernière modification**

2021-02-05

**Coordinateur/coordinatrice du module**

Peter Fusek (ZHAW, fuse@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 70% | **X** E 30% | | **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** | DS, ICS, ME | BE, DS, EnEn, ME, MA, Avi, Pho |

**Leçons**

2 leçons et 1 leçon de pratique par semaine

## Compétences préalables

**Connaissances préalables, compétences initiales**

Algèbre linéaire:

- Systèmes d'équations linéaires, algorithme de Gauss
- Calcul vectoriel et matriciel de base, espaces linéaires

Analyse:

- Calcul différentiel avec des fonctions à une variable
- Recherches de zéros (algorithme de Newton)

Programmation:
- Concepts de bases de la programmation procédurale et la capacité de formuler des petits programmes dans un langage quelconque, par exemple Python, Matlab, R, Java, C#, C++, C, etc.

## Brève description du contenu et des objectifs

Ce cours offre une introduction à l'optimisation, en mettant l'accent sur les méthodologies de base et les structures mathématiques sous-jacentes. L'optimisation fait référence à l'application de techniques et de méthodes mathématiques aux problèmes de prise de décision. Un grand nombre de problèmes quantitatifs réels peuvent être modélisés et résolus dans cette structure générale. Planification de production, supply chain management, réseaux de transport, ordonnancement de machines et de personnel, design de réseaux de télécommunication, airline fleet assignment, et revenue management sont des exemples d'applications parmi d'autres.

## Objectifs, contenus, méthodes

### Objectifs d'apprentissage, compétences à acquérir

- L'étudiant a une vue d'ensemble des différents domaines et des différentes approches d'optimisation.
- L'étudiant comprend les bases mathématiques et algorithmiques des principales méthodes d'optimisation utilisées dans la pratique (Linear Programming (LP), Integer Programming (ILP), Nonlinear Programming, optimisation dans les graphes, métaheuristiques).
- L'étudiant est capable d'analyser des problèmes simples de prise de décision réels et de formuler des modèles d'optimisation appropriés.
- L'étudiant et capable de mettre en place et de résoudre des modèles LP/ILP de base à l'aide d'un tableur.
- L'étudiant a développé une certaine intuition lui permettant d'aborder et d'analyser des problèmes réels, d'estimer leur complexité et de choisir une approche de modélisation et les outils d'implémentation appropriés.

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

| Semaine | Sujets |
|---|---|
| 1 | **PARTIE 1:** |
| 2 | **Introduction à l'optimisation**<br>• Idées de base: modèles, variables, paramètres, contraintes, objectifs, optima<br>• Exemples de problèmes et de modèles de différents types: linéaires/non linéaires, discrets/continus, déterministes/stochastiques, avec contraintes/sans contraintes<br>• Méthodes de résolution: algorithmes exactes, heuristiques constructives, heuristiques d'amélioration<br>• Optima globals vs. locals, concepts de base de l'optimisation convexe |
| 3 | **Programmation linéaire**<br>• Formulation mathématique et terminologie, forme canonique et standard, transformations<br>• Géométrie: inéquation linéaires, polyèdres, représentation graphique, exemples<br>• Algorithme du simplexe |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | **Programmation linéaire entière**<br>• Concepts de base<br>• Méthode Branch-and-Bound<br>• Méthode Cutting Planes<br>• Applications et techniques de modélisation diverses |
| 7 | |
| 8 | **PARTIE 2:**<br><br>**Optimisation non linéaire**<br>• Optimisation multidimensionnelle sans contraintes: conditions d'optimalité, algorithme de gradient et algorithme de Newton |
| | |

| | |
|---|---|
| 9 | **Graphes et réseaux**<br>• Optimization dans les graphes<br>• Cycles et chemins<br>• Flots de réseau<br>• Problèmes sélectionnés d'optimisation combinatoire |
| 10 | |
| 11 | |
| 12 | **Heuristiques et métaheuristiques**<br>• Méthodes de trajectoire: grimpeur, recherche tabou, recuit simulé, ...<br>• Méthodes basées sur une population: algorithmes évolutionnistes, colonies de fourmis, ... |
| 13 | |
| 14 | |

**Méthodes d'enseignement et d'apprentissage**

Cours magistral et travaux dirigés

**Bibliographie**

## 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**

*Les aides suivantes sont autorisées:*

**Aides électroniques autorisées**

Aucun.
Notamment: Les calculatrices ne sont pas autorisées.

**Autres aides autorisées**

Examen "à livre ouvert" ("open book"): Tous les moyens écrits sont autorisés.

**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