Module Description, available in: EN, FR

Computational Structural Mechanics (CSM)

General Information

Number of ECTS Credits

3

Module code

TSM_CSM

Valid for academic year

2026-27

Last modification

2023-08-28

Coordinator of the module

Ralf Baumann (HSLU, ralf.baumann@hslu.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 80%	**X** E 20%		**X** E 100%		
Examination		**X** F 100%			**X** E 100%		

Module Category

TSM Technical scientific module

Profile Recommendations

This module is recommended for the following profiles:

	Lausanne	Zurich
Profile	ME	ME

Lessons

2 lecture periods and 1 tutorial period per week

Entry level competences

Prerequisites, previous knowledge

- Very good knowledge of mechanics and strength analysis
- Knowledge of numerical methods
- Basic knowledge of simulation methods such as FEM

Brief course description of module objectives and content

The module provides students with comprehensive knowledge in the numerical simulation of demanding static and dynamic problems in structural mechanics. Special emphasis is placed on validation methods for the models and verification possibilities for the results.

Aims, content, methods

Learning objectives and competencies to be acquired

After completing this module, students will be able

- to apply in-depth knowledge of the theory of the finite element method in practice;
- to approach simulation tasks systematically;
- to exploit the possibilities of numerical simulations for structural-mechanical problems in product development, but also to know their limits;
- to verify simulation results and to validate simulation models;
- to assess the importance of nonlinear effects and to consider them in nonlinear simulations;
- to set up and carry out dynamic simulations.

Module content with weighting of different components

- **Introduction**: sophisticated numerical simulation in product development, meaning, possibilities and limits
- **Theory of the finite element method**: method of the weighted residual, principle of virtual work, discretization, approach functions and element classes, numerical integration, assembling of the equation system
- **Idealization and modeling**: classification of simulation tasks (static, dynamic, linear, nonlinear, stationary, transient, 2D, 3D, symmetry, etc.), selection of correct elements, material properties, boundary conditions, loads, equation solution
- **Verification and validation**: correct solving of correct equations, interpretation of simulation results, possible errors and error sources
- **Nonlinearities**: geometric nonlinearities, stability problems, nonlinearity of materials (material models), contact problems and their modelling
- **Dynamics**: eigenfrequency analysis, direct time integration (explicit and implicit), modal superposition, response analyses

Week	Topic
1	Introduction to numerical simulation and methods
2	Theory of FEM
3	Theory of FEM
4	Idealizations in structural mechanics
5	Modelling and solution methods
6	Interpretation, verification and validation
7	Introduction to nonlinear FE simulations
8	Geometric nonlinearities and contacts
9	Stability problems (buckling, etc.)
10	Nonlinear material models
11	Nonlinear material models
12	Natural frequency analysis, modal analysis
13	Direct explicit and implicit time integration, damping
14	Modal superposition, response analysis in the frequency domain

The module is divided into 3 courses:

Course	Title	Week
1	Theory of the Finite Element Method	1-6
2	Nonlinear structural mechanics	7-11
3	Structural dynamics	12-14

Teaching and learning methods

Lectures, exercises and case studies

Literature

- Huebner K.H., The Finite Element Method for Engineers, John Wiley & Sons Inc, 2001
- Zahavi E., Barlam D., Nonlinear Problems in Machine Design, CRC-Press, 2001
- Bathe K.J., Finite Element Procedures, 2nd ed., 2014
- Humar J.L., Dynamics of Structures, Prentice Hall, 1990

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

Calculator; Laptop is not allowed

Other permissible aids

Open book

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

Aids permitted as specified below:

Permissible electronic aids

Calculator; Laptop is not allowed

Other permissible aids

Open book

Description du module, disponible en: EN, FR

Mécanique numérique des structures (CSM)

Informations générales

Nombre de crédits ECTS

3

Code du module

TSM_CSM

Valable pour l'année académique

2026-27

Dernière modification

2023-08-28

Coordinateur/coordinatrice du module

Ralf Baumann (HSLU, ralf.baumann@hslu.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 80%	**X** E 20%		**X** E 100%		
Examen		**X** F 100%			**X** E 100%		

Catégorie de module

TSM approfondissement technico-scientifique

Recommandations de profil

Ce module est recommandé pour les profils suivants :

	Lausanne	Zurich
Profil	ME	ME

Leçons

2 leçons et 1 leçon de pratique par semaine

Compétences préalables

Connaissances préalables, compétences initiales

- Très bonnes connaissances en mécanique des structures et résistance des matériaux
- Connaissances des méthodes numériques
- Connaissances de base des méthodes de simulation telle que la simulation FEM

Brève description du contenu et des objectifs

Le module transmet aux étudiants des connaissances étendues en simulation numérique de problèmes statiques et dynamiques avancés de la mécanique des structures. Une importance particulière est attachée à la validation des modèles de simulation et aux possibilités de vérification des résultats.

Objectifs, contenus, méthodes

Objectifs d'apprentissage, compétences à acquérir

Une fois ce module achevé, les étudiants seront capables

- d'appliquer en pratique la théorie de la méthode des éléments finis;
- d'aborder de manière systématique des problèmes de simulation numérique;
- d'exploiter, dans le cadre du développement de produits, le potentiel de la simulation numérique pour les problèmes de mécanique des structures, mais aussi d'en connaître les limitations;
- de valider un modèle de simulation et de vérifier les résultats obtenus;
- d'évaluer l'influence d'effets non-linéaires et d'en tenir compte dans le cadre de simulations non-linéaires;
- d'effectuer des simulations dynamiques.

Contenu des modules avec pondération du contenu des cours

- **Introduction**: simulation numérique avancée dans le développement de produits, importance, possibilités et limitations
- **Théorie de la méthode des éléments finis**: méthode des résidus pondérés, principe du travail virtuel, discrétisation, fonctions d'interpolation et classes d'éléments, intégration numérique, mise en place du système d'équations
- **Modélisation**: classification des types de simulation (statique, dynamique, linéaire, non-linéaire, stationnaire, non-stationnaire, 2D, 3D, symétrique, etc.), sélection des éléments appropriés, propriétés des matériaux, conditions limites, charges, résolution des équations
- **Vérification et validation**: résolution des équations, interprétation des résultats de la simulation, connaissance des erreurs possibles et des sources d'erreurs
- **Non-linéarités**: non-linéarités géométriques, problèmes de stabilité, non-linéarité du comportement des matériaux (modèles constitutifs de matériaux), problèmes de contact et leur modélisation
- **Dynamique**: analyse modale, intégration temporelle directe (explicite et implicite), superposition modale, analyses de réponse en fréquence

Semaine	Thème
1	Introduction à la simulation et aux méthodes numériques
2	Théorie de la méthode des éléments finis (FEM)
3	Théorie de la méthode des éléments finis (FEM)
4	Modélisation en mécanique des structures
5	Modélisation et procédés de résolution
6	Interprétation des résultats, vérification et validation
7	Introduction aux simulations FEM non-linéaires
8	Non-linéarités géométriques et contacts
9	Problèmes de stabilité (flambage, voilement, etc.)
10	Modèles de matériaux non-linéaires
11	Modèles de matériaux non-linéaires
12	Analyse modale, détermination des fréquences propres
13	Intégration temporelle directe (explicite et implicite, amortissement)
14	Superposition modale, analyse de réponse en fréquence

Le module est subdivisé en 3 cours.

Cours	Désignation	Semaine
1	Théorie de la méthode des éléments finis	1-6
2	Mécanique des structures non-linéaires	7-11
3	Dynamique des structures	12-14

Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

Cours frontal, exercices et études de cas

Bibliographie

- Robert D. Cook, Concepts and applications of Finite Element Analysis, 2002
- Huebner K.H., The Finite Element Method for Engineers, John Wiley & Sons Inc, 2001
- Zahavi E., Barlam D., Nonlinear Problems in Machine Design, CRC-Press, 2001

- Bathe K.J., Finite Element Procedures, 2nd ed., 2014
- Humar J.L., Dynamics of Structures, Prentice Hall, 1990

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

Calculatrice; pas de laptop

Autres aides autorisées

Open book

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

Les aides suivantes sont autorisées:

Aides électroniques autorisées

Calculatrice; pas de laptop

Autres aides

Open book