

Description du module

Mécanique numérique des structures (CSM)

Généralités
Nombre de crédits ECTS

3

Sigle du module

TSM_CSM

Responsable du module

Jürg Küffer, FHNW

Langue
Explications concernant les langues définies par site:

- L'enseignement se déroule dans la langue définie ci-dessous selon le site/ la réalisation.
- La documentation est disponible dans les langues définies ci-dessous. En présence de plusieurs langues, un pourcentage par langue est indiqué (100% = documentation complète)
- L'examen est entièrement (100 %) disponible dans la langue cochée selon le site / la réalisation.

| | Berne | Lausanne | | Lugano | Zurich | |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|--|
| Enseignement | <input type="checkbox"/> E 100% | <input type="checkbox"/> E 100% | <input checked="" type="checkbox"/> F 100% | <input type="checkbox"/> E 100% | <input type="checkbox"/> E 100% | <input checked="" type="checkbox"/> D 100% |
| Documentation | <input type="checkbox"/> E 100% | <input type="checkbox"/> E 100% | <input checked="" type="checkbox"/> E 20% <input checked="" type="checkbox"/> F 80% | <input type="checkbox"/> E 100% | <input type="checkbox"/> E 100% | <input checked="" type="checkbox"/> E 100% <input type="checkbox"/> D % |
| Examen | <input type="checkbox"/> E 100% | <input type="checkbox"/> E 100% | <input type="checkbox"/> E 100% <input checked="" type="checkbox"/> F 100% | <input type="checkbox"/> E 100% | <input type="checkbox"/> E 100% | <input type="checkbox"/> E 100% <input checked="" type="checkbox"/> D 100% |

Catégorie du module

- Bases théoriques élargie – FTP
- Approfondissement technique et scientifique - TSM
- Modules de savoirs contextuels - CM

Périodes

2 périodes d'enseignement frontal et une période d'exercice par semaine

Conditions d'admission
Connaissance et compétences prérequis

- 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 /Explication des objectifs et du contenu du module en quelques phrases

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, contenu et méthodes
Objectifs d'apprentissage et compétences visées

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 du module avec pondération des contenus d'enseignement

- **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, Prentice Hall, 1995
- Humar J.L., Dynamics of Structures, Prentice Hall, 1990

Mode d'évaluation

Conditions d'admission aux examens de fin de module (tests exigés)

Aucune

Principe pour les examens:

Tous les examens de fin de module réguliers sont organisés sous la forme écrite.
Les examens de rattrapage peuvent être en forme écrite ou en forme orale.

Examen de fin de module régulier et examen de rattrapage écrit

| | |
|-------------------|--|
| Type d'examen | écrit |
| Durée de l'examen | 120 minutes |
| Moyens autorisés | <input type="checkbox"/> Pas de moyen auxiliaire <input checked="" type="checkbox"/> Moyens autorisés |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Moyens électroniques: calculatrice <input checked="" type="checkbox"/> Format papier: tout document autorisé pour exercices <input type="checkbox"/> _____ |