

Description du module

Thermodynamique avancée

Généralités**Nombres de crédits ECTS**

3

Sigle du module

TSM_AdvTherm

Version

2.12.2016

Responsable du module

Prof. Dr. Timothy Griffin

Langue

	Lausanne	Berne	Zurich
Enseignement	<input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> F	<input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F	<input type="checkbox"/> D <input checked="" type="checkbox"/> E
Documentation	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> F	<input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F	<input type="checkbox"/> D <input checked="" type="checkbox"/> E
Questions d'examen	<input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> F	<input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F	<input type="checkbox"/> D <input checked="" type="checkbox"/> E

Catégorie du module

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

Périodes

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

Breve description /Explication des objectifs et du contenu du module en quelques phrases

Dans la partie A, le module revient sur les bases de l'ingénierie thermodynamique (les bilans d'énergie, d'entropie et de masse, les propriétés des fluides et les principaux cycles thermodynamiques) et élargit les connaissances pour aborder les fluides réels, l'équilibres entre phases et l'équilibres chimiques, la stabilité des systèmes, et les processus de transformation chimique.

Ensuite, au cours de la partie B, les étudiants apprennent à établir des connexions entre des formules thermodynamiques détaillées et des systèmes thermodynamiques complets. Les outils fondamentaux de thermodynamique seront utilisés pour modéliser tout système thermodynamique complexe. Des exemples choisis viendront illustrer l'utilité de la thermodynamique dans différents domaines d'application pratiques.

Objectifs, contenu et méthodes**Objectifs d'apprentissage et compétences visées****Partie A:**

La réalisation des principaux objectifs de la partie A est liée à l'acquisition des compétences suivantes :

- Être capable d'établir et de résoudre des bilans énergétiques et entropiques pour des systèmes thermodynamiques ouverts et fermés.
- Être en mesure de déterminer les propriétés des gaz et des mélanges gazeux non idéaux en utilisant la théorie des états correspondants et/ou une équation d'état cubique.
- Comprendre l'énergie libre de Gibbs et être capable de calculer les conditions d'équilibre thermique, entre phases et chimique.

Partie B:

- Approfondir la compréhension de certains domaines de la partie A en appliquant les connaissances acquises en termes de modélisation de systèmes.
- Comprendre les exemples montrant comment la thermodynamique avancée s'applique dans la pratique à la modélisation de processus thermomécaniques complexes (p. ex. machines trithermes à cycles avancés) et des processus réactifs (p. ex. installations de piles à combustible).

Contenu du module avec pondération des contenus d'enseignement**Partie A:**

La partie A commence par une révision des principes fondamentaux, les équations de conservation de masse, d'énergie et d'entropie ainsi que leur application. Les principaux cycles thermodynamiques sont analysés et on introduit l'énergie libre de Gibbs. Les corrélations entre les variables thermodynamiques sont présentées et utilisées comme bases pour calculer les déviations d'un gaz par rapport au comportement idéal, à l'aide d'une équation cubique d'état. La nécessité d'utiliser des grandeurs molaires partielles pour décrire des mélanges réels est présentée et le potentiel chimique est introduit. Les conditions d'équilibre entre phases et d'équilibre chimique sont dérivées et ensuite utilisées dans des systèmes simples.

Des problèmes en lien avec les sujets abordés sont distribués chaque semaine aux étudiants et les solutions sont discutées en cours.

Partie B:

La partie B commence par une révision et une consolidation de thèmes choisis de la partie A passant par une mise en pratique des connaissances acquises avec d'une part les applications de mélange de fluides binaires non-réactifs dans les installations à processus thermomécaniques de chauffage, réfrigération et de production d'électricité et d'autre part les applications de mélange de fluides réactifs dans les systèmes thermochimiques de combustion et de piles à combustible. L'introduction est une revue des systèmes thermomécaniques avancés à fluides binaires (p. ex : Le cycle de pompe à chaleur de Lorenz, les cycles à mélange de fluides organiques de Rankine), Ainsi :

- Les étudiants peuvent analyser et interpréter les différences par rapport aux cycles de base à fluides purs ;
- Les étudiants peuvent connecter des formules détaillées vues dans la partie A à une vue d'ensemble des systèmes à grande échelle.

Au fur et à mesure de la progression dans la partie B, les étudiants peuvent utiliser les diagrammes avancés pour résoudre des problèmes complexes en thermodynamiques :

- Le diagramme d'Ellingham, son rapport avec le contenu d'apprentissage et son vaste champ d'application au sein de la métallurgie ;
- Les diagrammes de Oldham et de Merkel et ses applications dans les installations de machines à absorption, de transformateurs de chaleur et de machines à cycle de Kalina pour les installations géothermiques de production d'électricité.

En fin, les fondements thermodynamiques de l'ingénierie de la réaction chimique sont également abordés :

- Transferts thermiques et de masse dans les réacteurs tubulaires, températures de réaction et d'inflammation
- L'analyse des processus réactifs de base et plus avancés (p. ex.: Les processus de combustion pour les applications de moteurs à Gaz ou Diesel, les processus d'oxydo-réduction pour les applications de piles à combustible

Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

Cours avec discussion, dérivations interactives au tableau, à l'appui de diapositives PPT, présentations de problèmes chaque semaine avec solutions. Au cours de la partie A, certains exercices seront résolus en utilisant des feuilles Excel.

Connaissances et compétences prérequis

Avoir suivi avec succès le cours de niveau Bachelor en Thermodynamique de base

Bibliographie

Sandler, S.I..(1940). Chemical and Engineering Thermodynamics, *Thermodynamique chimique et ingénierie thermodynamique*, 1989, ISBN 978-0-471-66174-0

Lucien Borel & Daniel Favrat,PPUR.(2005). Thermodynamique et Energétique, *Tome 1 : De l'énergie à l'exergie*, 2005, ISBN 2-88074-545-4

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

néant

Examen écrit de fin de module

Durée de l'examen:

120 minutes

Moyens autorisés:

Notes et présentations de cours imprimées, manuels de cours