

## Description du module

# Photovoltaïque

**Généralités**
**Nombre de crédits ECTS**

3

**Abréviation**

TSM\_Photo

**Version**

2.12.2016

**Responsable du module**

Franz Baumgartner, ZHAW

**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**

- Principes théoriques fondamentaux
- Module de spécialisation technique/scientifique
- Modules de savoirs contextuels

**Périodes**

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

**Brève description / Explication des objectifs et du contenu du module en quelques lignes**

Ce cours se focalise sur la compréhension approfondie des composants principaux des systèmes de production d'électricité par conversion photovoltaïque. L'objectif va bien au delà de la compétence nécessaire à la conception d'un système photovoltaïque, comme le font généralement les installateurs professionnels, il vise également la compréhension détaillée du fonctionnement des composants, autant pour les différentes technologies de modules photovoltaïques que pour les différents inverseurs de topologies électroniques de puissance. Considérant le fait qu'en Suisse, des milliers d'employés du secteur photovoltaïque n'installent jamais de systèmes photovoltaïques, mais travaillent pour des compagnies qui fournissent les composants des modules photovoltaïques clé en main, vendus sur le marché mondial, les concepts principaux des processus et les différents concepts des chaînes de fabrication des modules photovoltaïques seront également discutés pendant les cours. Ce cours sur la technologie photovoltaïque sera complété par des calculs des paramètres économiques relatifs aux systèmes photovoltaïques de haute technologie comprenant des facteurs clés environnementaux, comme les délais d'amortissements énergétiques.

**Objectifs, contenu et méthodes**
**Objectifs d'apprentissage et compétences ciblées**

Les étudiants connaîtront, non seulement, les différents types de composants du Photovoltaïque sur le marché, mais pourront aussi travailler pour des compagnies réalisant des améliorations technologiques de ces produits. Dans les exercices du cours, cette connaissance technologique sera donc entraînée en se focalisant sur les besoins de la recherche appliquée dans l'industrie de l'électronique de puissance et également comme module photovoltaïque de technologies de production et de conception d'usine d'énergie photovoltaïque.

**Contenus du module avec pondération des contenus d'enseignement**
**Chapter 1: Les bases de l'optoélectronique des différentes technologies de cellules solaires**
**4x3 périodes de cours**

- renouvelable Introduction : Différents concepts de production d'électricité
- La physique de l'irradiation solaire, énergie et spectres
- Le coefficient d'absorption optique de plusieurs matériaux des cellules solaires – matériaux à couche mince, matériaux organiques
- Espace de bande, jonction PN, diffusion et dérivation, caractéristiques de tension électrique des diodes
- Bases de la cellule solaire STC courbe IV, schéma équivalent

d'une cellule solaire et équations

- Courant photoélectrique spectral, longueur de diffusion, recombinaison de surface, homojonction et hétérojonction, cellules solaires tandem
- Efficacité de pointe des cellules et mécanisme de perte

### Chapitre 2: Production industrielle des modules standard au silicium cristallin et des modules solaires à couche mince 3x3 périodes de cours

- Section transversale d'un module standard en silicium cristallin et d'un module à couche mince, flux de courant, boîtes de dérivation
- Processus standard de production pour cristallin Module Si: poly-silicium, découpage en plaques, production de cellules, enfilage, laminage, test
- Packaging, processus de laminage sur verre
- Processus de production des modules à couche mince : Production TCO, PECVD (autres), traçage au laser, laminage, back-end, test
- Exigences sur les modules photovoltaïques (standards CEI), contrôle qualité dans la chaîne de production
- Tests de qualité et méthodes de mesure de puissance nominale externe au module fabriqué avant l'installation d'une usine

### Chapitre 3: Electronique de puissance photovoltaïque - Inverseurs AC/DC et batteries de stockage 4x3 périodes de cours

- Principes du convertisseur DC/DC et du tracker MPP
- Chargeur de batterie photovoltaïque, topologies, coûts
- Topologies des inverseurs photovoltaïques DC/AC : Concepts sans transformateurs et types de transformateurs, potentiel terre DC
- Circuits de contrôle, techniques anti-îlotage, composants de l'électronique de puissance, efficacité et durée de vie
- Chiffres clés de l'inverseur photovoltaïque; méthodes de calcul de l'efficacité moyenne y compris tension en courant continu et condition de chargement partiel
- Inverseurs photovoltaïques sur le marché, efficacité, coûts, règlements et code de réseau,
- Courant AC photovoltaïque et système sauvegarde sur batteries, topologies d'électronique de puissance variation de pic, puissance réactive et contrôle de fréquence
- Intégration de la production photovoltaïque fluctuante dans le réseau, prévision basée sur la météo, coûts de stockage

### Chapitre 4: Conception d'une usine d'énergie photovoltaïque et aspects d'ingénierie du système 3x3 périodes de cours

- Energie solaire collectée contre orientation des capteurs, pertes dues à l'ombre, gains en suivi sur un ou deux axes
- Concept d'un système AC raccordé au réseau; composants, comparaison fenêtre de tension d'inverseur MPP
- Installation mécanique et électrique et composants du système, toit résidentiel, échelle utile des usines MW
- Code réseau électrique, protection contre la foudre
- Importance des paramètres de classification d'énergie; coefficient de température, rayonnement à faible éclairage énergétique, spectres, dégradation...
- Concept de système photovoltaïque basé sur logiciel (PVGIS, PVSYST...), aléas des prévisions annuelles de l'électricité photovoltaïque
- Ratio de performance du système, rendement, résultats des meilleures pratiques, exemples de contrôle d'un système photovoltaïque
- Coût global pour la production d'électricité photovoltaïque
- Scénarios d'amortissements énergétiques, résultats d'analyse du cycle de vie
- Tendances d'augmentation du marché photovoltaïque et emplois en Suisse, marché photovoltaïque mondial, mesures incitatives et politiques

### Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

- Cours magistral, discussion et travaux dirigés

- Exercices utilisant des notions mathématiques de base et plusieurs logiciels publics

**Conditions, connaissances prérequis, compétences d'admission**

Bases en physiques, en électronique

**Bibliographie**

Aucune

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

Aucune

**Examen écrit de fin de module**

Durée de l'examen : 120 minutes

Moyens autorisés: Aucun