

1EL2000 - Energie Electrique

Responsables : **Martin HENNEBEL**

Département de rattachement : **DÉPARTEMENT SYSTÈMES D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE**

Langues d'enseignement : **ANGLAIS , FRANCAIS**

Type de cours : **Electif 1A**

Campus où le cours est proposé : **CAMPUS DE PARIS - SACLAY**

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **60**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **30**

Année académique : **2024-2025**

Niveau avancé : **non**

Présentation, objectifs généraux du cours :

L'énergie électrique est indispensable au fonctionnement et au développement de la société dans toutes les régions du globe. Les progrès continus depuis plus de cent ans ont permis d'intégrer son usage dans de nouveaux secteurs d'activité (transports terrestre, maritime ou aérien, systèmes embarqués, énergies renouvelables, spatial). Aujourd'hui, les objectifs de respect de l'environnement et du développement durable sont aussi des moteurs de l'amélioration des technologies associées à cette énergie et favorisent son déploiement à différents niveaux de puissance.

Le cours d'énergie électrique se propose de donner les méthodes et les outils fondamentaux pour l'analyse des systèmes utilisant l'électricité en tant que vecteur énergétique. Il associe la connaissance de la physique à celle des matériaux magnétiques pour caractériser les éléments constituant les systèmes d'énergie électrique.

Dans un premier temps, le cours précise les enjeux de l'énergie électrique pour le fonctionnement de la société et présente les principaux acteurs. Il montre aussi ses nombreuses interactions avec les différentes disciplines scientifiques.

Il présente ensuite les grandeurs principales, les concepts et les outils nécessaires à l'analyse des systèmes d'énergie électrique et donne des exemples d'application.

Il met l'accent sur le comportement des couplages magnétiques en utilisant l'application de l'électromagnétisme au cas des éléments utilisant des matériaux magnétiques. Le comportement de ces matériaux est analysé pour en établir une modélisation énergétique et préciser les performances selon l'amplitude d'excitation ou la fréquence. La représentation de type circuit magnétique est employée pour le passage de la physique des éléments à leurs modèles.

L'application naturelle de cette partie est l'étude des transformateurs et des systèmes de couplages par induction.

Ensuite, la conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique est formalisée par le principe des travaux virtuels basé sur les énergie et coénergie magnétiques pour exprimer les forces et couple produits par les actionneurs et les générateurs.

Une application de la conversion d'énergie électrique en énergie mécanique est proposée avec l'étude de la motorisation à courant continu qui permet de poser les bases de fonctionnement des systèmes de motorisation ou de génération en variation de vitesse.

Période(s) du cours (n° de séquence ou hors séquence) :

SG1 et SG3

Prérequis :

Aucun

Plan détaillé du cours (contenu) :

Introduction à l'électrotechnique

Omniprésence de l'électrotechnique : production, transport, conversion, utilisation et contrôle de l'énergie électrique. Caractère multi-physique et aspects économiques.

Transport et utilisation de l'énergie électrique

Monophasé, triphasé, définition et calcul des puissances. Dimensionnement et facteur de puissance.

Bases de la physique pour l'électrotechnique

Électromagnétisme appliqué à l'électrotechnique. Matériaux magnétiques, création et canalisation du champ, aimants permanents. Méthodes de modélisation, circuit magnétique, réluctance, FMM.

Prise en compte des pertes de puissance dans les circuits magnétiques.

Principes des couplages magnétiques

Notions de flux commun et de flux de fuites. Inductances de fuites partielles et inductances de fuites totales. Modélisation du couplage magnétique.

Transformateurs monophasé et triphasé : fonction et structure ; transformateur parfait ; modélisation du transformateur réel, mise en œuvre à 50 Hz et influence de la fréquence variable ; réalisation : circuit magnétique, isolants, conducteurs.

Conversion électromécanique

Lien entre énergies électrique, magnétique, et mécanique. Système à partie mobile ; calcul des forces et des couples ; couple de réluctance.

Machine à courant continu

Principe et réalisation. Équations fondamentales. Modes d'excitation. Problèmes de fonctionnement.

Principes de la commande en variation de vitesse. Moteur DC Brushless

Déroulement, organisation du cours :

Cours Magistraux (CM), travaux dirigés (TD). Pendant la durée des travaux de rénovation du bâtiment Bréguet, des séances de travaux pratiques (TP) seront organisées en fonction de la disponibilité des installations. En raison des capacités d'accueil du laboratoire de travaux pratiques, les TD se déroulent en parallèle des TP.

En conditions de fonctionnement nominales, les activités se répartissent comme suit :

CM 13h30

TD 9h

TP 6h

Organisation de l'évaluation :

L'évaluation se fera par un examen écrit de 2h. Les TP seront pris en compte dans la note finale du module pour 20%. L'absence à un TP donnera la note 0/20 au TP.

Les TP sont des évaluations obligatoires

Moyens :

- Equipe enseignante : Martin Hennebel - Michael Kirkpatrick - Romaric Landfried - Mohamed Bensetti
 - Taille des TD : 25
 - Outils logiciels et nombre de licence nécessaire :
 - Salles de TP (département et capacité d'accueil) : Département Systèmes d'Énergie Électrique
- L'occurrence 1.1 est enseignée en anglais, les occurrences 1.2, 1.3 et 1.4 sont enseignées en français.

Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

A la fin de cet enseignement, l'élève sera capable de :

- Modéliser les dispositifs et matériels électriques basés sur le couplage magnétique
 - Faire le choix d'un modèle de comportement adapté (forme intégrale des équations de Maxwell, schéma équivalent de type circuit ...)
 - Identifier les paramètres de ce modèle à l'aide de données expérimentales et/ou des propriétés géométriques et physiques
 - Valider la qualité du modèle
- Prédéfinir un système de transmission d'énergie à courant alternatif (triphasé) avec ses principaux éléments
- Analyser et évaluer une motorisation à base d'actionneurs à courant continu ou alternatif
 - Analyser le comportement électrique, magnétique et mécanique de l'actionneur
 - Comparer au comportement nominal
 - Évaluer les performances et critiquer les résultats obtenus

Description des compétences acquises à l'issue du cours :

- This course validates milestone 1 of skills C1 and C2:

The course, and in particular the practical work sessions allow to develop the C1 competence, i.e. the analysis, the modeling and resolution, as well as the design of complex systems. These skills apply to the three-phase power systems, magnetic systems (transformers, magnets) and electromechanical actuation systems (actuators, motors).

This course develops an in-depth competence in the field of electrical power systems engineering, which corresponds to milestone 1 of competence C2.

Bibliographie :

Polycopié fourni par l'équipe enseignante

Electrical Machines, Drives and Power Systems (Theodore Wildi, Prentice-Hall Intl)