

# 1SC2410 - Étude et modélisation des systèmes de conversion électromagnétique et transfert thermique instationnaire

Responsables : **Mohamed BENSETTI**

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **40**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **19**

Année académique : **2024-2025**

## Présentation, objectifs généraux du cours :

Ce cours apportera aux élèves un ensemble de connaissances nécessaires pour aborder l'enseignement d'intégration. Il s'articule autour du développement de modèles permettant d'étudier les systèmes de conversion électromagnétique et les transferts thermiques instationnaires dans le domaine des bâtiments. Il abordera, d'une part, les notions de base sur les circuits électriques et magnétiques ainsi que les principes des couplages magnétiques afin d'assurer la compréhension du fonctionnement des systèmes électromagnétiques et d'autre part, les concepts fondamentaux des transferts thermiques instationnaires (écriture des équations d'évolution, résolution de quelques problèmes académiques typiques, mise en évidence de longueurs et temps caractéristiques). Plusieurs approches de modélisation (analytiques, semi-analytiques et numériques) sont présentées pour résoudre des problèmes électromagnétique ou/et thermique.

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

ST2

## Prérequis :

- Il est préférable d'avoir suivi les cours de science pour l'ingénieur: énergie électrique et sciences des transferts

## Plan détaillé du cours (contenu) :

### Partie électromagnétique:

- Principe de base des circuits électrique et magnétique (calcul des puissances, calcul du champ magnétique, notion du circuit magnétique, inductances propre et mutuelle, énergie magnétique, ...)
- Différentes approches de modélisation (analytique et numérique) pour résoudre un problème électromagnétique
- Transfert d'énergie sans contact par induction
  - Différentes approches de modélisation d'un coupleur pour la détermination des éléments du schéma électrique équivalent
  - Rayonnement électromagnétique et la minimisation du champ magnétique
  - compensation de l'énergie réactive
  - convertisseurs de puissance (onduleur/redresseur)
  - calcul des pertes et du rendement énergétique

- TD 1 : Analyse analytique d'un système de conversion d'énergie électromagnétique
- TD 2 et 3 : Modélisation d'un système magnétique sous COMSOL
- TD 4 : Étude du rayonnement électromagnétique

### **Partie thermique:**

- Équation de bilan d'énergie et conditions aux limites; notion de diffusivité thermique; théorèmes généraux: théorème de superposition et théorème  $\Pi$ , application à une géométrie semi-infinie (réponse aux temps courts): problèmes de la température imposée, du flux imposé et du régime périodique forcé.
- Application à une géométrie semi-infinie (réponse aux temps courts-suite); cas des milieux d'extension finie; temps caractéristiques de conduction et de transfert conducto-convectif, nombre de Biot ; quelques méthodes analytiques, semi-analytiques et numériques de résolution de problèmes de conduction thermique instationnaire.
- TD 5 : refroidissement d'une bille transparente + inertie thermique d'un bâtiment (début)
- TD 6 : inertie thermique d'un bâtiment (fin) avec résolution semi-analytique et numérique de l'équation de la chaleur
- TD 7 : Présentation de la modélothèque BuildSysPro, de sa structure, de sa modularité; illustration de la notion d'assemblage de modèles élémentaires pour construire un modèle de bâtiment complet; présentation des bibliothèques de bâtiments déjà présents dans la modélothèque; initiation aux bases du développement et de l'intégration de nouveaux modèles de bâtiments.
- TD 8 : manipulations en commun de la modélothèque, notamment autour des différentes notions qui seront utiles lors de l'enseignement d'intégration : choix d'un modèle de bâtiment, modification des propriétés du bâtiment, intégration de nouveaux modèles, lancement de simulations et post-traitement.

## **Déroulement, organisation du cours :**

- 4 séances de cours de 1,5h
- 8 séances TD de 1,5h (groupe de 25 élèves) avec un groupe enseigné en Anglais

## **Organisation de l'évaluation :**

Deux contrôles continus en séance de TD.

1 examen écrit de 1h30: 45min pour la partie électromagnétique et 45 min pour la partie thermique. La note finale est la moyenne des notes obtenues à chacune des parties.

Pondération pour le calcul de la note finale de l'unité d'enseignement: 10% pour chacun des 2 contrôles continus et 80% pour l'examen final

## **Moyens :**

Équipe enseignante (noms des enseignants des cours magistraux):

- - Partie électromagnétique : Mohamed Bensetti, Loïc Queval, Mike Kirkpatrick
  - Partie thermique: Sean Mccguire, Nicolas Vaysse et Mathieu Niezgoda.
- Taille des TD: 25 élèves -
- Outils logiciels: Comsol/Matlab

## **Acquis d'apprentissage visés dans le cours :**

Au terme de ce cours, les élèves seront capables de:

- Étudier, analyser et modéliser des problèmes électromagnétique et/ou thermique.
- Appliquer les concepts fondamentaux des transferts thermiques instationnaires pour étudier les

- performances énergétiques d'un bâtiment.
- Modéliser un système de recharge sans contact par induction et déterminer les paramètres électrique et magnétique.
- Mettre en œuvre des modèles adaptés pour modéliser des problèmes électromagnétique ou/et thermique.
- Utiliser des outils de modélisation multiphysique (électromagnétique et thermique).
- Valider et analyser des résultats obtenus par modélisation.

## Description des compétences acquises à l'issue du cours :

C1.1: Study a problem as a whole and an overall situation

C1.2 : Identify, formulate and analyse a problem in its scientific, economic and human dimensions

C1.3 : Use and develop appropriate models, choose the right modelling scale and the relevant simplifying hypotheses to deal with a problem

## Bibliographie :

- Supports de cours sous forme ppt
- Principes et composants de l'électrotechnique - support de cours - G. PIERRON
- Site internet du logiciel Comsol : <https://www.comsol.fr/models>
- J. Taine, F. Enguehard, E. Iacona, "Transfert thermiques - Introduction aux transferts d'énergie", 5ème édition, Dunod 2014.
- F. Incropera, D. Dewitt, T. Bergman, A. Lavine, " Fundamentals of heat and mass transfer", 6ème édition, Wiley, 2007
- Site internet d'installation du logiciel BuildSysPro et tutoriels d'utilisation du logiciel : <https://github.com/edf-enerbat/BuildSysPro>