

Share



Email destinataire :

Vous devez renseigner un email valide

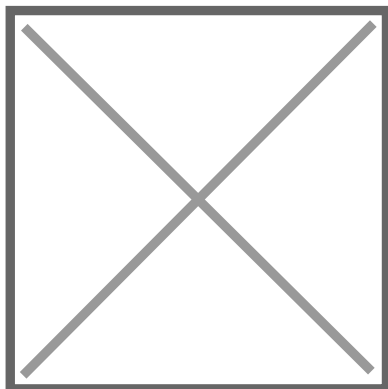
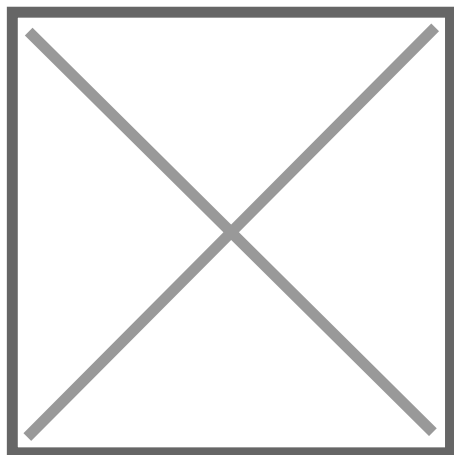
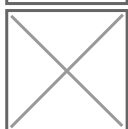
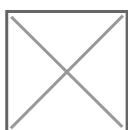
Envoyer

Une erreur est survenue. Merci de réessayer ultérieurement

Le mail de partage a bien été envoyé.

Add to Compare

M2 Physique et ingénierie de l'énergie (PIE) : Réseaux électriques et énergies renouvelables



Master's degree

Specialisation Energy

Enrolment type

Full-time academic programmes

Language(s) of instruction

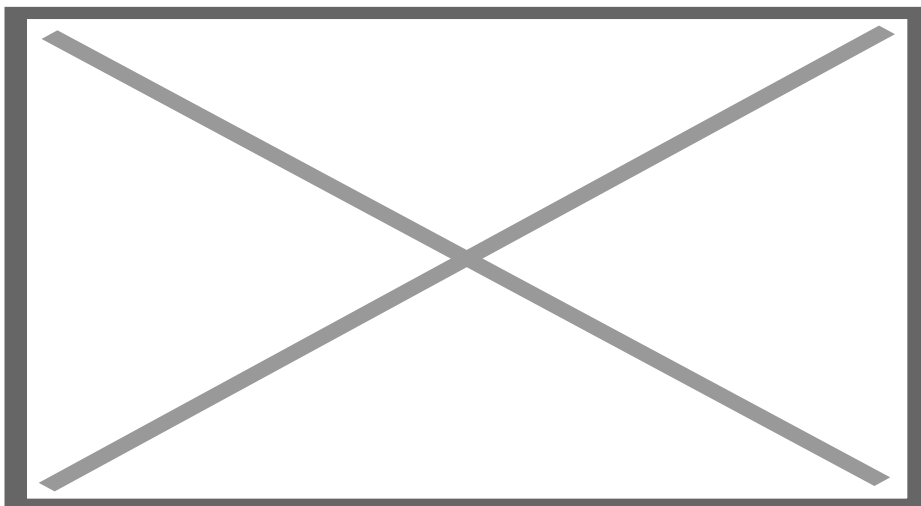
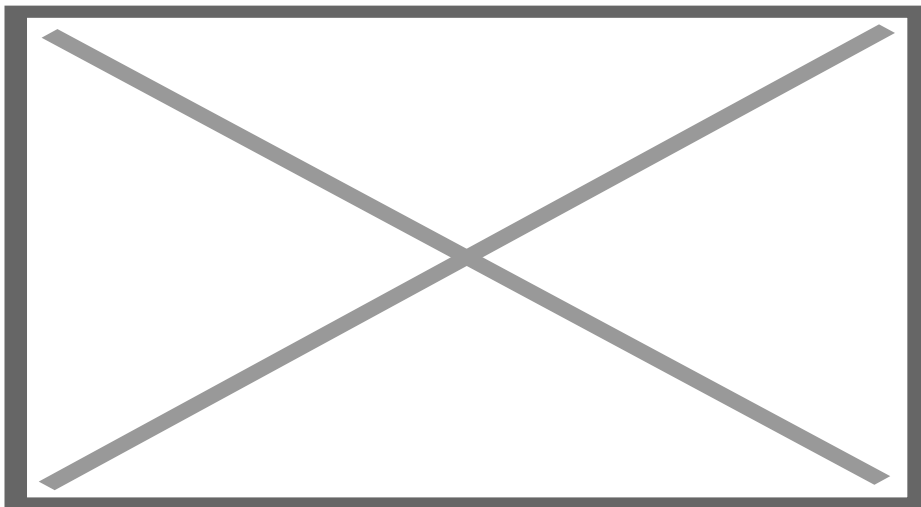
English French

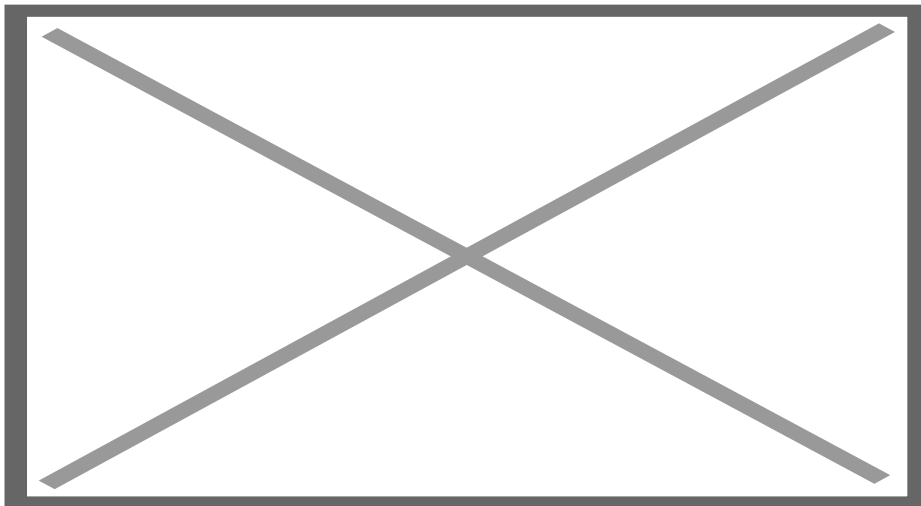
The M2-PIE offers training with a strong scientific focus, ensuring a genuine understanding of energy-related issues. The programme covers all current and future issues relating to energy production, transport, distribution and storage, with a strong emphasis on renewable energies and innovative solutions such as smart grids, advanced storage and smart microgrids.

The program is organized into four specialized tracks : electrical networks, renewable energies, electrical networks and energy conversion, and a hybrid program. The electrical networks and energy conversion sub-course is taught entirely in English. Finally, the hybrid sub-course is intended for engineering students enrolled in a dual degree program at CentraleSupélec. The first semester includes all disciplinary courses, while the second semester is dedicated to professionalisation.

[Télécharger la fiche détaillée](#)

[Apply Now](#)





Information

- [Overview](#)
- [Application requirements](#)
- [Schedule](#)

Présentation

Skills

- Use and develop appropriate models, choose the right modelling scale and relevant simplifying assumptions to address the problem.
- Solve the problem using approximation, simulation and experimentation.
- Investigate a field or discipline related to fundamental sciences or engineering sciences in greater depth.
- Create knowledge using a scientific approach.
- Identify, formulate and analyse a problem in its scientific dimensions.
- Be clear about the objectives and expected results. Be rigorous about assumptions and approach. Structure your ideas and arguments. Highlight the value created.
- Conduct a project, or a team

Objectives

This programme provides students with the knowledge and skills they need in a constantly evolving field. Some teaching units are shared with the M2-PIE (PIE: electrical systems for energy and mobility and PIE: new energy technologies) and the 3A programme at CentraleSupélec. The programme allows students to tailor their education to their career goals. In order to give the programme a real engineering dimension, students are required to take courses in project management and professional English. They also have the opportunity to carry out a research project in a Paris-Saclay University research laboratory as part of their introduction to research. They carry out practical work using a variety of numeric tools and experimental platforms. Seminars and visits to companies and energy production sites complement the training programme.

Débouchés

Career prospects

Business Manager

Research officer

Research Engineer

Design engineer

Research Engineer

After a Master's + PhD: researcher or lecturer

Further Study Opportunities

**Students in this track can turn to research at the end of the 2nd year Master's.
PhD thesis**

Calendar

Start of programme (indicative date)
07/09/2026
Admission

Admission Route

Physics
Electronics, Electrical Energy, Control
Engineering Sciences

Capacity

Available Places

35

Target Audience and Entry Requirements

Master's degree or equivalent (four or five years of university studies) with skills in electrical engineering, etc.

Période(s) de candidature

Inception Platform

From 15/01/2026 to 15/06/2026

Supporting documents

Compulsory supporting documents

Rank of previous year and size of the promotion.

Copy of passport.

Copy of identity document.

Motivation letter.

All transcripts of the years / semesters validated since the high school diploma at the date of application.

Certificate of French (compulsory for non-French speakers).

Curriculum Vitae.

Additional supporting documents

VAP file (obligatory for all persons requesting a valuation of the assets to enter the diploma).

Recommendation letters.

Supporting documents :

- Residence permit stating the country of residence of the first country
- Or receipt of request stating the country of first asylum
- Or document from the UNHCR granting refugee status
- Or receipt of refugee status request delivered in France
- Or residence permit stating the refugee status delivered in France
- Or document stating subsidiary protection in France or abroad
- Or document stating temporary protection in France or abroad.

Programme

socle scientifique

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Electrical actuators	3	Semestre 1	13.5	6	4.5			

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
----------	------	----------	---------	----------------	-----------------	------------------------	-------------------------	--------------------------------

■

Electrical actuators

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 13.5

Practical study : 4.5

Directed study: 6

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

Background knowledge in electromagnetism, electromechanical systems and power electronics

Programme/contents

-Introduction and principles of electromechanical conversion

- Overview of modern electromechanical converters
- Key physical quantities in electrical machines
- Fundamentals of electromechanical conversion
- Virtual work method for analyzing electrical machines

-Synchronous electrical machines

- Wound-rotor synchronous machines
- Permanent magnet synchronous machines
- Synchronous reluctance machines

-Study of synchronous machines using Matlab-Simulink

- Characterization of elementary machines via finite element analysis
- Analysis of different types of torque
- Study under mechanical load conditions
- Grid-connected machines

-Dynamic modeling and basics of vector control

- Calculation of machine inductances (for both smooth-airgap and salient-pole configurations)
- Development of the dynamic model of an induction machine
- Development of the dynamic model of a salient-pole synchronous machine

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Power electronic conversion	3	Semestre 1	21	7.5				

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
----------	------	----------	---------	----------------	-----------------	------------------------	-------------------------	--------------------------------

■

Power electronic conversion

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 21

Directed study: 7.5

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

electronics basics, electromagnetism

Programme/contents

The course program is divided into 3-hour sessions:

Sessions 1 - 5: Fundamentals of power electronics

Sessions 6-7 : Semiconductors and passive components model and associated design

Session 8: Labwork (simulated and practical)

Learning objectives

The objectives of this course is to learn what are the main structure of conversion, to determine the rms current and voltage and the average value of current and voltage in order to estimate the losses and the efficiency of the converter. They will learn how to select the best components constituting of the converter.

Overall organisation

18 hours of lectures, 3 hours of tutorials, 3hours of practical works

Skills

At the end of this course, students will be able to:

- Understand and design simple DC - DC converter
- Understand the main control strategies (PWM, hysteresis)
- Understand the technological aspects of electronic converter design

Bibliography

Power Electronics - 10th edition by Guy Séguier,
Technical Articles for Engineers

Type of assessment

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Matériaux du Génie électrique	3	Semestre 1	26	4				
■								

Matériaux du Génie électrique

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 26

Directed study: 4

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Type of assessment

Evaluation Continue non Intégrale

Multi-physique	3	Semestre 1	22	13
--------------------------------	---	------------	----	----

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
----------	------	----------	---------	----------------	-----------------	------------------------	-------------------------	--------------------------------

■

Multi-physique

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 22

Directed study: 13

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Thermodynamique de premier cycle, bases de la mécanique de milieux continus, d'électromagnétisme et de thermique

Bibliography

Le cours de physique de Feynman vol Mécanique 2, chapitres 44 et 45

E. Fermi, Thermodynamics, Dover

D. L. Goodstein, States of Matter, Dover, chapitre 1 pp. 1-26

J. Lemaitre, J.L. Chaboche, Mécanique des matériaux solides, Dunod

Type of assessment

Evaluation Continue non Intégrale

[Méthodes](#)

[d'optimisation](#)

3

Semestre

1

18

6

Méthodes d'optimisation

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 18

Directed study: 6

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Bases de programmation et de mathématique

Programme/contents

- Formulation d'un problème d'optimisation, application des méthodes d'optimisation.
- Optimisation système des systèmes d'énergie.
- Optimisation avec et sans gradient.
Optimisation stochastique (recuit simulé, génétique, évolution différentielle).
- Les principes d'optimisation multiobjectifs (front de pareto, calcul classique, NSGA).
- Éco-optimisation : cette partie du cours aborde les notions d'impacts environnementaux, de ressources renouvelables. et non-renouvelables, analyse sur cycle de vie, éco-conception et enfin éco-optimisation. Cette dernière notion est relative à l'optimisation du dimensionnement des systèmes électrique sur la base des performances classique mais aussi des performances environnementales. Des exemples et cas d'études sont détaillés.

Learning objectives

savoir mettre en place une procédure d'optimisation, utiliser les méthodes de résolution, éco-conception.

Overall organisation

18h de cours magistraux et 8h de TD numériques

Skills

Analyser, concevoir et optimiser des systèmes complexes;

Bibliography

Méthodes numériques et optimisation – Théorie et

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Réseaux d'énergie électrique	3	Semestre 1	21	3				

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
----------	------	----------	---------	----------------	-----------------	------------------------	-------------------------	--------------------------------

■

Réseaux d'énergie électrique

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 21

Directed study: 3

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Éléments généraux d'électrotechniques (systèmes triphasés, puissances, machine synchrone).

Programme/contents

.Présentation et organisation du secteur de l'énergie électrique (production, transport et distribution), architecture des réseaux de transport et distribution. Modélisation des éléments du réseau : lignes, câbles, transformateurs, charges et générateurs. Méthode de calcul des transits de puissance (Load-flow) dans les réseaux maillés. Réglage de tension dans les réseaux de transport et distribution. Réglage de fréquence sur un réseau AC

Learning objectives

choisir le bon niveau de modélisation des composants d'un réseau électrique, calculer la répartition des flux de puissance et les variations de tension dans les réseaux de transport et distribution. Déterminer l'impact des déséquilibres entre production et consommation sur la fréquence du réseau, et les échanges aux frontières.

Overall organisation

21h de cours et 3h de TD

Skills

- Analyser le comportement global du système électrique, avec ses dimensions scientifiques, technologiques et sociétales.
- Estimer les valeurs de paramètres pour un modèle de composants de réseau à partir de données géométriques et des matériaux. Définir les critères de performance du modèle

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Electromagnetism and numerical modeling	3	Semestre 1	18	3	3			

Electromagnetism and numerical modeling

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 18

Practical study : 3

Directed study: 3

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

Partial derivatives, vector operators, first- and second-order differential equations, elements of linear algebra

Programme/contents

Examples of boundary value problems in physics (electromagnetism, heat transfer, etc.); Maxwell's equations, heat diffusion equation...

Finite differences: classical schemes for diffusion, FDTD

Finite elements: variational formulation, nodal elements, edge elements. Application to static problems

Application of the finite element method to solving an academic problem

Magnetodynamics and waves, numerical modeling of time-dependent problems

Integral equations for 2D electrostatic problems

Numerical modeling of multiphysics couplings: from material to system (piezoelectricity, magneto-mechanical problems, vibroacoustics...). Solving linear and nonlinear problems

Learning objectives

Give an overview of main numerical methods applied to electromagnetics and other physical phenomena.

Overall organisation

- Academic courses (18h) ;
- Exercices and application of numerical modeling using a commercial software tool, and implementation of course concepts in appropriate tools (6h)

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Optimization for electric power networks	3	Semestre 1	18		6			



Optimization for electric power networks

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 18

Practical study : 6

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

MATLAB or Python programming language, Basics of linear algebra and probability

Programme/contents

- Lecture 1: introduction to optimization
- Lecture 2: Gradient-based algorithms for unconstrained problems
- Lecture 3: Gradient-based algorithms for constrained problems
- Lecture 4: Global optimization
- Lecture 5: Multiobjective optimization
- Lecture 6: Robust Optimization
- Practical session 1: Optimal power flow of an electrical grid • Practical session 2: Optimization of an electromagnetic device

Learning objectives

- Formulate a standard optimization problem in electrical engineering (objectives & constraints).
- Apply appropriate optimization algorithms to different cases (single / multi-objective, unconstrained / constrained optimization, robust optimization)

Overall organisation

- Lectures : 6 x 3h
- Practical sessions : 2 x 3h

Skills

- Formulate an optimization problem
- Apply appropriate algorithms
- Analyze and interpret optimized results

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Electrical networks	3	Semestre 1	21	3				

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
■								

Electrical networks

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 21

Directed study: 3

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

General elements of electrical engineering (three-phase systems, power, synchronous machines).

Programme/contents

Presentation and organisation of the electrical energy sector (generation, transmission and distribution), transmission and distribution network architecture.

Modelling of network components: lines, cables, transformers, loads and generators.

Method for calculating power transits (load flow) in meshed networks.

Voltage control in transmission and distribution networks.

Frequency control on an AC network.

Learning objectives

choosing the right level of modelling for electrical network components, calculating power flow distribution and voltage variations in transmission and distribution networks. Determine the impact of imbalances between production and consumption on grid frequency and cross-border exchanges.

Overall organisation

Lectures: 21h

Tutorials : 3h

Skills

- Analyse the overall behaviour of the electrical system, including its scientific, technological and societal dimensions.
- Estimate parameter values for a network component model based on geometric data and materials. Define the model's performance

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
UE libre Catalogue S1	2.5	Semestre 1						
■								

UE libre Catalogue S1

ECTS : 2.5

Semester: Semestre 1

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Type of assessment

Evaluation Terminale

Sous parcours : réseaux électriques

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Economie des réseaux	3	Semestre 1	21					



Economie des réseaux

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 21

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Éléments de base sur le fonctionnement des réseaux électriques

Programme/contents

1- La transformation du secteur électrique (9h de cours) : modèles économique liés à la transformation de cette industrie. Objectifs d'une libéralisation et ses conséquences. La problématique de la tarification de l'utilisation des réseaux (TURPE)

2- L'organisation des marchés électriques (9h de cours) : les séquences de marchés (des marchés de gros aux marchés J-1 et intraday). La problématique des investissements et les marchés de capacité, les mécanismes d'ajustement (équilibrage et congestions), les marchés d'effacement, ...

3- L'organisation économique et technique du réseau de gaz (3h de cours). modèles économique liés à la transformation de cette industrie. Objectifs d'une libéralisation et ses conséquences. La problématique de la tarification de l'utilisation des réseaux

Learning objectives

Ce cours vise à présenter la structuration des marchés électriques dans un secteur qui est passé d'une structure monopolistique (un seul acteur pour la production, le transport, la distribution, et la fourniture) à une structure libéralisée avec des activités concurrentielle (la production et la fourniture) et des activités en monopole (la gestion des réseaux électriques). L'organisation des marchés électriques vise à permettre le respect fondamental de l'équilibre instantané entre l'offre et la demande qui est nécessaire pour garantir la sûreté du système. Ce cours traitera aussi des

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Stabilité, perturbations et protection des réseaux électriques	3	Semestre 1	18	3				

Stabilité, perturbations et protection des réseaux électriques

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 18

Directed study: 3

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Connaissance du fonctionnement et du réglage des réseaux électriques, modélisation de la machine synchrone en régime transitoire.

Programme/contents

- Stabilité transitoire des réseaux électriques.
- Bureau d'étude sur la stabilité transitoire
- Généralités sur les perturbations, et la protection
- Calcul du courant de défaut
- Étude de cas
- Impact des EnRs sur les réseaux et leur protection.

Learning objectives

comprendre les notions de stabilité transitoire des systèmes électriques, la modélisation pour les études de stabilité transitoire, la simulation d'un groupe connecté au réseau
connaître les perturbations affectant les réseaux électriques, l'impact de défauts sur le réseau; savoir calculer les courants de défauts, simuler un réseau en défaut, comprendre le rôle d'un système de protection et les stratégies de protection.

Overall organisation

Ce module comporte 7 séances de 3h face à face (6 cours et 1 TD). En plus, les étudiants auront des devoirs à faire à la maison, qui seront notés.

Skills

Compétences acquises à l'issue de cet enseignement

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Risques électrostatiques, décharges et arcs électriques	3	Semestre 1	24					

Risques électrostatiques, décharges et arcs électriques

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 24

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

avoir le goût pour la physique, vouloir découvrir un domaine de recherche.

Programme/contents

L'arc électrique :

La physique de l'arc électrique :

- o notion de plasma

- o modèle d'arc électrique

- o phénomènes dans la colonne d'arc et aux électrodes

- o grandeurs caractéristiques

- o les différents moyens d'amorçage

L'arc électrique en tant que défaut :

- o Arc série/arc parallèle

- o applications/systèmes concernés

- o exemple de la montée en tension dans le milieu aéronautique : influence de la pression (détection, arc tracking)

La coupure :

- o Problématique/contexte

- o les dispositifs existants (disjoncteur, contacteur,...)

- o études détaillée de 2 systèmes : un disjoncteur et un contacteur

Décharges électriques

Physique des décharges :

- o Phénomènes élémentaires : modèle collisionnel, source d'électrons-germe

- o Loi de Paschen

- o Caractérisation électrique - Modèle de la décharge couronne

- o Streamer – Modélisation et approche mathématique

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Stockage d'énergie	3	Semestre 1	18	3				

Stockage d'énergie

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 18

Directed study: 3

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Programme/contents

- stockage électrochimique (batterie)
- intégration du stockage dans les réseaux électriques, valorisation
- stockage de gaz
- valorisation d'une batterie stationnaire pour un service au système électrique

Learning objectives

Ce cours présentera les enjeux techno-économiques du stockage et les technologies associées à deux vecteurs énergétiques (électricité, gaz). Des cas d'usage seront présentés. Le stockage est au cœur de l'évolution des réseaux énergétiques dans le contexte d'une plus grande intégration de sources renouvelables, et avec un couplage plus fort des vecteurs énergétiques.

Overall organisation

18h de cours et 3h de TD

Skills

Être capable d'identifier les solutions de stockage adaptées à un problème/situation donné(e).
Connaître les facteurs dimensionnants d'un système de stockage.

Bibliography

- Rapport de l'IRENA, "Electricity storage and renewables: costs and markets to 2030", <https://www.irena.org/costs/Electricity-Storage>
"Le stockage électrique : un défi pour la transition énergétique", EDF, Ed. Lavoisier

Type of assessment

Evaluation Continue et Finale

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Supergrids et réseaux à faible inertie	3	Semestre 1	16.5	3				

Supergrids et réseaux à faible inertie

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 16.5

Directed study: 3

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

fonctionnement des réseaux électriques, bases en électronique de puissance

Programme/contents

- Introduction, guerre des courants, historique des réseaux à courant continu, types de valves (vapeur de mercure, thyristor, IGBT), vocabulaire, topologies de réseaux HVDC;
- Éléments d'une station de conversion HVDC-LCC, éléments d'une station de convertisseur HVDC-VSC (2-level VSC, MMC), comparaison HVDC-LCC et HVDC VSC, vers un supergrid ?
- Commande réseaux HVDC, interaction of réseau HVAC, contribution des convertisseurs aux services système AC
- TP sur les simulations HVDC. Cette séance de simulation par Matlab/ Simulink montrera les services que peut rendre une ligne HVDC point à point à un réseau de transport maillé AC.
- Défauts sur les réseaux HVDC, comportement des réseaux DC (convertisseurs de puissance, lignes) en cas de défaut, simulations de défaut, généralités et principes de protection HVDC
- Cycle de vie des systèmes HVDC, stratégies de maintenance et les retours d'expérience

Learning objectives

Les réseaux électriques à courant alternatif (AC) ont pris le dessus sur ceux à courant continu (DC) depuis la bataille des courants de la fin XIXème siècle. Mais ces derniers n'ont jamais totalement disparu et sont même de plus en plus plébiscités

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Réseaux embarqués	3	Semestre 1	18	3				



Réseaux embarqués

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 18

Directed study: 3

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Bases d'électrotechniques

Programme/contents

Avionique :

- introduction à l'électrification dans l'aviation
- structure des réseaux d'énergie dans un avion
- éléments de dimensionnement, comportement

Automobile :

- introduction à l'électrification dans l'automobile
- structure du réseau électrique dans une voiture
- éléments de dimensionnement, comportement

Marine :

- introduction à l'électrification dans la marine
- structure du réseau électrique dans un voiture
- éléments de dimensionnement, comportement

Learning objectives

Ce cours aborde le sujet des infrastructures électriques dans les systèmes embarqués : aviation, automobile, marine.

L'électrification croissante dans ces systèmes embarqués amène à la conception de réseaux embarqués avec des contraintes fortes de disponibilité et dimensionnement.

Malgré une nature différente par rapport aux réseaux électriques terrestres, on retrouve des problématiques d'équilibre offre-demande, de chute de tension, de congestion, et de perturbations.

Skills

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Commande des réseaux électriques	3	Semestre 1	15	6				

■ Commande des réseaux électriques

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 15

Directed study: 6

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Commande des Systèmes Dynamiques

Programme/contents

- Rappel de notions en automatique
- Modélisation des convertisseurs d'électronique de puissance
- Commande PI
- Commande Linéaire quadratique

Learning objectives

Ce cours porte sur les convertisseurs d'électronique de puissance, qui interfacent les réseaux AC et DC ou raccordent des générateurs à sources d'énergie renouvelables aux réseaux AC. Des notions de base en automatique seront rappelées, qui seront utilisées ensuite dans la modélisation des convertisseurs de source de tension. Pour la commande de ceux derniers, seront abordées la commande classique « grid-following » et la nouvelle approche « grid-forming » indispensable pour un réseau à faible inertie;

Overall organisation

Cours et Travaux dirigés avec des applications issues du domaine de l'énergie et des réseaux électriques

Skills

Cette UE permettra d'approfondir les compétences suivantes

- Résoudre le problème avec une pratique de l'approximation, de la simulation et de l'expérimentation

Sous parcours: énergies renouvelables

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Energie et société	3	Semestre 1	12.5	11.5				



Energie et société

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 12.5

Directed study: 11.5

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- connaissances mathématiques de base
- connaissances de la physique macroscopique
- énergétique : 1er et 2nd principes de la thermodynamique et leurs conséquences
- transferts thermiques : rayonnement, convection et conduction
- optique géométrique, ondes et photons

Programme/contents

1ère partie : physique et technique des chaînes de conversion de l'énergie

Nous introduisons les concepts essentiels de construction de chaîne de l'énergie, leurs principes de fonctionnement, leur efficacité et leur ordre de grandeur, leurs inconvénients et leurs limites. Nous discutons également les ordres de grandeurs typiques d'usage dans les transports, l'industrie, etc... Notons développerons les sujets (solaire autre que PV, énergie mécanique, chaleur, transfert et stockage thermique...)

2ème partie : scénarios énergétiques et enjeux sociétaux

Nous discutons les consommations d'énergie historiques et actuels des sociétés ainsi que les divers scénarios de perspectives à l'échelle mondiale et de la France (AIE, Ademe, RTE, NegaWatt). Nous aborderons les aspects sociétaux liés aux usages et à l'accès à l'énergie ainsi que les enjeux territoriaux spécifiques à chaque option.

Bibliography

MacKay, Sustainable energy : without the hot air , 2015, <https://www.withouthotair.com/>

Jeandel et Mosseri , L'énergie à découvrir , CNRS éditions

Jaffe et Taylor, The Physics of Energy , Cambridge University Press , 2018

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Renewable energy sources and grid integration	3	Semestre 1	27					

Renewable energy sources and grid integration

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 27

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

Basic knowledge of electrical engineering (three-phase systems, power, synchronous machines).

Programme/contents

- Renewable energy sources (photovoltaic, wind, ...): Modelling and operation.
- Association of renewable energy sources with grid-tied power converters
- Integration of renewable energy sources into the electricity grid (challenges and solutions)
- Technical, economic, environmental, and societal dimensions
- Theoretical and industrial perspectives

Learning objectives

Learn about the operation and integration of renewable energy sources into electrical grids.

Overall organisation

Lectures and applied exercises during class sessions. Lecturers from CentraleSupélec and RTE (Réseau de Transport d'Électricité, the French electricity transmission system operator).

Bibliography

D. Borge-Diez, E. Rosales-Asensio, "Sustainable Energy Planning in Smart Grids", Elsevier;
V. Smil, "Energy Transitions: Global and National Perspectives", Praeger

Type of assessment

Evaluation Continue non Intégrale

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Transfert d'énergie sans contact	3	Semestre 1	18		6			

Transfert d'énergie sans contact

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 18

Practical study : 6

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

il est souhaitable d'avoir des connaissances en électromagnétisme et en électronique de puissance

Programme/contents

- Concepts de base sur les techniques de transmission d'énergie à distance (HF et BF)
- Principe du transfert sans contact par induction : coupleur, compensation et rendement
- Application au domaine automobile (recharge statique et dynamique)
- Méthodes et modèles de dimensionnement
- Électronique de puissance adaptée au système de transfert d'énergie sans contact
- Étude du rayonnement électromagnétique
- Bureau d'étude : Modélisation et validation expérimentale d'un système de recharge sans contact par induction.

Learning objectives

Les techniques de recharge sans contact trouvent un intérêt dans différents domaines: systèmes de communication (téléphone portable, tablette,...), médical (antenne implantée, stimulateur cardiaque ou pacemaker, ...) et automobile (recharge de batteries).

Ce cours vise à proposer des méthodologies pour le dimensionnement d'un système de recharge sans contact par couplage inductif de la source à la charge. Les aspects fonctionnels liés au système de recharge seront abordés ainsi que la problématique de l'exposition au champ magnétique généré par le coupleur électromagnétique. L'approche de modélisation envisagée doit pouvoir prendre en compte simultanément les différents aspects du problème posé (formes géométriques du coupleur

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Risques électrostatiques, décharges et arcs électriques	3	Semestre 1	24					

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
----------	------	----------	---------	----------------	-----------------	------------------------	-------------------------	--------------------------------

■

Risques électrostatiques, décharges et arcs électriques

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 24

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

avoir le goût pour la physique, vouloir découvrir un domaine de recherche.

Programme/contents

L'arc électrique :

La physique de l'arc électrique :

- o notion de plasma

- o modèle d'arc électrique

- o phénomènes dans la colonne d'arc et aux électrodes

- o grandeurs caractéristiques

- o les différents moyens d'amorçage

L'arc électrique en tant que défaut :

- o Arc série/arc parallèle

- o applications/systèmes concernés

- o exemple de la montée en tension dans le milieu aéronautique : influence de la pression (détection, arc tracking)

La coupure :

- o Problématique/contexte

- o les dispositifs existants (disjoncteur, contacteur,...)

- o études détaillée de 2 systèmes : un disjoncteur et un contacteur

Décharges électriques

Physique des décharges :

- o Phénomènes élémentaires : modèle collisionnel, source d'électrons-germe

- o Loi de Paschen

- o Caractérisation électrique - Modèle de la décharge couronne

- o Streamer – Modélisation et approche mathématique

- o Décharges partielles

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Machine learning pour la maîtrise de la consommation électrique	3	Semestre 1	12	12				

Subjects	ECTS	Semester	Lecture directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
----------	------	----------	------------------------------	--------------------	---------------------------	----------------------------	--------------------------------------

■

Machine learning pour la maîtrise de la consommation électrique

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 12

Directed study: 12

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Mathématiques pour l'Ingénieur, programmation, connaissance de base d'électrotechnique

Programme/contents

Python pour la science de données

Généralités et démarche de ML

Apprentissage supervisé (régressions, KNN, arbres de décision, etc.) et non-supervisé (réduction de dimension, clustering)

Série temporelle, introduction au deep learning

Etude de cas sur les applications de ML à l'énergie électrique

Learning objectives

Comprendre les bases de Machine learning (ML)/intelligence artificielle (IA) et la démarche, savoir traiter et analyser une base de données, implémenter les techniques de ML sur des cas d'applications simples dans le domaine de l'énergie électrique.

Overall organisation

12h de cours et 12h de TD

Skills

programmation sous Python, traitement et analyse de données, machine learning

Bibliography

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Solaire photovoltaïque	3	Semestre 1	21		7			

Subjects	ECTS	Semester	Lecture study	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
----------	------	----------	------------------	-------------------	--------------------	---------------------------	----------------------------	--------------------------------------

■

Solaire photovoltaïque

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 21

Practical study : 7

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Solides connaissances en : Physique du solide

Physique des semi-conducteurs
Physique des composants électroniques et optroniques

Alternativement, avoir suivi l'U.E « Electronique des Solides » de partie A.

Physique des semi-conducteurs

Physique des composants électroniques et optroniques

Alternativement, avoir suivi l'U.E « Electronique des Solides » de partie A

Programme/contents

Chap I - Introduction Générale : énergie solaire, conversion PV, marché photovoltaïque, histoire du PV

Chap II - Fonctionnement et principe PV : rappels sur notions physique des semi-conducteurs et de la jonction

PN, puis physique de la cellule solaire

Chap III - Technologie PV : présentation des différentes filières (matériaux) du photovoltaïque (technologies

Silicium, couches.

Silicium, couches minces, multijonction et technologies émergentes et nouveaux concept

Chap IV - Système PV et injection sur le réseaux: module et système PV, dimensionnement, usage.

Learning objectives

Vision d'ensemble de ce qui se fait sur l'énergie solaire photovoltaïque : du dispositif (physique de la cellule solaire

et les différents matériaux/technologie utilisée) au système (dimensionnement et installation), en

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Générateurs électrochimiques : batteries, piles à combustible et hydrogène	3	Semestre 1	16	8	4			

Générateurs électrochimiques : batteries, piles à combustible et hydrogène

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 16

Practical study : 4

Directed study: 8

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Cours introductif d'électrochimie générale.
- Eléments de génie électrochimique.

Programme/contents

L'objectif est de passer de l'électrochimie générale au rôle des générateurs électrochimiques dans la transition énergétique. On s'attachera à comprendre le principe de fonctionnement des batteries, des piles hydrogène/oxygène, avec la perspective de dimensionner des solutions de stockage de l'énergie et d'appréhender les pistes d'amélioration.

1. Généralités sur les générateurs électrochimiques
2. Rappels de thermodynamique et de cinétique
3. Les batteries (lithium et post-lithium)
4. Piles à combustibles
5. Procédés de production et économie de l'hydrogène
6. Exercices d'application

Type of assessment

Evaluation Continue non Intégrale

Socle transverse

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	distance learning
Gestion de projet	2	Semestre 2	12	12					
■									

Gestion de projet

ECTS : 2

Semester: Semestre 2

Detail

Lecture: 12

Directed study: 12

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Type of assessment

Evaluation Continue non Intégrale

[Initiation](#)

[à la](#) 3 Semestre

[recherche](#) 2

■

Initiation à la recherche

ECTS : 3

Semester: Semestre 2

Detail

Tutored project 8

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Learning objectives

Working on a research project while fully immersed in a research laboratory

Type of assessment

Evaluation Continue non Intégrale

[Anglais /](#)

[Français](#) 2

Semestre 24



Anglais / Français

ECTS : 2

Semester: Semestre 2

Detail

Lecture: 24

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Learning objectives

Atteindre un niveau équivalent B2.

Type of assessment

Evaluation Continue non Intégrale

[UE libre](#)

[catalogue](#) 2.5

Semestre

2

[S1 et S2](#)



UE libre catalogue S1 et S2

ECTS : 2.5

Semester: Semestre 2

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Type of assessment

Evaluation Terminale

[Seminars](#) 1

Semestre

2

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	distance learning
----------	------	----------	---------	----------------	-----------------	------------------------	-------------------------	--------------------------------	-------------------

■

Seminars

ECTS : 1

Semester: Semestre 2

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Overall organisation

Conferences and round tables on energy transition

Type of assessment

Evaluation Continue non Intégrale

Stage

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	distance learning
----------	------	----------	---------	----------------	-----------------	------------------------	-------------------------	--------------------------------	-------------------

Stage	22	Semestre 2							
-----------------------	----	------------	--	--	--	--	--	--	--

■

Stage

ECTS : 22

Semester: Semestre 2

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Type of assessment

Evaluation Continue non Intégrale

Electrical Networks and energy conversion

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
----------	------	----------	---------	----------------	-----------------	------------------------	-------------------------	--------------------------------

Renewable energy sources and grid integration	3	Semestre 1						
---	---	------------	--	--	--	--	--	--

Renewable energy sources and grid integration

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 27

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

Basic knowledge of electrical engineering (three-phase systems, power, synchronous machines).

Programme/contents

- Renewable energy sources (photovoltaic, wind, ...): Modelling and operation.
- Association of renewable energy sources with grid-tied power converters
- Integration of renewable energy sources into the electricity grid (challenges and solutions)
- Technical, economic, environmental, and societal dimensions
- Theoretical and industrial perspectives

Learning objectives

Learn about the operation and integration of renewable energy sources into electrical grids.

Overall organisation

Lectures and applied exercises during class sessions. Lecturers from CentraleSupélec and RTE (Réseau de Transport d'Électricité, the French electricity transmission system operator).

Bibliography

D. Borge-Diez, E. Rosales-Asensio, "Sustainable Energy Planning in Smart Grids", Elsevier;
V. Smil, "Energy Transitions: Global and National Perspectives", Praeger

Type of assessment

Evaluation Continue non Intégrale

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Advanced Power electronic conversion	3	Annualisé	15	6	3			



Advanced Power electronic conversion

ECTS : 3

Semester: Annualisé

Detail

Lecture: 15

Practical study : 3

Directed study: 6

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

Power Electronics lesson

Programme/contents

The course program is divided into 3-hour sessions:

Sessions 1-2 : Multilevel inverters, interleaved structures. Loss analysis in inverters.

Sessions 3-4 : Fundamentals of rectifiers and power factor correction (PFC, active filtering).

Simulation labwork

Sessions 5-6 : Soft-switching, Dual Active Bridge, LLC converter

Sessions 7-8 : Technologies for power electronics : integration, magnetics, thermal, driver

Learning objectives

This course aims firstly to master the systems and technologies of direct-alternating energy conversion (DC/AC) which are becoming increasingly important in current electrical systems, whether for embedded applications, in isolated micro-grids, or in public electricity networks. Different conversion structures are presented in the context of the implementation of current technological objects. In a second step, new structures of AC/DC or DC/DC converter are presented, with the aim of meeting more restrictive specifications, relating either to the increase of the on-board power, or to a desire to increase the efficiency of the systems. Finally, more elaborate technological elements concerning the implementation and integration of converters are introduced so that the trained students are capable of fully realizing a converter while knowing the

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Advanced AC and DC power systems	3	Semestre 1	16.5		7.5			

Advanced AC and DC power systems

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 16.5

Practical study : 7.5

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

Power systems basics, power electronics

Programme/contents

Sessions 1-2: Introduction to disturbances;

Session 3: Fault current calculation

Session 4: Case study

Session 5: Introduction to DC power systems

Session 6: Ancillary services + Practical work

Session 7: Practical work

Session 8: DC system protection

Learning objectives

The aim of this course is :

1. To understand the impact of faults on the AC power systems
2. To learn how to calculate fault currents and simulate a faulted network
3. To understand the role of a protection system and protection strategies
4. To learn the operation and protection of DC power system
5. To learn the interaction and especially the ancillary services between AC and DC systems
6. To simulate an AC/DC hybrid system

Overall organisation

Lectures: 16.5h

Tutorial and numerical simulations: 7.5h

Bibliography

Power system stability and control, by P. Kundur

Paul M. Anderson, Charles Henville, Rasheek

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Design Methodologies for Renewable Energies	3	Semestre 1	6		18			

Design Methodologies for Renewable Energies

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 6

Practical study : 18

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

previous lessons from the master

Programme/contents

The course program is divided into 3-hour sessions:

Sessions 1-2 : Control of electrical systems

Sessions 3-4 : Numerical labwork : battery charging with photovoltaic and wind turbine connection

Sessions 5-6-7 : Final project : sizing of a photovoltaic power plant

Session 8 : Final project : writting report and defense

Learning objectives

The aim of this lesson is to adopt a systems approach to sizing electrical systems. Using concepts relating to the control of electrical systems, a project is finally proposed during which the students have to size a photovoltaic installation.

Overall organisation

Lesson : 6h

Simulation practical work : 18h

Skills

At the end of this course, students will be able to:

- Understand the issues involved in the design of an electric vehicle

- Know how to set up the control of an electrical system

- Propose an approach for sizing a photovoltaic power plant

- Take a critical and realistic approach to the results

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Modelling, control and stability of electrical systems	3	Annualisé	9	7.5	7.5			



Modelling, control and stability of electrical systems

ECTS : 3

Semester: Annualisé

Detail

Lecture: 9

Practical study : 7.5

Directed study: 7.5

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

Electrical Networks, Power electronics

Programme/contents

Session 1-2: Dynamic modelling of synchronous machine

Session 3-4: Simulations on voltage and frequency stability

Session 5-6: Stability of inverters

Session 7-8: Grid Following and Grid Forming Control

Learning objectives

The aim of this course is :

1. to learn about the rotor angle stability with theoretical lectures and exercises
2. to experiment the voltage and frequency stability with numerical simulations
3. to learn about the stability of inverters connected to the grid
4. to experiment with both grid following and grid forming control

Overall organisation

Lectures : 9h

Exercises and simulations : 15h

Bibliography

Power system stability and control, by P. Kundur

Type of assessment

Evaluation Continue non Intégrale

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Electromagnetic compatibility for power electronics	3	Semestre 1	15	3	6			



Electromagnetic compatibility for power electronics

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 15

Practical study : 6

Directed study: 3

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

Power electronics

Programme/contents

Fundamental concepts of electromagnetic compatibility (EMC): sources, coupling mechanisms, victims, and standards.

Analysis of disturbance sources and propagation paths.

EMC modeling of components.

Time-domain and frequency-domain modeling approaches at high frequencies.

EMC filtering and shielding techniques.

Laboratory work: design and evaluation of near-field shielding using an electromagnetic simulation software tool.

Learning objectives

This course aims to develop students' understanding of electromagnetic issues in power conversion systems. It provides a fundamental introduction to electromagnetic compatibility (EMC) in power electronics, with a particular focus on the analysis of conducted and radiated electromagnetic noise generated by power converters. The course also examines mitigation techniques and design strategies to ensure compliance with relevant EMC standards.

Overall organisation

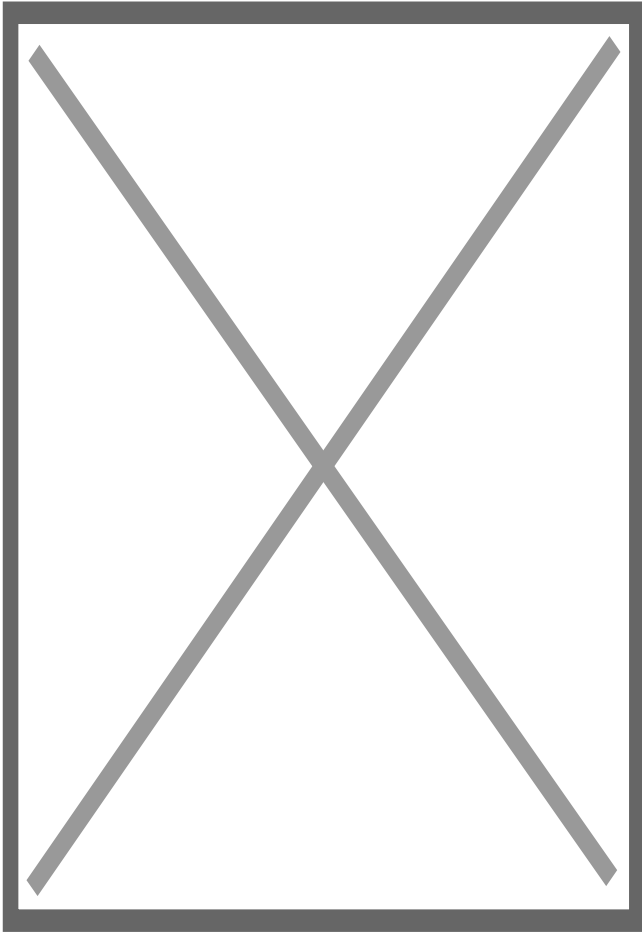
15 hours of lectures, 3 hours of tutorials and 6

Teaching Location(s)

ORSAY
GIF SUR YVETTE

Training campus

Javascript est requis pour visualiser cette carte.



Saclay Moulon

Saclay / Gif-sur-Yvette / Orsay

Bus 4606 / 4609 / 4611 / 5154

RER B Le guichet

[Voir](#)

Student restaurant (CROUS)

Library

Sports facilities

Student residence

Contact

- **Mohamed BENSETTI**
Professeur à Centrale Supélec, GeePs
- **CentraleSupélec SUPPORT SCOLARITE**
Support scolarité

<http://www.universite-paris-saclay.fr/formation/master/energie/m2-physique-et-ingenierie-de-lenergie-pie-reseaux-electriques-et-energies-renouvelables>