



CentraleSupélec

OPTION ENERGIE

<http://www.option-energie.ecp.fr>

LES COURS ELECTIFS

Un ensemble de **vingt cours électifs** de thématiques très variées est proposé aux étudiants afin de leur permettre de personnaliser leur cursus en cohérence avec leurs intérêts particuliers et leur projet professionnel. A l'instar des cours du tronc commun d'option, l'ambition de tous ces enseignements est d'approfondir les connaissances des étudiants et de stimuler leur réflexion face aux grands défis énergétiques du 21^{ème} siècle.

Tout élève-ingénieur ECP de l'Option Energie doit suivre et valider $(3 + N)$ cours électifs où N désigne le nombre total de cours dont il (elle) aura été dispensé(e) dans le tronc commun et dans son parcours de rattachement.

Le choix des cours électifs est libre, moyennant les quelques contraintes expliquées ci-dessous :

- Certains cours électifs font partie des programmes pédagogiques de certaines formations M2 ; leur suivi est donc obligatoire pour la validation de ces M2.
- Les cours électifs sont rassemblés en groupes, chaque groupe comptant en général 3 cours. Les séances des cours d'un même groupe étant placées sur les mêmes créneaux horaires, il s'ensuit que **seul un cours peut être choisi dans chaque groupe**.

La constitution des 8 groupes de cours électifs est donnée ci-dessous ; le cours « électromobilité », qui constitue à lui seul le groupe 8, présente un planning spécifique car il est dispensé en continu sur une semaine complète.

LISTE DES 20 COURS ELECTIFS

(cliquer sur le nom du cours pour atteindre son descriptif)

Groupe 1	Enjeux énergétiques de la biomasse	Sécurité industrielle et sûreté nucléaire	
Groupe 2	Economie des réseaux d'énergie	Energétique des bâtiments	Ingénierie thermohydraulique nucléaire
Groupe 3	Démantèlement des grands sites industriels	Production et consommation d'électricité dans les secteurs résidentiel, tertiaire et industriel	
Groupe 4	Cycle du combustible nucléaire	Energétique industrielle	Traction et propulsion électriques
Groupe 5	Combustion avancée	Moteurs thermiques	Smart grids

Groupe 6	<u>Captage et stockage géologique de CO₂</u>	<u>Carburants du futur</u>	<u>Procédés de production d'énergies renouvelables</u>
Groupe 7	<u>Pile à combustible et filière hydrogène</u>	<u>Transferts en milieux poreux</u>	<u>Transformation des entreprises - Cas du secteur des smart grids</u>
Groupe 8	<u>Electromobilité</u>		

CAPTAGE ET STOCKAGE GEOLOGIQUE DE CO₂

Coordonnateur(s) : Eric Tocqué (IFP Energies Nouvelles)

Intervenant(s) : Jean-Pierre Deflandre (IFP Energies Nouvelles), Eric Tocqué (IFP Energies Nouvelles)

Durée : 15h hors contrôle

ECTS : 1.0

Descriptif :

L'objectif de ce cours est d'acquérir une connaissance globale de la chaîne captage, transport et stockage géologique du CO₂ incluant les aspects techniques, économiques et environnementaux. L'accent est aussi mis sur l'acceptabilité sociétale dans le domaine de l'énergie.

Le captage et le stockage géologique du CO₂ émis par les installations industrielles constituent une des voies principales pour réduire les émissions anthropiques de CO₂ et lutter ainsi contre le réchauffement climatique. Le CO₂ sera capté dans les fumées issues d'installations industrielles fixes émettant de grandes quantités de CO₂ (centrales électriques, cimenteries, sidérurgie, raffineries). Il sera ensuite stocké dans des formations géologiques souterraines. Ce CO₂ devra être stocké en toute sécurité pour des durées importantes.

Les points abordés seront :

- La place des énergies fossiles dans le mix énergétique, aujourd'hui et dans le futur
- Le CSC : une des voies pour réduire les émissions de CO₂
- Les émissions industrielles de CO₂ dans le monde
- Les cibles du CSC
- Les différentes voies de captage du CO₂ (post-combustion, oxy-combustion, pré-combustion)
- La compression et le transport de CO₂ (par pipeline, par bateau)
- Le stockage géologique de CO₂
- Les risques associés et le monitoring
- La réglementation
- Economie de la chaîne CSC
- Information du public et acceptabilité sociétale
- Les principaux projets industriels dans le monde et les programmes R&D

- Perspectives d’avenir

Lors de ce cours, différentes approches / techniques pédagogiques seront proposées.

[Retour à la liste](#)

CARBURANTS DU FUTUR

Coordonnateur(s) : Xavier Montagne (Ministère de l’Education Nationale)

Intervenant(s) : Xavier Montagne (Ministère de l’Education Nationale)

Durée : 15h hors contrôle

ECTS : 1.0

Descriptif :

Le contexte énergétique est en pleine évolution, quel que soit le secteur, et la mutation est tout aussi difficile, voire plus, pour le transport. Depuis de nombreuses années, le monde du transport dépend quasi-exclusivement du pétrole (en 2008, à hauteur de 96%), mais les besoins de mieux contrôler les rejets polluants, de réduire significativement les rejets de gaz à effet de serre et de s’inscrire dans une diversification des ressources bouleversent le paysage du transport. De plus, un arsenal réglementaire de plus en plus contraignant accompagne cette mutation en impactant le transport routier mais aussi le transport aérien et le transport maritime.

Le cours dispensé au travers de ces 15h a la mission de présenter succinctement le contexte énergétique global puis de rapidement s’orienter vers les contraintes du transport. Après avoir décliné ce que signifient les notions de carburants et d’exigences carburants, on travaille selon 3 axes :

- Les carburants actuels et leurs évolutions futures continues, gouvernées par les exigences des parcs d’automobiles, de poids lourds, d’aéronefs, environnementales, ...
- Les carburants en rupture qui devront répondre à des modifications technologiques profondes demandées par le marché : on verra que ce volet reste faible car suspendu à des réseaux logistiques difficiles.
- Les carburants nouveaux issus de différentes sources ou de procédés émergents : biomasse, gaz naturel, gaz de synthèse, gaz issus de la chimie biosourcée, ... pouvant être utilisés seuls ou en combinaison. Il faut noter que le futur s’appuiera fortement sur cet axe de développement et qu’il sera nécessaire d’ouvrir le spectre des possibilités énergétiques et leur combinaison.

Le cours servira à sensibiliser les étudiants à tous ces secteurs, à leur donner les grandes bases scientifiques, techniques et sociétales en s’appuyant sur la justification des filières, leurs potentiels de développement et leurs chances de réussite avec les échéances associées. Il s’agit d’un ensemble de cours scientifiques et techniques laissant néanmoins une part importante aux aspects sociaux et socioéconomiques.

[Retour à la liste](#)

COMBUSTION AVANCEE

Coordonnateur(s) : Denis Veynante (CNRS)

Intervenant(s) : Nasser Darabiha (CentraleSupélec), Denis Veynante (CNRS)

Durée : 15h hors contrôle

ECTS : 1.0

Descriptif :

Un cours intitulé « combustion », coordonné par Benoît Fiorina (CentraleSupélec), est dispensé au sein du Parcours Energie Thermique de l'Option Energie et est consacré aux notions de base de la combustion. Le cours « combustion avancée » fait suite à ce cours « combustion » ; son objectif est d'approfondir certains sujets pour apporter des connaissances plus proches de l'état de l'art actuel. Pour suivre ce cours, il faut donc au préalable avoir suivi le cours « combustion ».

Une large partie est portée sur la combustion en écoulements turbulents et sa modélisation, régime rencontré dans la quasi-totalité des applications industrielles de la combustion (turbines à gaz aéronautiques et terrestres, moteurs automobiles, fours industriels, ...). La prise en compte de schémas cinétiques détaillés, peu importante en termes de performances globales mais cruciale pour décrire l'inflammation et l'extinction de flammes ou la formation d'espèces chimiques polluantes, est abordée. Les équations de transport multi-espèces sont également présentées. Enfin, quelques notions de base sur la combustion diphasique sont introduites, ainsi que les hydrocarbures les plus couramment utilisés car présentant un excellent rapport énergie disponible par unité de volume et / ou de masse (essence, gasoil et kérosène liquide).

[Retour à la liste](#)

CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE

Coordonnateur(s) : Jean-Luc Salanave (ex-Areva)

Intervenant(s) : Jean-Luc Salanave (ex-Areva – parties 1, 2, 3 et 5), Pascal Yvon (CEA – partie 4)

Durée : 15h hors contrôle

ECTS : 1.0

Descriptif :

Ce cours a pour ambition de fournir les connaissances générales et techniques de base sur le(s) cycle(s) du combustible nucléaire.

Il est organisé en 5 parties (de 3h chacune) :

- Partie 1 : introduction : place du nucléaire dans le « mix » électrique, éléments de comparaison entre les énergies ; impacts environnementaux ; accidents nucléaires marquants ; le « combustible » nucléaire ; bases de chimie de l'uranium et des actinides ;

leur radioactivité ; cycles ouvert / fermé, recyclage ; économie globale du cycle et coûts complets du nucléaire ; radiotoxicité long terme des déchets.

- Partie 2 : exploitation minière de l'uranium et conversion chimique : histoire de l'uranium ; l'uranium partout sur terre, grandes ressources mondiales ; marché, économie / prix ; exploration ; extraction ; concentration en « yellow cake » ; conversion en UF₆.
- Partie 3 : enrichissement isotopique : l'UTS (Unité technique et commerciale du Travail de Séparation isotopique) ; marché ; acteurs mondiaux ; aspects économiques ; généralités théoriques sur la diffusion gazeuse, la centrifugation et d'autres procédés.
- Partie 4 : conception, fabrication et comportement en réacteur de l'assemblage combustible et de ses matériaux.
- Partie 5 : traitement et recyclage du combustible utilisé : stratégies et logiques (traitement ou non, recyclage ou non) ; capacités mondiales ; caractéristiques du combustible utilisé ; procédé PUREX d'extraction liquide / liquide de l'uranium et du plutonium ; vitrification des déchets de haute activité ; scénarios de gestion long terme des déchets. Conclusion.

[Retour à la liste](#)

DEMANTELEMENT DES GRANDS SITES INDUSTRIELS

Coordonnateur(s) : Eric Morange (EDF), Serge Vivet (Total Professeurs Associés (TPA))

Intervenant(s) : Frédéric Magloire (EDF), Marie-Claire Perrin (EDF), Eric Sueur (EDF), Serge Vivet (TPA)

Durée : 18h contrôles inclus

ECTS : 1.0

Descriptif :

A partir de deux exemples de monde industriel, le monde « nucléaire » et le monde « pétrolier », le démantèlement de grands sites est abordé.

La partie démantèlement nucléaire comporte :

- La définition du démantèlement d'une centrale : éléments de choix à prendre en compte pour définir une stratégie, domaine réglementaire associé, démantèlement à EDF : quoi et où, innovations technologiques associées aux différents domaines ;
- Un exemple de démantèlement engagé à travers le démantèlement de la centrale de Chooz A (tranche REP) ;
- La description de l'impact environnemental et le traitement des déchets issus de la déconstruction.

La partie démantèlement de plate-forme pétrolière comporte :

- La présentation de la problématique du démantèlement en offshore : les chiffres, les différentes législations et quelques exemples ;

- La description du démantèlement du champ de Frigg en mer du Nord en détaillant la stratégie contractuelle (planning, coût, relations avec les autorités) puis en décrivant les différentes techniques de démontage des superstructures et infrastructures.

[Retour à la liste](#)

ECONOMIE DES RESEAUX D'ENERGIE

Coordonnateur(s) : Jean-Claude Vannier (CentraleSupélec)

Intervenant(s) : Yannick Perez (Université Paris Sud & CentraleSupélec)

Durée : 15h hors contrôle

ECTS : 1.0

Descriptif :

Le cours « économie des réseaux d'énergies » synthétise les apports de l'économie à la création de marché dans l'industrie électrique.

Dans un premier temps sont abordées l'organisation économique traditionnelle de la filière électrique sous sa forme verticalement intégrée, les possibilités de chirurgie industrielle techniquement et institutionnellement possibles, leurs motivations, leurs limites et les inefficacités que cela peut générer.

Ensuite, ce cours fait la synthèse des réformes électriques en Europe et en France, souligne les principaux challenges encore existants et les pistes d'amélioration des fonctionnements.

Enfin, la dernière partie définit les activités électriques devant encore être sous vigilance des autorités publiques, françaises ou européennes, en fonction de la nature économique du problème à traiter.

[Retour à la liste](#)

ELECTROMOBILITE

Coordonnateur(s) : Marc Petit (CentraleSupélec)

Intervenant(s) : voir plus bas dans le descriptif

Durée : ce cours est dispensé sur une semaine complète (pour l'année universitaire 2015-2016, du 22 au 26 février 2016) dans les locaux de l'ESSEC (CNIT, Paris La Défense).

ECTS : 1.0

Descriptif :

En novembre 2011, le groupe PSA Peugeot Citroën, l'ESSEC, l'Ecole Centrale Paris et Supélec ont signé une convention pour la mise en place d'une chaire de recherche sur les technologies hybrides et l'économie de l'électromobilité. Cette chaire prévoit aussi l'organisation d'un cours à destination des étudiants des trois écoles.

Ce cours a pour objet de présenter les défis auxquels est confrontée l'industrie automobile pour faire face aux nouvelles mobilités, puis les innovations, les stratégies et les modèles économiques à mettre en place. Les véhicules rechargeables (électriques, hybrides et hybrides rechargeables) seront au cœur de ce cours.

Ce cours s'organisera sur 5 jours consécutifs selon les grands thèmes suivants. A titre informatif, les intervenants de 2014 sont indiqués.

Jour n°1 : l'automobile au cœur des stratégies industrielles et des problématiques économiques :

- Le groupe PSA dans le secteur automobile (J.-M. Mousset - PSA).
- Présentation du secteur automobile, et importance de cette industrie dans le paysage économique international. Relations entre la filière automobile et les états (C. Donada - ESSEC).
- Présentation du GERPISA (réseau international de l'automobile).

Jour n°2 : l'automobile au cœur des technologies de l'électromobilité :

- L'électromobilité vue par l'AVERE (Joseph Beretta - AVERE France).
- L'institut VeDeCom : les enjeux technologiques de l'électromobilité (L. Prince).
- Véhicules décarbonés : avec quels véhicules roulerons-nous demain ? (J.-L. Legrand - Ministère)
- Le secteur automobile vit une course perpétuelle à l'innovation pour améliorer le confort, la sécurité et réduire les empreintes carbone des véhicules. Comment piloter des innovations pour en faire des stratégies gagnantes ? Innovation radicale et de rupture. Comment planifier une innovation technologique avec le marketing stratégique ? Comment entraîner les acteurs de l'entreprise derrière les innovations ? (D. Attias et R. Farel - CentraleSupélec)

Jour n°3 : l'automobile au cœur des innovations de rupture :

- Conception d'une chaîne de valeur. Approches de simulation et d'analyse des jeux d'acteurs. Etude de cas sur la filière de recyclage des matières issues des VHU (R. Farel - CentraleSupélec).
- Les innovations de rupture chez PSA (G. Blokkeel - PSA).
- Gestion innovante de projet confidentiel, l'hybride-air (E. Lalliard - PSA).
- Les enjeux de la consommation pour la filière automobile (B. Swoboda - PSA).

Jour n°4 : l'automobile au cœur des problématiques économiques du développement durable :

- Les technologies de propulsion : comparaison des solutions thermique, hybride et électrique. Exemples d'architectures de véhicules électriques et hybrides (I. Demay - PSA).
- Les infrastructures de charge : aperçu des solutions technologiques et stratégies de déploiement pour favoriser le marché des véhicules rechargeables (I. Demay - PSA).
- Les batteries au cœur de l'électromobilité (B. Sahut - PSA).
- Electromobilité : mu by Peugeot (Nadine Faul - PSA).
- Les véhicules rechargeables connectés au réseau : interaction avec le système électrique (M. Petit - CentraleSupélec).

Jour n°5 (matin) : visite de l'usine de Poissy. Cette visite pourra être programmée en semaine (date exacte non encore arrêtée).

Evaluation : travail en groupes avec remise d'un dossier (15 pages).

[Retour à la liste](#)

ENERGETIQUE DES BATIMENTS

Coordonnateur(s) : François Cointe (CentraleSupélec)

Intervenant(s) : François Cointe (CentraleSupélec)

Durée : 15h hors contrôle

ECTS : 1.0

Descriptif :

Les transferts thermiques dans le bâtiment :

- Conduction, convection, rayonnement solaire et infrarouge, psychrométrie : modélisation et mesure des échanges thermiques dans les bâtiments.

Confort thermique - Construire avec le climat :

- Equations d'équilibre thermique de l'organisme. Température effective ressentie.
- Construire avec le climat : climat tropical humide, climat désertique, climat méditerranéen.
- Adaptation au climat de l'habitat traditionnel et exemples contemporains : rectorat de la Martinique, Eastgate Center à Harare, Pearl Academy à Jaipur, ...

Concevoir les bâtiments zéro énergie :

- Logements : isolation thermique, ventilation, confort d'été et protection solaire. Etudes de cas: logements étudiants cité Vert Bois à Montpellier, quartier Bedzed à Londres, écoquartier de Fribourg, ...
- Bureaux et tertiaire : climatisation et free-cooling, éclairage, intermittence du chauffage. Etudes de cas : bureaux France Avenue à Paris, collège de Mäder au Voralberg, Federal Building à San Francisco, tour Elithis à Dijon, Green Office à Meudon, Sonnenschiff à Fribourg, ...

Phénomènes complexes et modélisations thermiques :

- Les façades double peau : murs Trombe et pariétodynamiques, double peau ventilée.
- Transfert thermique dans un mur en régime variable, inertie thermique et temps de réponse, modélisations thermiques dynamiques.

[Retour à la liste](#)

ENERGETIQUE INDUSTRIELLE

Coordonnateur(s) : Philippe Degand (Suez Environnement)

Intervenant(s) : Philippe Degand (Suez Environnement), Marcos Perez (Direct Energie)

Durée : 15h hors contrôle

ECTS : 1.0

Descriptif :

Exposés sur les principales composantes de l'utilisation d'énergie thermique et électrique dans l'industrie : les centrales, les fluides thermiques, les chaudières, les réseaux de vapeur, les réseaux de chauffage industriel par vapeur d'eau, eau surchauffée ou fluides organiques.

Focus particulier sur l'évaporation multiple effet (concentration et production d'eau adoucie) avec comparatif énergétique et économique entre dessalement d'eau de mer par osmose et par évaporation.

Focus sur les grands cycles de cogénération avec mise en évidence des paramètres de choix (ratio électricité / chaleur et coût de l'électricité produite). Exercice dirigé permettant de faire le comparatif chiffré entre les 2 principaux types de cycles.

Focus sur les différents types d'échangeurs de chaleur.

[Retour à la liste](#)

ENJEUX ENERGETIQUES DE LA BIOMASSE

Coordonnateur(s) : Patrick Perré (CentraleSupélec)

Intervenant(s) : Julien Colin (CentraleSupélec), Patrick Perré (CentraleSupélec)

Durée : 15h hors contrôle

ECTS : 1.0

Descriptif :

La biomasse est indéniablement une composante importante du bouquet énergétique envisagé pour permettre la transition énergétique.

Ce cours propose de faire le point sur les possibilités et limitations offertes par la biomasse végétale. Il propose de parcourir différents aspects complémentaires qui permettront à un ingénieur généraliste d'appréhender l'ensemble des questions sous-jacentes :

- La production de biomasse végétale au niveau mondial : situation actuelle et scénarios prospectifs,
- Les fonctions des tiges dans les plantes,
- Conséquences de ces fonctions sur les propriétés des tissus lignocellulosiques (caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques),

- Les voies de valorisation possibles de ces produits, en tant que sources d'énergie (combustibles solides, liquides et gazeux) mais aussi en tant que matériaux performants (matériaux structurels, légers et isolants),
- Retour sur la complexité des enjeux et des arbitrages.

[Retour à la liste](#)

INGENIERIE THERMOHYDRAULIQUE NUCLEAIRE

Coordonnateur(s) : Thomas Bruyères (Areva), Antoine Kassis (Areva)

Intervenant(s) : Thomas Bruyères (Areva), Antoine Kassis (Areva)

Durée : 18h hors contrôle

ECTS : 1.0

Descriptif :

Animé par deux ingénieurs d'Areva, ce cours présente le métier d'ingénieur d'études à partir de l'exemple de la thermohydraulique nucléaire.

Peu d'équations sont présentées mais beaucoup de questions concrètes auxquelles un jeune ingénieur est confronté sont abordées : analyse physique, dimensionnement de systèmes, questions de sûreté, regard critique sur des résultats de codes de calcul, etc. L'objectif est d'inciter les étudiants à se questionner en continu sur la raison d'être de leurs choix techniques et à faire des « raisonnements d'ingénieur », concrets et appliqués, mais rigoureux.

L'enseignement est largement interactif, avec de nombreux exercices. Le contrôle final est une mise en situation professionnelle, autour d'un problème industriel à résoudre en équipes en prenant en compte plusieurs contraintes techniques.

Aspects abordés :

- Fonctionnement général d'une unité de production d'énergie nucléaire
- Physique des réacteurs à eau pressurisée (REP)
- Technologie des REP
- Conduite d'un REP
- Sûreté nucléaire et études d'accidents

[Retour à la liste](#)

MOTEURS THERMIQUES

Coordonnateur(s) : Philippe Pierre (IFP Energies Nouvelles (IFPEN))

Intervenant(s) : Matthieu Lecompte (IFPEN), Philippe Pierre (IFPEN), Maria Thirouard (IFPEN), Franck Vangraefschèpe (IFPEN)

Durée : 15h hors contrôle

ECTS : 1.0

Descriptif :

Ce cours d'introduction aux moteurs à combustion interne a pour objectif de donner les limitations et les contraintes théoriques des moteurs à allumage commandé et Diesel.

Il permet d'expliquer les modes de fonctionnement des moteurs et donne les éléments essentiels à l'établissement du cahier des charges intégrant les contraintes des normes futures.

Des notions élémentaires de véhicules hybrides et de Road Map sont nouvellement abordées cette année.

Les solutions technologiques des moteurs sont présentées tout au long de ce cours de 15 heures avec les notions de rendements et de performances. Les systèmes de suralimentation intégrant les compresseurs, turbo-compresseurs sont aussi présentés expliquant les solutions industrielles utilisées pour l'augmentation des performances spécifiques avec leurs problématiques associées.

Les combustions des moteurs essence et Diesel sont très largement expliquées. Ce cours permet de donner les éléments clés de la conception des chambres de combustion actuelles et à venir. Il donne les limitations de ces différentes technologies, abordant les aspects couramment étudiés en recherche et développement chez les constructeurs, les équipementiers et les laboratoires de recherche jusqu'à l'aboutissement et la commercialisation finale de ces solutions industrielles.

Finalement, ce cours aborde le post-traitement des gaz d'échappement et ses normes associées en expliquant la formation de polluants au sein de la chambre de combustion, les principes de base de la catalyse utilisée pour les moteurs essence et Diesel, ainsi que leurs problématiques associées.

Les modes de post-traitement actuels et futurs sont ensuite abordés selon les types de combustion ainsi que leur intégration et les compromis à réaliser.

[Retour à la liste](#)

PILE A COMBUSTIBLE ET FILIERE HYDROGENE

Coordonnateur(s) : Pierre Millet (Université Paris Sud)

Intervenant(s) : Pierre Millet (Université Paris Sud)

Durée : 15h hors contrôle

ECTS : 1.0

Descriptif :

Objectifs de cet enseignement :

- Présenter la problématique énergie

- Faire quelques rappels généraux d'électrochimie (thermodynamique des chaînes galvaniques et cinétique électrochimique)
- Présenter de manière détaillée la filière hydrogène-énergie (aspects scientifiques et technologiques)
- Présenter la problématique des carburants de synthèse et la chimie du CO₂
- Décrire l'état de l'art et les perspectives en matière de procédés photo-électrochimiques

Programme de l'enseignement et concepts abordés:

- Cours 1 : problématique énergie & procédés de transformation ; thermodynamique des chaînes galvaniques
- Cours 2 : cinétique électrochimique ; procédés de production d'hydrogène
- Cours 3 : procédés de purification et de stockage d'hydrogène
- Cours 4 : piles à combustible : principe et technologie
- Cours 5 : perspectives : carburants de synthèse, procédés photo-électrochimiques

Savoir-faire acquis en fin de cours :

- Relier la tension d'une cellule électrochimique à la variation d'enthalpie libre d'une réaction chimique
- Exprimer la cinétique de transfert de charge en fonction de la densité de courant d'échange et des facteurs de symétrie
- Connaître les principes et les caractéristiques technologiques de l'électrolyse de l'eau, de la perméation de l'hydrogène, de la formation d'hydrures métalliques, du fonctionnement des piles à combustible
- Décrire les limitations des technologies actuelles et discuter des perspectives en termes de rendement, science des matériaux et procédés
- Décrire le principe des procédés de fabrication de carburants de synthèse et celui des cellules photo-électrochimiques

[Retour à la liste](#)

PROCEDES DE PRODUCTION D'ENERGIES RENOUVELABLES

Coordonnateur(s) : Jean-Claude Vannier (CentraleSupélec)

Intervenant(s) : Amir Arzandé (CentraleSupélec), Emilien Boucher (Enertime), Xavier Montagne (Ministère de l'Education Nationale), Benoît Pueyo (Arcadis), Matthieu Versavel (EDF)

Durée : 15h hors contrôle

ECTS : 1.0

Descriptif :

Le cours sur les procédés EnR est l'occasion d'aborder la globalité de la chaîne de mise en œuvre des principales énergies renouvelables abordables sur le plan économique.

Les systèmes solaires photovoltaïques, les biocarburants, la génération éolienne et la production de chaleur et d'électricité à partir de la biomasse sont les formes d'énergie sur lesquelles se concentre ce cours.

Pour chaque thème, après un rappel des principes fondamentaux de la génération d'énergie, sont présentés les différents composants de la chaîne de transformation de l'énergie nécessaires à sa mise en œuvre en tenant compte des cadres techniques et environnementaux. La majorité des intervenants sont des professionnels des secteurs représentés.

[Retour à la liste](#)

PRODUCTION ET CONSOMMATION D'ELECTRICITE DANS LES SECTEURS RESIDENTIEL, TERTIAIRE ET INDUSTRIEL
--

Coordonnateur(s) : Marc Petit (CentraleSupélec)

Intervenant(s) : L. Boisgibault (Valmere), D. Osso (EDF), F. Wasser (Eramet)

Durée : 15h hors contrôle

ECTS : 1.0

Descriptif :

Ce cours se propose de présenter les enjeux énergétiques dans le domaine des bâtiments de type résidentiel et tertiaire et dans le domaine industriel.

L'objectif global est de caractériser les pôles de consommation afin d'identifier les potentiels de flexibilité dans chacun de ces secteurs en tenant compte des contraintes de fonctionnement. Cette flexibilité est importante pour la participation des consommateurs (quels qu'ils soient) à l'équilibre du système électrique.

Concernant le secteur résidentiel, un bilan des usages électriques est présenté, avec un focus particulier sur le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage et les usages spécifiques. La notion de saisonnalité est explicitée. Les pompes à chaleur sont présentées avec leurs impacts sur la consommation électrique.

Pour les bâtiments tertiaires, le cours aborde les méthodes de gestion énergétique d'un bâtiment avec le pilotage des principaux pôles de consommation (chauffage, ventilation, air conditionné). L'accent est mis sur les caractéristiques et sources de flexibilité de ces usages pour le pilotage des bâtiments dans le contexte d'une meilleure gestion de la demande.

Les caractéristiques d'un site industriel (sidérurgie) sont également abordées avec les contraintes imposées par le process. De tels sites peuvent être équipés de centrales de cogénération vapeur / électricité. La flexibilité offerte peut être valorisée sur les marchés / mécanismes d'ajustement de l'électricité par les industriels.

Enfin, les questions liées à l'efficacité énergétique sont présentées sous l'angle institutionnel et réglementaire.

[Retour à la liste](#)

SECURITE INDUSTRIELLE ET SURETE NUCLEAIRE

Coordonnateur(s) : Murès Zaréa (GDF Suez)

Intervenant(s) : Nicole Delloero (Areva), Pol Hoorelbeke (Total), Jean-Michel Quilichini (EDF), Jean-Pierre Vidal (IRSN), Murès Zaréa (GDF Suez)

Durée : 16h30 hors contrôle

ECTS : 1.0

Descriptif :

Objectifs :

Faire découvrir les enjeux et les objectifs de la sécurité industrielle et de la sûreté nucléaire en termes de maîtrise des risques dans les industries liées à l'énergie.

Assimiler les principales approches structurées permettant d'améliorer la sécurité industrielle et la sûreté nucléaire dans les industries suivantes :

- Pétrole et chimie
- Gaz naturel et Gaz Naturel Liquéfié
- Utilisation des sources radioactives dans l'industrie et les services - Radioprotection
- Amont et aval du cycle du combustible nucléaire
- Exploitation des centrales nucléaires pour la production d'énergie

Assimiler le contexte spécifique à chacune de ces industries pour y ancrer les démarches d'évaluation et de maîtrise des risques : cadre réglementaire, méthodes d'évaluation et de maîtrise du risque, mesures de prévention et de protection, etc.

Programme de l'enseignement et concepts-clés abordés :

- Généralités : notion de risque, fréquence d'incidents, probabilité de défaillance, causes et conséquences d'accidents, analyse d'accidents, prévention et protection, défense en profondeur, facteurs humains et organisationnels, etc.
- Pour chacune des industries citées, les principaux scénarios de défaillance, méthodes d'évaluation du risque, de calcul de conséquences d'accidents, les mesures de prévention et de protection.
- Eléments de réglementation de maîtrise du risque industriel et de la sûreté nucléaire.
- Retour d'expérience et analyse d'accidents.

Savoir-faire acquis en fin de cours : connaissance des notions principales dans le domaine de la maîtrise des risques, citées ci-dessus ; connaissance des démarches d'évaluation du risque et des mesures de protection et de prévention dans les différentes industries, approfondies lors du travail en équipe sur un dossier qui fait l'objet de l'évaluation.

[Retour à la liste](#)

SMART GRIDS

Coordonnateur(s) : Marc Petit (CentraleSupélec)

Intervenant(s) : A.-S. Coince (EDF), F. Gorgette (ERDF), P. Jensen (EDF), J. Martin (EDF), A. Pelletier (EDF Energy), Y. Phulpin (EDF)

Durée : 15h hors contrôle

ECTS : 1.0

Descriptif :

La thématique « smart grids » fait beaucoup parler d'elle depuis quelques années et ce cours est conçu pour en indiquer les problématiques et les enjeux pour le système électrique.

Les domaines concernés étant très vastes, le cours commencera par un tour d'horizon des objectifs de la thématique (1h30). Puis, nous verrons que les réseaux de distribution sont au cœur de ces challenges, avec pour objectif une meilleure automatisation de ces réseaux via des fonctions de conduite avancées (1h30).

La suite du cours sera dédiée au pilotage de la charge ou gestion de la demande (demand response, demand side management) qui va devenir un levier de plus en plus important pour assurer l'équilibre offre-demande indispensable à la sécurité du système électrique, en particulier lors des pointes de consommation.

Après une introduction à la problématique du pilotage de la charge (3h), les usages et les possibilités de pilotage dans les secteurs résidentiel, tertiaire et industriel seront présentés (3h). Enfin la question essentielle du comptage sera traitée, ainsi qu'un aperçu des projets de R&D internationaux et des politiques existantes (4h30).

Pour terminer, la place des infrastructures télécom sera abordée (1h30).

[Retour à la liste](#)

TRACTION ET PROPULSION ELECTRIQUES

Coordonnateur(s) : Jean-Claude Vannier (CentraleSupélec)

Intervenant(s) : Stéphane Callet (SNCF), Olivier Dauré (DCNS), Pierrick Guilloux (Alstom)

Durée : 15h hors contrôle

ECTS : 1.0

Descriptif :

Le cours de traction et propulsion électriques permet d'aller plus loin dans la problématique de l'énergie embarquée en élevant le niveau de puissance. Ce cours met l'accent sur le besoin d'optimisation des composants et du système ainsi que de sa gestion pour atteindre les objectifs

fixés par les différentes missions utilisant ces matériels. Le cours de traction traite de la constitution de la chaîne de traction et de l'infrastructure d'alimentation. Le cours de propulsion est principalement centré sur la propulsion navale électrique. Ce cours est donné par plusieurs intervenants, spécialistes des domaines concernés.

Traction électrique ferroviaire (6h - Alstom Transport) :

- Type de motorisation (MS, MAS, MCC)
- Présentation de schémas simples de l'ensemble transformateur-convertisseur-moteur
- Variateurs de vitesse
- Données en termes de puissance des moteurs
- Quantités d'énergie consommées par la SNCF / RATP
- Exemple du TGV
- Quelques mots sur le TGV du record de vitesse
- Contraintes imposées par le TGV sur les infrastructures (réseau électrique mais pas seulement)
- Types de réseaux électriques utilisés (25kV mono, 1.5 et 3 kV DC)
- Mode de raccordement au réseau RTE, gestion des charges mono
- Les harmoniques liés aux convertisseurs

Transports urbains (3h - SNCF) :

- Gestion d'un parc de transport urbain avec des contraintes énergétiques
- Projets « biberonnage »

Propulsion navale (6h - DCNS) :

- Propulsion classique (diesel) / propulsion électrique
- Avantages / inconvénients des deux solutions
- Production d'électricité pour la propulsion électrique
- Architecture d'un réseau de bord pour un navire à propulsion électrique
- Notions pour le dimensionnement
- Utilisation du stockage

[Retour à la liste](#)

TRANSFERTS EN MILIEUX POREUX

Coordonnateur(s) : Benoît Goyeau (CentraleSupélec)

Intervenant(s) : Benoît Goyeau (CentraleSupélec)

Durée : 15h hors contrôle

ECTS : 1.0

Descriptif :

Ce cours est une introduction à l'étude des mécanismes de transfert en milieux poreux. Il est composé de deux parties. Après un certain nombre de généralités sur les différents secteurs concernés par cette physique et l'énoncé des principales caractéristiques des milieux poreux, la première partie de cet enseignement concerne l'établissement des équations de conservation macroscopiques à l'aide d'une technique de prise de moyenne volumique. On montre que la fermeture des équations permet la détermination des propriétés effectives de transport du modèle continu équivalent.

Les équations macroscopiques étant établies, la deuxième partie de cet enseignement est consacrée à l'étude des transferts convectifs de masse et / ou de chaleur en milieu poreux. Les mécanismes de convection forcée, naturelle, externe ou en cavité sont étudiés. Le déclenchement de l'écoulement convectif en situation horizontale est mis en évidence à l'aide d'une étude de stabilité linéaire. Une introduction à la modélisation des transferts au sein de configurations partiellement poreuses est également abordée.

[Retour à la liste](#)

TRANSFORMATION DES ENTREPRISES - CAS DU SECTEUR DES SMART GRIDS

Coordonnateur(s) : Simon Issard (Colombus Consulting)

Intervenant(s) : Simon Issard (Colombus Consulting), Florian Ortega (Colombus Consulting)

Durée : 15h hors contrôle

ECTS : 1.0

Descriptif :

Le secteur de l'énergie et plus particulièrement des réseaux électriques voit une convergence d'évolutions majeures (usages, technologies, réglementations, acteurs) se profiler au sein d'un marché de plus en plus concurrentiel.

Le renforcement de l'ouverture des marchés, le renforcement du rôle des territoires dans les choix d'investissements énergétiques, le développement des énergies intermittentes et décentralisées ainsi que la rupture digitale et ses implications (objets connectés, cyber-sécurité, protection des données) libèrent de nouvelles opportunités favorisées par les smart grids. De nouveaux produits permettant de valoriser les potentiels énergétiques, de nouveaux usages de l'électricité (véhicules électriques, production d'énergies renouvelables, ...) et de nouveaux champs d'activités émergent dans un espace réglementaire en réforme. Les acteurs de la chaîne de valeur de l'électricité se voient contraints à plus d'optimisation de leurs investissements et déploient des objets communicants de plus en plus nombreux.

Cette « transition smart grids » implique de nombreux défis pour les entreprises, et ce sur l'ensemble des dimensions suivantes :

- Positionnement stratégique face à la concurrence : marquer son positionnement tout en adressant de nouvelles activités, trouver les bons modèles économiques, ...

- Business model et offres permettant de rentabiliser des investissements, générer de nouvelles sources de revenus, conserver des parts de marché, ...
- Organisation et opérations, que ce soit en termes de processus ou de compétences, pour apporter de la transversalité (marché, juridique, data, télécommunication, énergie), pour être plus souple et réactif dans les évolutions et les expérimentations et favoriser l'innovation, pour intégrer de nouvelles compétences et de nouveaux talents conjuguant énergie, IT et marché, ...
- Technologiques et normes pour être en capacité de gérer les trajectoires et paliers technologiques avec des cycles longs (infrastructures) et des cycles courts (digital), accommoder cyber-sécurité et protection des données avec un besoin de flexibilité dans les utilisations et les évolutions des produits, ...

Ce cours a pour objectif global d'expliquer les mécanismes de transformation des entreprises vis-à-vis des grands changements en prenant le cas pratique de la transition smart grids, qui sera présentée et analysée au travers de projets et d'expériences concrètes. Ce cours a aussi pour objectif pour les étudiants d'appréhender des méthodologies de conseil (business plan, analyse de risques, dossier de décision) et des techniques de communication nécessaires pour analyser et convaincre des positions à prendre.

La méthode d'évaluation de ce cours reposera sur un cas pratique, réalisé en groupes, visant à imaginer et analyser une transformation d'entreprise via une nouvelle offre smart grids et à la « pitcher » devant un jury tenant place de COMEX.

[Retour à la liste](#)
