

- Formation ECAM LaSalle Ingénieur spécialité Energétique
- Année EEM 5
- Semestre 9
- Transport D'Energies

Transport D'Energies

Données Générales		
Programme Académique	Formation ECAM LaSalle Ingénieur spécialité Energétique	
Type de module : Unité d'Enseignement	Transport D'Energies (LAIEn09UTrEn)	
Crédits (ECTS)	4	
Effectif maximum	160	
Durée totale : 63h00	Periode Semestre 9	Langue d'enseignement : Français
Responsable(s) Module CHOUITER Djamil		

- Formation ECAM LaSalle Ingénieur spécialité Energétique
- Année EEM 5
- Semestre 9
- Transport D'Energies
- Chaîne Gazière

Chaîne Gazière

Données Générales

Programme Académique	Formation ECAM LaSalle Ingénieur spécialité Energétique		
Type d'EC : Cours	Chaîne Gazière (LAIEn09EChaiGa-CHAINE GAZIERE)		
Cours : 12h00 Durée totale: 12h00	Statut Obligatoire	Periode Semestre 9	Langue d'enseignement : Français

Contenu

- o Présentation de la globalité de la filière => production distribution jusqu'au marché, plutôt gaz naturel
- o Objectif de la transition écologique (verdissement du gaz et baisse de conso).
- o Développement des usages mobilités (GNV Gaz naturel véhicule).
- o Contexte du gaz vert : quelles bénéfices et conditions pour le biométhane.
- o Smart gas Grid, contexte générale, compteur gaz communicant
- o Le transport de gaz
- o Carte d'identité de GRTgaz, un acteur régulé
- o Le marché français de gaz
- o Les technologies de production de gaz renouvelable (méthanisation, pyrogazéification, gazéification hydrothermale, power to gas...
- o Les infrastructures gazières en France en 2024 : Stockages, terminaux méthaniers (dont FSRU), réseaux de transport GRTgaz et Terega, réseaux de distribution
- o Sécurité industrielle (étude de dangers – urbanisation autour des ouvrages - les risques spécifiques gaz (pression, inflammation, procédure exploitation)
- o Vision prospective des ouvrages
- o Rôles des infrastructures gazières dans le système énergétique français actuel (pointe, flex, interdépendance gaz/elec)
- o Le transport de gaz, une activité régulée
- o comment adapter les infrastructures aux évolutions de contexte à horizon 2030 et 2050 (baisse des consommations, évolution des usages, accueil des gaz renouvelables, évolution des flux de gaz depuis la crise ukrainienne...)
- o Ingénierie des ouvrages gaziers : construction de pipeline, de station de compression, poste injection de biométhane, poste de rebours, injection de méthane de synthèse (Power to gas dont Jupiter 1000 Pyrogazéification, Gazeification hydrothermale)
- o Technique d'exploitation et de raccordement des nouveaux ouvrages / Opérations en charge sur le réseau
- o Enjeux techniques actuels sur les infra gaz :
- o Réduction des émissions de CH4 pour les transporteurs
- o Sujet qualité gaz (taux O2 par ex)
- o Transport de CH4 versus transport de H2 et CO2 (mélange – conversion d'ouvrage) – modèle économique à construire
- o Exploitation des réseaux de distribution avec visite du site

Prérequis

Esprit ouvert et intérêt pour le monde de l'énergie

Bibliographie

Ressources recommandées :
 Portail national de la Méthanisation (methafrance.fr)
 GRDF - Projet Méthanisation
 Page d'accueil biométhane
 Infometha
 Connect

Évaluation(s)

N°	Nature	Coefficient	Objectifs
1		1	Devoir écrit

- Formation ECAM LaSalle Ingénieur spécialité Energétique
- Année EEM 5
- Semestre 9
- Transport D'Energies
- Filiere Hydrogene

Filiere Hydrogene

Données Générales

Programme Académique	Formation ECAM LaSalle Ingénieur spécialité Energétique		
Type d'EC : Cours	Filiere Hydrogene (LAIEn09EFilHyd)		
Cours : 12h00 Durée totale: 12h00	Statut Obligatoire	Periode Semestre 9	Langue d'enseignement : Français

Contenu

1. Etat actuel de la filière hydrogène et enjeux dans le monde.
2. Production de l'hydrogène
 - Etat des technologies actuelles de production de l'hydrogène, voies chimiques, vaporéformage.
 - Technologies basées sur l'électrolyse.
 - Utilisation directe de l'énergie solaire.
3. Stockage de l'hydrogène
 - Réservoirs sous pression.
 - Stockage sous forme liquide.
 - Utilisation d'hydrures métalliques.
4. Transport de l'hydrogène
5. Conversion de l'hydrogène
 - Production d'électricité par piles à combustible.
 - Utilisation de moteurs thermiques.
 - Conversion en d'autres gaz (méthane, ammoniac) et power to gas (P2G).

Prérequis

- Cours de chimie (S5).
- Cours de thermodynamique (S7).
- Cours de piles à combustibles et convertisseurs associés (S8).

Bibliographie

Ressources recommandées :

Surla, K. (2019). Hydrogène, Techniques de l'Ingénieur, J6368v2.

Dicko, M., Darkrim-Lamari, F., Malbrunot, P. (2013). Combustible hydrogène - Production, Techniques de l'Ingénieur, BE8564v2.

Darkrim-Lamari, F., Malbrunot, P. (2013). Combustible hydrogène - Utilisation, Techniques de l'Ingénieur, BE8566v2.

Gallarda, J. (2001). Liquéfaction de l'hydrogène, Techniques de l'Ingénieur, J3603v1.

Évaluation(s)

N°	Nature	Coefficient	Objectifs
----	--------	-------------	-----------

Évaluation(s)

1	Tous	1	Contrôle de connaissances sur des questions en rapport avec les problématiques liées à l'utilisation de l'hydrogène comme moyen de stockage, de transport et de conversion de l'énergie.
---	------	---	--

- Formation ECAM LaSalle Ingénieur spécialité Energétique
- Année EEM 5
- Semestre 9
- Transport D'Energies
- Pile à Combustible et Convertisseurs Associes

Pile à Combustible et Convertisseurs Associes

Données Générales

Programme Académique	Formation ECAM LaSalle Ingénieur spécialité Energétique		
Type d'EC : Cours	Pile à Combustible et Convertisseurs Associes (LAIEn09EPComb)		
TD : 4h00 Cours : 12h00 Durée totale: 16h00	Statut Obligatoire	Periode Semestre 9	Langue d'enseignement : Français

Contenu

Principe de fonctionnement des piles à combustible

- Principes généraux, piles acides ou alcalines, rôles de l'électrolyte, des catalyseurs, des plaques distributrices.
 - Performances thermodynamiques des piles à combustible et comparaison avec les moteurs thermiques
 - Principaux types de piles à combustible, carburants, températures de fonctionnement, avantages et inconvénients.
- Dimensionnement d'un stack de pile à combustible
- Choix du nombre de cellules.
 - Dimensionnement des alimentations en hydrogène et en air.
 - Gestion de l'eau.

Technologies et fonctionnement des convertisseurs statiques utilisés pour transformer la puissance électrique continue à basse tension et forte intensité produite par une pile en une puissance alternative à 50 Hz et 230 V.

Prérequis

Cours de chimie (S5)
Circuits électriques (S5)
Électrotechnique (S6)

Bibliographie

Ressources recommandées:

- D. Candusso, R. Glises, D. Hissel, J.-M. Kauffmann et M.-C. Pera, "Piles à combustible PEMFC et SOFC - Description et gestion du système", Techniques de l'Ingénieur, BE8595, 2007.
- P. Stevens, F. Novel-Cattin, A. Hammou, C. Lamy et M. Cassir, "Piles à combustible", Techniques de l'Ingénieur, D3340, 2000.
- J. Larminie and A. Dicks, "Fuel Cell Systems Explained", Wiley, 2003.
- J. Zhang (Ed.), PEM Fuel Cell Electrocatalysts and Catalyst Layers: Fundamentals and Applications, Springer, London, 2008
- R. W. Erickson, R. Maksimovic, "Fundamentals of Power Electronics", Second Edition, Springer, 2001

Évaluation(s)

N°	Nature	Coefficient	Objectifs
----	--------	-------------	-----------

Évaluation(s)

1	1, 2, 3 et 4	1	Un examen écrit de 2H. Il s'agit de de pré-dimensionner un stack de pile à combustible (nombre de cellules, taille des différents réservoirs) ainsi que le convertisseur associé, par rapport à une application donnée et en se basant sur une courbe de polarisation connue.
2	5 et 6	1	Examen écrit de 1h. Vérification des connaissances de cours et analyse du fonctionnement d'un convertisseur d'électronique de puissance.

- Formation ECAM LaSalle Ingénieur spécialité Energétique
- Année EEM 5
- Semestre 9
- Transport D'Energies
- Réseau de Distribution Electrique/Chaleur

Reseau de Distribution Electrique/Chaleur

Données Générales

Programme Académique	Formation ECAM LaSalle Ingénieur spécialité Energétique		
Type d'EC : Cours	Reseau de Distribution Electrique/Chaleur (LAIEn09EResDi)		
Cours : 14h00 Durée totale: 14h00	Statut Obligatoire	Periode Semestre 9	Langue d'enseignement : Français

Contenu

Contenu en 3 parties :

1ere partie : les réseaux électriques HTB (RTE)

1. Introduction générale sur le réseau électrique français : acteurs, répartition des rôles, organisation administrative.
2. Technologies de transport HTB (liaisons aériennes, souterraines, poste de transformation...)
3. Effet électromagnétique
4. Optimisation du réseau (automates, stockage et raccordement EnR et interconnexions avec l'étranger)
5. Exemple de projets en cours avec lien vers les compétences électricité / automatisme / résistance des matériaux : cas concret d'un raccordement client 225 kV.

2eme partie : les réseaux électriques BT à HTA (ENEDIS)

1. Rôle et mission d'ENEDIS : Régime concessif / Fonctionnement d'ENEDIS (mode de gouvernance...) /Financement d'ENEDIS (TURPE)
2. Conception des réseaux :
 - 2.A : le poste source : A quoi ça sert / Les liaisons HTB / Les transformateurs / Les rames / Les cellules départs / Le contrôle commande / Les condensateurs (permettant de parler un peu de puissance réactive et active)
 - 2.B : Le réseau HTA : Les différentes structures de réseau (antenne, coupure d'artère, double dérivation) / Les éléments du réseau HTA : ligne aérienne, câble souterrain / Quelques exemples d'équipements du réseau : interrupteur, postes HTA / Problématique de chute de tension et modélisation (simplifiée) des réseaux
 - 2.C : Le réseau BT : Structure / Quelques éléments du réseau BT / Pourquoi il y a un câble de neutre sur le réseau BT
3. Les incidents sur le réseau et la sécurité : Qu'est-ce qu'un court-circuit ?/ Qu'est-ce que la tension de pas ? / Quels sont les différents risques sur le réseau / Comment limiter les risques (Disjoncteur et protections)
4. Les enjeux d'aujourd'hui et de demain : Les énergies renouvelables et les conséquences sur le réseau de distribution / smart grids (notamment le compteur linky)

3eme partie : Les réseaux de chaleur.

- 1- Combustibles du marché : composition chimique, coût, chimie de la combustion, filières de production / distribution, rejets atmosphériques, traitements possibles, rendement, température de combustion.
- 2- Générateurs à flamme et leurs fluides caloporteurs : technologies, constructeurs, usages (niveaux de température et de pression), performance, équipements associés (brûleurs, cheminées, bâches alimentaires, traitement de l'eau), risques industriels et réglementation associés.
- 3- Réseaux de chaleur : conception, exploitation, réglementation, financement des installations (maîtres d'ouvrage, exploitants, délégations de service public), paramètres de performance.

Prérequis

- Cours d'Électrotechnique (S5) et (S6),
- Cours de machines électriques tournantes et convertisseurs associés (S7)
- Cours d'installations électrique basse tension (S8).

Prérequis

- Cours de transferts thermiques (S6)
- Cours de thermodynamique (S7).

Bibliographie

Ressources recommandées :

- Bornard, P., Pavard, M., Testud, G. (2005), Réseaux d'interconnexion et de transport : fonctionnement, Techniques de l'Ingénieur, D 4 091.
- Bornard, P., Pavard, M., Testud, G. (2005), Réseaux d'interconnexion et de transport : réglages et stabilité, Techniques de l'Ingénieur, D 4 091.
- Dimitrescu, I.-S., Minciuc, E. (2015), Réseaux de chaleur - Transport, Techniques de l'Ingénieur, BE 2 170.
- Minciuc, E., Dimitrescu, I.-S. (2015), Réseaux de chaleur - Chauffage urbain, Techniques de l'Ingénieur, BE 2 172.

Évaluation(s)

N°	Nature	Coefficient	Objectifs
1	Tous	1	Contrôle de connaissances sur des questions en rapport avec les problématiques liées à l'utilisation des réseaux de distribution d'électricité et de chaleur. QCM pour la partie électricité (Gérée par M. Carpentier) Question de cours et exercice sur la partie réseau de chaleur (Gérée par T. Martins)

- Formation ECAM LaSalle Ingénieur spécialité Energétique
- Année EEM 5
- Semestre 9
- Transport D'Energies
- Smart Grid

Smart Grid

Données Générales

Programme Académique	Formation ECAM LaSalle Ingénieur spécialité Energétique		
Type d'EC : Cours	Smart Grid (LAIEn09ESmGr)		
TD : 14h00 Durée totale: 14h00	Statut Obligatoire	Periode Semestre 9	Langue d'enseignement : Français

Contenu

Partie 1 : Smartgrid (Enedis)
Intro
Enjeux Data (linky)
Raccordement EnR
Mobilité électrique
Démonstrateur de projet réel

Partie 2 : Microgrid (Schneider Electric)
Tendance énergétique
Concept d microgrid
Marché du microgrid
Technologies et services
Consommation
Projets appliqués
Mise en situation professionnelle

Prérequis

- Cours d'électrotechnique (S5) et (S6)
- Cours de machines électriques tournantes et convertisseurs associés (S7)
- Cours d'installations électrique basse tension (S8).

Bibliographie

Ressources recommandées :
- Ferretti, A. (2015). "Smart grids" : Les réseaux et compteurs d'électricité "intelligents." Presses Academiques Francophones.
?

Évaluation(s)

N°	Nature	Coefficient	Objectifs
----	--------	-------------	-----------

Évaluation(s)

1	Tous	1	Contrôle de connaissances sur des questions en rapport avec les problématiques actuelles liées aux smart grids.
---	------	---	---