ECOLE DES MINES DE PARIS

MASTÈRE OSE

SPÉCIALISÉ EN INGÉNIERIE ET GESTION DE L'ENERGIE

PRÉSENTATION DES THÈSES PROFESSIONNELLES DE LA PROMOTION 2002

SOPHIA ANTIPOLIS - SEPTEMBRE 2003

EDHEC BUSINESS SCHOOL Lille - Nice

CREDEN

OSE Optimisation des Systèmes Energétiques

Le Mastère Spécialisé en Ingénierie et Gestion de l'Energie est organisé par le groupe de recherche en "Optimisation des Systèmes Energétiques" (OSE) de l'Ecole des Mines de Paris en partenariat avec l'Ecole De Hautes Etudes Commerciales du Nord (EDHEC) et le Centre de Recherche en Economie et Droit de l'Energie (CREDEN) de la faculté des Sciences Economiques de Montpellier.

Il s'agit d'une formation d'un an accréditée par la Conférence des Grandes Ecoles et principalement destinée aux ingénieurs et cadres (jeunes diplômés ou expérimentés).

Face aux changements de la donne énergétique et des règles de concurrence, les professionnels du secteur prennent conscience qu'il ne faut pas simplement faire évoluer les mentalités mais qu'il faut également envisager une transformation de leur métier. Quelle est cette nouvelle donne ?

HIER	**DEMAIN**
Culture mono-énergétique	Diversification des ressources et généralisation de technologies nouvelles
Monopoles	Déréglementation et ouverture à la concurrence
Principe de spécialité	Offre multiénergie et multiservice
Absence de préoccupations environnementales	Nécessité de réduction des émissions polluantes (engagements de Kyoto)
Planification	Gestion de projets

Ce mastère forme des ingénieurs spécialisés aptes à répondre aux exigences de ce nouveau contexte. Au cours d'une année d'immersion dans le monde de l'énergie, ils acquièrent les compétences techniques, économiques et juridiques nécessaires pour imaginer et mettre en œuvre des projets énergétiques :

- intégrant les nouvelles technologies et tenant compte de la diversification de l'offre,
- utilisant rationnellement l'énergie,
- prenant en compte les nouvelles dispositions légales en matière d'environnement et de déréglementation des marchés,
- respectant un certain nombre de critères (coûts, pollution, rendement, ...) en termes d'optima.

Après les 6 mois de mission professionnelle effectués chez le partenaire industriel ou institutionnel, les élèves du Mastère OSE achèvent leur formation par la soutenance orale de leur thèse professionnelle. Ces présentations ont lieu à l'Ecole des Mines de Paris sur son site de Sophia Antipolis.

Mastère OSE
Ecole des Mines de Paris
rue Claude Daunesse - BP 207
06904 Sophia Antipolis Cedex

Tel : 04 92 38 79 63 Fax : 04 92 38 50 47 ou Tel / Fax 04 93 95 74 46

ose@cenerg.cma.fr **http://www.ose.cma.fr**

Planning des soutenances des thèses professionnelles du Mastère OSE Spécialisé en Ingénierie et Gestion de l'Energie

Ecole des Mines de Paris
Rue Claude Daunesse BP 207
06904 SOPHIA ANTIPOLIS Cedex

Amphithéâtre Léonard de Vinci

Mercredi 24 Septembre 2003

8h30
Lucian BALEA *Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME – Sophia Antipolis)*
Analyse des conditions techniques et économiques permettant le développement de l'énergie éolienne dans le nouveau système électrique

9h00
Cédric GRANGE *Gaz De France / Ademe / Ceram*
Innovation et énergie

9h30
Raphaël GROLLEMUND *Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME – Sophia Antipolis)*
Développement d'une démarche écocritères-énergie sur les systèmes de transmission de données

10h00 : Pause

10h30
Florent CARRIERE *COFATHEC / Gaz De France*
Étude économique de la filière bois en Corse et plan de développement de la filière

11h00
Claire COUINET *POWEO*
Analyse des courbes de charge d'un client

11h30
Rémy FLANDIN *ALSTOM T&D*
Production d'électricité en milieu industriel dans un marché dérégulé

12h00 : Déjeuner

14h00
Frédéric GAL *Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME – Paris)*
Évaluation des économies « CO2 » des projets d'efficacité énergétique soutenus par l'ADEME.

14h30
Mickaël SUCHANEK *Air Liquide (Jouy-en-Josas)*
Contrôle optimal d'un four industriel

15h00
Daniel BOURDIN *EDF (Site des Renardières- Moret sur Loing)*
Analyse technico-économique de filières : cas de l'hydrogène

15h30 : Pause

16h00
Gilles GRIESMAR *Sollac Méditerranée (Fos/Mer)*
Réconciliation de données pour la gestion de l'énergie au sein d'un site sidérurgique.

16h30
Stéphane TCHUNG-MING *Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME)*
Conception et réalisation d'outils statistiques visant à définir et caractériser des classes d'usagers de l'électricité sur une zone géographique donnée

17h00
Benoît JEANNE *Gaz De France / ADEME Sophia*
Simulation du comportement d'un opérateur fournisseur d'électricité devant arbitrer sa fourniture entre un parc de production distribuée implanté sur une zone étendue et un marché d'approvisionnement.

17h30
Anastasia BENOU *ARIA Technologies / Cenerg*
Prédiction de la ressource éolienne

18h00 : Fin de la première journée

Jeudi 25 Septembre 2003

8h00
Sonia GARCIA DEL CERRO *Air Liquide (Boulogne Billancourt)*
Analyse du marché énergétique français et valorisation des actifs de production dans le nouveau contexte énergétique à l'aide de solutions informatiques avancées.

8h30
Jean LEMAIRE *TOTAL*
Analyse technique et économique des projets éoliens offshore

9h00
Nicolas LOPEZ *SHELL*
Faisabilité d'une cogénération sur le site de l'étang de Berre

9h30 : Pause

10h00 : Comité de Pilotage du Mastère OSE

- Point sur le Mastère et sur la promotion 2002.
- Présentation de la promotion 2003 et de ses parrains.
- Retour d'expérience d'anciens élèves du Mastère OSE.
- Formation continue

- **Conférence** : "la déréglementation des marchés de l'énergie"
  par **J. Percebois** du Centre de Recherche en Économie et Droit de l'Énergie (CREDEN) de la Faculté des Sciences Économiques de Montpellier.

- **Conférence** : "La prospective énergétique"
  par P.R. Bauquis de Total

M. Lucian BALEA

Polytechnique

lucian.balea@ose.cma.fr

Mission : ADEME

Responsable industriel : Éric PEIRANO

Analyse des conditions techniques et économiques permettant le développement de l'énergie éolienne dans le nouveau système électrique

L'énergie éolienne se distingue des autres filières de production d'électricité par une forte volatilité : les fluctuations de puissance sont amples, rapides et difficilement prévisibles. Cette volatilité, importante pour un site isolé, doit logiquement diminuer lorsque l'on considère un ensemble de parcs dispersés et soumis à des régimes de vent partiellement ou totalement décorrélés. C'est ce que l'on appelle le foisonnement de la production éolienne.

Afin d'étudier le foisonnement à l'échelle de la France, la production éolienne à moyen/long terme a été simulée à partir de vitesses de vent horaires, mesurées sur une période de trois ans. Dans un premier temps, cette simulation nous a permis d'évaluer quelques propriétés statistiques telles que la puissance éolienne garantie, l'amplitude des fluctuations et les corrélations avec les besoins en électricité. Dans un second temps, l'étude s'est intéressée aux conséquences des productions obtenues par simulation sur le maintien de l'équilibre du système électrique. Étant donnée la complexité du problème, ce travail s'est limité à des considérations qualitatives sur les filières auxquelles doit se substituer l'énergie éolienne et sur les besoins en réserves de production supplémentaires qu'entraînera le développement de l'éolien.

Mots-clés : développement de l'éolien en France, foisonnement, puissance garantie, aléa éolien,équilibre du réseau, intégration de l'énergie éolienne

M. Cédric GRANGE

Ecole Normale Supérieure de Paris

cedric.grange@ose.cma.fr

Mission : Gaz De France / ADEME / CERAM

Responsables industriels : Valérie BLANCHOT-COURTOIS
Marc CASAMASSIMA

Innovation et énergie

Le secteur européen de l'énergie subit actuellement une mutation majeure sous l'effet conjugué d'évolutions politiques, technologiques, économiques, et sociales : la déréglementation permet à de nouveaux entrants de prendre des parts de marché sur l'ensemble de la chaîne énergétique, de nouvelles technologies proposent des systèmes innovants susceptibles de concurrencer à terme les techniques historiques, les contraintes environnementales, toujours plus fortes, amènent les acteurs du secteur énergétique à envisager une évolution des méthodes de production et des habitudes de consommation.

Partant de ce constat, Gaz de France, en partenariat avec l'ADEME, le CERAM Sophia-Antipolis et l'École des Mines de Paris, a souhaité lancer une réflexion sur l'opportunité de la création d'un cluster - système d'innovation - autour de l'énergie sur la technopole de Sophia Antipolis.

Analysant les politiques énergétiques européenne, nationale et régionale, identifiant les acteurs de l'énergie sur la technopole et en région PACA, ainsi que les pôles de compétence énergie en France, sans oublier les domaines de l'énergie à fort potentiel de croissance, l'étude montre que le couplage de l'énergie et des technologies de l'information et de la communication pour une utilisation rationnelle de l'énergie et une énergie durable représente une réelle opportunité de développement pour la technopole de Sophia Antipolis.

Mots-clés: Sophia Antipolis, cluster, déréglementation, innovation, énergie, développement durable, TIC

M. Raphaël GROLLEMUND

INSA Lyon
raphael.grollemund@ose.cma.fr

Mission : ADEME
Responsable industriel : Alain ANGLADE

Développement d'une démarche écocritères-énergie sur les systèmes de transmission de données

Une solution pour réduire nos émissions de gaz carbonique et atteindre ainsi les objectifs fixés par le protocole de Kyoto, est la maîtrise de l'énergie. Parmi tous les secteurs d'activité où il est possible de faire des économies d'énergie, l'un est peu connu : celui des technologies de l'information et des télécommunications. Nous pouvons constater, en effet qu'avec le développement récent de l'Internet résidentiel, et du téléphone mobile, de plus en plus de matériels électroniques sont aujourd'hui nécessaires pour faire face à cette explosion de trafic de données. Tous ces équipements supplémentaires risquent de représenter à court terme une part importante de la consommation totale d'électricité.
Il est donc devenu important de mieux connaître la responsabilité énergétique des TIC, d'anticiper les technologies futures et celles qui seront amenées à se développer, et de déterminer les potentiels d'économie d'énergie.
Il existe aujourd'hui de multiples moyens de transmettre des données. Les technologies émergentes ou ayant des particularités concernant leur consommation énergétique sont analysées: l'Internet Haut débit via l'ADSL, les réseaux de téléphonie mobile, la diffusion hertzienne et les centres de serveurs.

Mots-clés : efficacité énergétique, TIC, ADSL, GSM, centre de données, UMTS, TNT, serveur.

M. Florent CARRIERE

EPF

florent.carriere@ose.cma.fr

Mission : COFATHEC / GAZ DE FRANCE
Responsables industriels : Jean MARTIN, Philippe RIGHETTI
Anne-Yvonne MARCHAL, Olivier PICHAYROU

Etude économique de la filière bois énergie en Corse et plan de développement de la filière

La Société d'Economie Mixte Corse Bois Energie qui assure la fourniture en combustible bois propre aux chaufferies de l'île (11000 tonnes par an) cherche de nouvelles sources locales d'approvisionnement. Le gisement en bois déchet propre des entreprises valorisable en Corse s'élève à 9000 tonnes par an essentiellement autour d'Ajaccio et de Bastia.
Le travail réalisé consiste en une proposition chiffrée d'organisation d'une filière bois énergie déchet en Corse, pour cela il a fallu déterminer :

- Le potentiel en bois déchet des entreprises sur l'île ainsi que la répartition géographique des zones de production ;
- Les besoins en terme de collecte ; plusieurs options étant envisagées : le nombre de bennes à déposer par zone, le choix du matériel (volume des bennes, type de véhicules, …), la fréquence d'enlèvement des bennes, les besoins humains ;
- Le lieu du centre de broyage des déchets : deux implantations étaient possibles, il a fallu déterminer la plus intéressante afin d'optimiser les coûts de la collecte (temps et distance) ;
- L'investissement initial en matériel et un budget de fonctionnement ;
- La réglementation et les autorisations à obtenir.

Mots clés : Bois énergie, valorisation, bois déchet, emballage, DIB, collecte, approvisionnement, transport, Corse.

Mlle. Claire COUINET

ENSEEIHT

claire.couinet@ose.cma.fr

Mission : POWEO
Responsable industriel : Antoine de ROCHEFORT

Analyse des courbes de charge d'un client

Avec la libéralisation du marché de l'électricité, il est possible à présent pour les grands consommateurs de choisir leur fournisseur d'électricité. POWEO, premier fournisseur français indépendant, est responsable d'équilibre. A ce titre, les écarts constatés entre l'énergie injectée et soutirée sur le réseau lui sont facturés par le réseau de transport. C'est pourquoi, la prévision de consommation est un élément clé pour en diminuer les coûts :

- A long terme, on parle de stratégie d'approvisionnement : la prévision permet de définir la consommation annuelle du portefeuille de clients et donc de déterminer la quantité d'électricité à acheter sur le marché de gros.
- A court terme, on parle d'optimisation de l'approvisionnement : on ajuste la prévision jusqu'à J-1 en prenant en compte par exemple les aléas climatiques.

La mission a permis de réaliser un logiciel de prévision qui utilise les données historiques du client (relevé de puissances toutes les 10 minutes) en intégrant les informations spécifiques de la société (planning, installations électriques tels que le chauffage ou la climatisation). Le logiciel fournit une courbe de référence filtrée des aléas à court terme et une analyse spécifique des aléas de consommation.
L'analyse de l'historique de consommation est reprise dans l'outil de pricing de POWEO pour déterminer le risque associé à la façon de consommer du client.

Mots-clés : Fournisseur d'électricité, prévision de consommation, POWEO, logiciel de prévision, courbe de charge, mécanisme d'ajustement, responsable d'équilibre, stratégie d'approvisionnement.

M. Rémy FLANDIN

ECAM

remy.flandin@ose.cma.fr

Mission : ALSTOM
Responsable industriel : Jean-Pierre MURATET

Production d'électricité en milieu industriel dans un marché dérégulé

La première partie de la thèse professionnelle correspond à une étude faite pour le CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique). Le centre de Cadarache est chargé d'un projet de réacteur nucléaire naval expérimental. Il représenterait assez de puissance pour permettre la valorisation de la vapeur produite en chaleur et en électricité. Le CEA a fait appel à Alstom pour l'étude de faisabilité technique. La mission effectuée dans le cadre de la thèse correspond à la partie technico-économique de l'étude et à l'aide à la décision d'investissement.

La seconde partie de la mission a permis d'ouvrir la précédente étude sur la problématique plus globale de la production d'électricité en milieu industriel. Si la dérégulation multiplie les degrés de liberté concernant la gestion de l'énergie, on peut se demander à quel point elle favorise la production industrielle d'électricité. Cette étude présente l'environnement énergétique d'un industriel et les bases techniques et économiques nécessaires à une décision d'investissement.

Un premier document technique a été réalisé pour synthétiser les technologies de productions matures ou nouvelles de plus de 10 MW. Il se limite aux technologies à base de turbine (turbine vapeur associée à une chaudière ou à un lit fluidisé, turbine à gaz en cycle simple ou combiné, cogénération et nouveaux processus de gazéification et/ou utilisant un lit pressurisé).

Un second document analyse le contexte économique de la production. Les principes de la dérégulation sont expliqués pour montrer la dynamique actuelle. Pour comprendre la valeur associée à l'électricité dans ce contexte, les mécanismes du nouveau marché sont présentés, et en particulier le marché spot établissant le prix de référence. Il est centré sur l'Europe et plus particulièrement la France.

Enfin, la différence entre la production centralisée et décentralisée est montrée à travers la comparaison du prix du marché spot et du coût de production. On montre les approches différentes entre une installation dispatchable produisant en fonction du marché spot et une installation non-dispatchable adossée à un process industriel. Une ouverture est faite sur les bénéfices d'une production décentralisée sur un lieu de consommation.

Mots clés : production décentralisée, marché dérégulé, marché spot, décision d'investissement

M. Frédéric GAL

ENS Cachan

frederic.gal@ose.cma.fr

Mission : ADEME
Responsable industriel: Boris BAILLY

Évaluation des économies « CO2 » des projets d'efficacité énergétique soutenus par l'ADEME.

L'ADEME met en œuvre des évaluations individualisées de projets et d'opérations aidées, qu'elle finance. L'évaluation des bénéfices en termes d'effet de serre devient une nécessité pour l'Agence comme « prolongation » des évaluations plus classiques relatives aux gains énergétiques ou économiques.
On définit le gain « effet de serre » comme le solde, entre le niveau d'émissions issues du projet, et une situation dite « de référence »(1), situation définie sur la base de « ce qui se serait passé naturellement » pour produire le même service.
L'étude et l'analyse de deux cas pratiques (gestion de déchets par méthanisation et une substitution d'énergie bois - fioul sur un réseau de chaleur) a permis de mettre en exergue les difficultés, le coût et les problèmes généraux du calcul de la baseline. On constate en particulier des écarts très importants de gains CO2 en fonction des hypothèses (périmètre, scénarios alternatifs…) retenues.
A partir de ces éléments, une série de recommandations a été établie pour améliorer ce type de calcul au sein de l'ADEME.

(1)La baseline pour les activités du projet CDM est le scénario raisonnable qui représente les émissions anthropiques par sources de gaz à effet de serre qui peut arriver en l'absence des activités proposées par le projet (Decision 15/CP.7, « Principles, nature and scope of the mechanisms pursuant to Articles 6, 12 and 17 of the Kyoto Protocol »)

Mots clés : Kyoto, gain CO2, baseline, effet de serre.

M. Mickaël SUCHANEK

ESSTIN

mickael.suchanek@ose.cma.fr

Mission : AIR LIQUIDE
Responsable industriel : Youcef JOUMANI

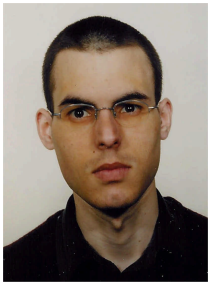
Contrôle optimal d'un four industriel

Les fours de l'industrie métallurgique et notamment les fours de réchauffage de l'acier, sont des installations de grande taille qui présentent d'importantes consommations énergétiques. La production totale d'acier s'élève à plus de 20 Mt en France et à environ 850 Mt dans le monde (2001). La plupart des aciers dits plats (brames, billettes) subissent un réchauffage avant l'opération de laminage. L'enjeu en terme de consommation énergétique est par conséquent très important.

La gestion des transitoires tels que les phases de démarrage ou d'arrêt de production, les changements de cadence ou encore de nuance d'acier sont des phénomènes complexes et énergivores. Les moyens de contrôle et de prédiction sont aujourd'hui insuffisants notamment lorsqu'il s'agit de gestion de procédés dynamiques.
Le but de cette étude est double : il s'agit, dans un premier temps de modéliser le comportement d'une telle installation en régime transitoire, cela signifie être capable de prédire l'évolution des températures au sein du four si un aléa de production intervenait (phase d'arrêt ou de démarrage de production, changement de cadence, …). Dans un second temps, l'objectif est de réduire la consommation en combustible en mettant en place une méthode d'optimisation dynamique de la consommation de l'installation.

Pour résumer, cette étude a pour objectif d'offrir aux clients d'AIR LIQUIDE dans le domaine des fours industriels des modèles physiques représentatifs ainsi qu'un outil de contrôle et d'optimisation permettant de diminuer la facture énergétique tout en conservant une grande qualité de produit.

Mots clés : Fours industriels, transferts thermiques, contrôle optimal, optimisation de la consommation énergétique



M. Daniel BOURDIN

ENSEEG

daniel.bourdin@ose.cma.fr

Mission : EDF

Responsables industriels : Pierre LAFORGUE, Paul BAUDRY

Analyse technico-économique de filières : cas de l'hydrogène

L'utilisation de l'hydrogène en tant que vecteur énergétique n'est pas une solution innovante comme en atteste sa première utilisation en 1839. Année, où Sir William Grove mis au point la première pile à combustible. L'hydrogène est donc loin d'être un thème nouveau !

Cependant, depuis quelques années, l'hydrogène-énergie connaît un regain d'intérêt. Celui-ci, est dû principalement à des contraintes géopolitiques (liées à la raréfaction et concentration des réserves d'énergies fossiles) et environnementales qui se font toujours plus présentes sur nos systèmes énergétiques actuels. Des alternatives énergétiques doivent donc être envisagées sur le long-terme afin de répondre à ces différentes problématiques.

L'hydrogène-énergie est avancé comme étant une des réponses plausibles. Quelle est la part du mythe et celle de la réalité ? La vision de Rifkin d'une « économie hydrogène » est-elle vraiment crédible ? C'est dans ce contexte qu'EDF développe depuis quelques mois une approche systémique des différentes filières de l'hydrogène-énergie afin de juger de la pertinence et cohérence d'un mixe énergétique incluant l'hydrogène.

La présente thèse professionnelle s'inscrit pleinement dans cette démarche initiée par EDF. Dès lors, l'objectif de cette mission est de contribuer à l'état de l'art de plusieurs problématiques liées aux filières énergétiques utilisant l'H2.

Lors de ce travail, les différents thèmes qui ont été abordés concernent les voies de production d'H2 par chaleur nucléaire et par électrolyse, les infrastructures de transport de l'H2, et enfin, une étude exploratrice sur la problématique « H2 et Exergie ».

Ces différents documents mettent en évidence les caractéristiques de chaque thématique avec une attention particulière sur leurs différents verrous technologiques et limites.

Finalement, les résultats de cette thèse professionnelle contribuent à apporter des premiers éléments de réflexion en vue d'une évaluation technico-économique détaillée des filières H2.

Mots clés: Hydrogène, chaleur nucléaire, électrolyse, infrastructure de transport H2, exergie, filières énergétiques

M. Gilles GRIESMAR

ESIM

gilles.griesmar@ose.cma.fr

Mission : SOLLAC Méditerranée

Responsables industriels : Philippe DOMINI, Daniel CAZABAN

Réconciliation de données pour la gestion de l'énergie au sein d'un site sidérurgique

Les mesures recueillies au sein d'un process usine complexe sont souvent nombreuses et difficiles à traiter de manière cohérente. Une simple erreur de mesure (capteur défaillant, biais systématique, erreur de recopie,…) suffit à fausser le bilan énergétique et matière. Il faut donc vérifier l'exactitude de toutes les mesures alors que seul un nombre restreint de données sont mal évaluées. Comment modifier alors un ensemble de mesures de manière à retomber sur un bilan physique cohérent ?

La réconciliation de données permet cette opération mathématique en prenant en compte d'une part le schéma procédé de l'usine et d'autre part en rassemblant l'ensemble des mesures nécessaires ainsi que les informations issues du retour d'expérience sur celles-ci.

Cette technique mathématique est basée sur l'optimisation d'une fonction non linéaire (quadratique) sous contraintes égalité (équations bilan du process) et inégalité (limites du process). Elle met en évidence la plupart des grosses erreurs ainsi que les capteurs défaillants en supposant que les erreurs de mesures suivent une incertitude gaussienne.

Ce type de logiciel a été mis en place à SOLLAC Fos sous le nom de LAURA. Il autorise un traitement rapide de plusieurs milliers de données process et fournit les données réconciliées sur les réseaux traités.

Mots clés: mesures, process, erreur, capteur, bilan matière et énergie, réconciliation de données, optimisation non linéaire sous contraintes égalité et inégalité, données réconciliées.

M. Stéphane TCHUNG-MING

Mines de Saint-Etienne

stéphane.tchung-ming@ose.cma.fr

Mission : ADEME
Responsable industriel : Dominique FOURTUNE

Conception et réalisation d'outils statistiques visant à définir et caractériser des classes d'usagers de l'électricité sur une zone géographique donnée

Cette étude compare deux approches de segmentation de la clientèle électrique – une phase essentielle à un projet de Maîtrise de la Demande d'Électricité – à partir des courbes de charge. Un principe classique d'identification des profils types d'une population comprend une enquête sur les équipements ; les foyers de fournitures semblables sont alors arbitrairement regroupés. On évalue ici la pertinence d'une seconde méthode, purement statistique, basée sur une sélection aléatoire du panel de départ et une classification sur les seuls profils de charge. Ce procédé permet de synthétiser au mieux le comportement des clients d'un bassin géographique, en terme de demande électrique globale. Cependant, il s'avère moins performant en regard des taux d'équipement. Dans un contexte de montage de projet MDE, l'approche par les équipements semble donc plus opérationnelle. Enfin, une méthodologie simple d'étude d'un ensemble de courbes de charge, basée sur des outils de statistique descriptive, est présentée.

Mots clés : Maîtrise de la Demande d'Électricité, Segmentation, Courbe de Charge, Statistiques Descriptives, Classification Automatique.

M. Benoît JEANNE

ESPCI

benoit.jeanne@ose.cma.fr

Mission : GAZ DE France / ADEME
Responsables industriels : Guillaume LEHEC, Manuel BONNIER
Frédéric ROSENSTEIN

Simulation du comportement d'un opérateur fournisseur d'électricité devant arbitrer sa fourniture entre un parc de production distribuée implanté sur une zone étendue et un marché d'approvisionnement

L'objectif du stage est de simuler le comportement d'un fournisseur d'électricité et de chaleur sur un territoire sous contraintes arbitrant sa fourniture entre un parc de production distribuée et un marché d'approvisionnement (bourse de l'électricité, marché forward ou actifs de production centralisés).

L'étude réalisée a abouti à la création d'un modèle qui comprend :

- des calculs d'optimisation du dimensionnement et de l'exploitation d'un parc de production distribuée en fonction de différents paramètres (une trentaine) dont :
  - le nombre de clients de l'opérateur,
  - les consommations électriques et thermiques des clients,
  - le prix du combustible,
  - le prix de l'électricité,
  - le prix moyen d'offres à la hausse retenues sur le mécanisme d'ajustement,
  - le prix moyen des écarts négatifs,
  - le coût de la tonne de carbone,
  - le coût de renforcement du réseau …
- le calcul d'un bilan financier (l'investissement est-il rentabilisé ?) et d'un bilan environnemental (la cogénération permet-elle des gains d'émissions polluantes et des économies d'énergie primaire ?). Ces bilans dépendent aussi de la valeur donnée aux paramètres.

Tous ces calculs ne peuvent se faire sans programmation, qui n'a malheureusement pas eu le temps d'être faite (prévue par la suite). L'influence des différents paramètres a tout de même été étudiée sur un cas simple (un moteur à gaz installé sur un hôpital). Des premiers résultats ont été tirés de ces calculs effectués sous le calculateur Excel de Microsoft :

- l'investissement du moteur peut être rentabilisé dans des conditions réalistes à moyen/long terme,
- l'influence du prix du gaz, du prix moyen de l'électricité, de l'ajustement et du prix de la tonne de carbone sur la VAN du projet a été étudiée et a permis d'estimer dans quels scénarios la production distribuée apporterait un réel avantage financier à un fournisseur d'énergie par rapport à ses concurrents.
- les économies d'énergie primaire et d'émissions de gaz carbonique atteignent 18% dans les conditions de l'étude comparée au bilan environnemental d'une centrale à gaz à cycle combinée.

Mots clés : cogénération, fournisseur, électricité, chaleur, rentabilité, bilan environnemental

Mlle Anastasia BENOU

NTUA Athènes

anastasia.benou@ose.cma.fr

Mission : ARIA Technologies / CENERG

Responsables industriels Renaud CHEVALLAZ-PERRIER
Georges KARINIOTAKIS

Prédiction de la ressource éolienne

Mon stage de six mois en «Prévision d'énergie éolienne» effectué conjointement au sein de l'entreprise ARIA Technologies et l'Ecole des Mines de Paris a consisté à participer à l'élaboration du projet européen «ANEMOS» – Développement d'un système de prévision de ressources éoliennes de nouvelle génération pour l'intégration en grande-échelle des fermes éoliennes onshore et offshore.
En première étape, le prototype de la base des données est développé. La base de données est structurée par rapport aux besoins des utilisateurs et les restrictions des développeurs des modèles. Le shell ANEMOS contiendra les modèles de prévision déjà développés et des autres qui vont être développés pendant le projet.
En outre, ARIA Wind devra être appliqué pour plusieurs études de cas dans le cadre du projet ANEMOS. La comparaison des résultats d'énergie éolienne productible pour la ferme éolienne par heure avec les données historiques correspondants est le but de cette étude. D'abord, les données d'entrée de chaque ferme éolienne sont récupérées pour les calculs ARIA Wind. Ensuite, le logiciel est utilisé pour les calculs horaires de la vitesse de vent à chaque turbine. Ces résultats sont transformés automatiquement en énergie totale productible de la ferme éolienne pour être comparable avec les données historiques. Pendant mon stage, le site de Golagh a été étudié. ARIA Wind a été appliqué sur une période de test pour étudier la performance de l'outil à l'aide de diagrammes présentant une comparaison des prévisions et les données historiques. Après l'optimisation de la performance du logiciel, ARIA Wind sera appliqué à la période de validation et les résultats seront analysés en utilisant une méthode statistique.

Mots-clés: Projet ANEMOS, modélisation de prévision éolienne, base de données, ARIA Wind, comparaison prévisions – données historiques.

Mlle. Sonia GARCIA DEL CERRO

UC Madrid, ENSIACET
sonia.garcia_del_cerro@ose.cma.fr

Mission : AIR LIQUIDE

Responsables industriels : Séverine PICARD, Boris PACHANY

Analyse du marché énergétique français et valorisation des actifs de production dans le nouveau contexte énergétique à l'aide de solutions informatiques avancées.

Air Liquide VSD a mis en place une solution d'optimisation du plan de production chez un hydroélectricien canadien. Le projet répond à un nouveau besoin de valorisation de production sur un ensemble de marchés libéralisés.
La solution indique la stratégie de production à suivre à court et à plus long terme, pour saisir les opportunités de marché, tout en prenant en compte les apports en eau attendus dans les réservoirs et les contraintes opérationnelles et environnementales à respecter.
Ma première mission a été de participer à la formalisation mathématique du problème. Dans la dernière phase j'ai réalisé des tests divers du logiciel (basé sur l'optimisation sous contraintes non linéaire) avant son déploiement.

L'entité chargée des Achats d'Energie pour le groupe Air Liquide souhaite avoir une visibilité sur les prix du marché de l'électricité Powernext. J'ai travaillé en collaboration avec cette entité dans le cadre de deux missions différentes :

- Etude du marché : analyse du comportement du marché, paramètres pouvant influencer les prix, tendances
- Elaboration d'un modèle de prédiction des prix, basé sur des modèles statistiques intégrant des facteurs explicatifs (Température, Demande...).

Air Liquide VSD a déployé en 2002 un système de supervision temps réel de l'ensemble des sites de production Air Liquide en France et au Benelux afin d'augmenter la performance industrielle: améliorer la gestion des opérations, garantir une disponibilité maximale des équipements, permettre une optimisation multi-sites ..
Dans la troisième partie de mon stage j'ai été chargée de l'accompagnement d'un site d'Air Liquide dans la prise en main du système informatique de supervision.
J'ai travaillé sur la configuration des variables suivies et archivées, la définition et la configuration des écrans de supervision, la formation du personnel sur site et la prise en compte de leurs nouveaux besoins.

Mots clés : Optimisation multi-sites, hydroélectricité, analyse marché électrique, prédiction prix spot, supervision temps réel.

M. Jean LEMAIRE

Mines de DOUAI

jean.lemaire@ose.cma.fr

Mission : TOTAL

Responsable industriel : Jean-François RENAULT

Analyse technique et économique des projets éoliens offshore

A côté de développements onshore significatifs à travers l'Europe, la filière éolienne semble également s'orienter depuis quelque temps vers un développement offshore de grande ampleur. Dans ce contexte, le groupe Total explore depuis quelques années déjà la possibilité de construire et opérer des parcs éoliens offshore.
La mission fait suite à l'aboutissement de nombreuses études techniques pour différents sites offshore du groupe et précède le lancement d'appels d'offres importants par les autorités françaises et britanniques, pour la réalisation de projets éoliens en mer.
L'étude constitue une synthèse des connaissances acquises à ce jour par le groupe dans le but de comprendre les fondamentaux techniques et économiques de l'éolien offshore et d'en évaluer la faisabilité et la viabilité industrielles. Elle doit fournir des éléments de réflexion et de support à la définition d'une stratégie d'approche des appels d'offres.
Dans un premier temps, le travail a consisté en une immersion dans les dossiers techniques projet, afin de comprendre la problématique du développement éolien offshore. Ensuite j'ai pu prendre part aux réflexions sur l'optimisation de l'architecture technique des projets et à la construction des estimations de coûts.
La démarche a enfin consisté à rassembler, pour chaque projet, les données sur le montant de l'investissement, les coûts opératoires et le productible, et à effectuer le calcul économique afin d'évaluer la rentabilité de chaque développement.
Parallèlement à ces études, j'ai été amené à assister le directeur des projets dans la préparation des dossiers techniques d'appel d'offres, l'analyse et le dépouillement des réponses à ces appels d'offres, de manière à intégrer en permanence une information fiable et mise à jour concernant les aspects techniques et économiques des projets. J'ai également eu de nombreux échanges avec les économistes du groupe ainsi que les consultants chargés de l'évaluation du productible éolien.
Une étude passionnante, aux multiples facettes et qui m'a permis d'être au fait de la problématique du développement éolien offshore.

Mots clés : éolien, offshore, appel d'offres, faisabilité industrielle

M. Nicolas LOPEZ

Mines de Saint-Etienne

nicolas.lopez@ose.cma.fr

Mission : SHELL

Responsables industriels : Bernard QUENIS, Michel GRIMAUD

Faisabilité d'une cogénération sur le site de l'étang de Berre

Les doutes passés concernant le devenir de la raffinerie et le développement des normes environnementales amènent le site à investir dans les années à venir pour remettre à niveau les unités de production vapeur de la partie raffinerie. C'est pourquoi dans un contexte fortement incertain : déréglementation des industries électriques et gazières, introduction des futurs permis d'émission, et bien sûr les cours du brut; le service des utilités du site a décidé d'étudier la faisabilité d'une unité de cogénération turbine à gaz.

Ces installations, plus coûteuses que le simple revamp des chaudières existantes, permettront de produire de la chaleur, sous forme de vapeur, mais également de l'électricité, éléments indispensables à l'industrie pétrochimique.

L'objectif de cette étude est de déterminer à plus ou moins 20% l'investissement financier d'un tel projet. Elle s'étend de l'analyse des besoins jusqu'à l'analyse de rentabilité. Elle peut se décomposer en trois parties :

Mise en place des bilans (Analyse des besoins, sécurité d'approvisionnement…)
Choix technologique (Puissance, combustibles, intégration…)
Étude de rentabilité (Scénarii énergétiques gaz électricité pétrole, consommations…)

Mots clés : cogénération, faisabilité technico-économique, énergie, industrie pétrochimique.