

# **MASTERE OSE**

## SPECIALISE EN INGENIERIE ET GESTION DE L'ENERGIE

# PRESENTATION DES THESES PROFESSIONNELLES DE LA PROMOTION 2003



# **SOPHIA ANTIPOLIS - SEPTEMBRE 2004**







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 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

# 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

Lundi 27 Septembre 2004

	Bruno DUPLESSIS	ADEME
9h00	Énergétique des Bâtiments	
9h45	Nicolas ISNARD Développement de la gamme de service MDE	POWEO
71143	Developpement de la gamme de service (VIDE)	
10h30	PAUSE	
	Michaël VILLARS	SOLLAC Fos/Mer
11h00	Evolution de la gestion de la chauffe des cowpers du site sidérurgique Sollac Fos-sur	-Mer
	Aurélie COSQUER	SOLLAC Fos/Mer
11h45	Optimisation de la gestion de l'énergie du site sidérurgique Sollac Fos-sur-mer	
12h30	DEJEUNER	
	Jérôme LOMBARDO	B.P. Lavéra SNC
14h00	Modélisation énergétique du site visant à l'élaboration et l'intégration du log Utilities »	giciel d'optimisation « Aspen
	Jérôme DUROYON	GAZ DE FRANCE
14h45	Benchmark sur les modes de gestion et sur la valorisation des actifs gaziers : I physique dans les opérations d'arbitrage	a prise en compte du risque
15h30	PAUSE	
	Samuel MARCHAL GAZ D	E FRANCE / ADEME
16h00	Simulation du comportement d'un opérateur fournisseur d'électricité arbitrant sa fourniture entre un parc de production distribuée et un marché d'approvisionnement.	
	Emmanuel MAUSS	ADEME
16h45	Conception d'une base de données de consommations d'équipements électriques et d usage et par secteur de la consommation et de la courbe de charges sur un territoire	'un outil de recomposition par

17h30 : Fin de la première journée

# Mardi 28 Septembre 2004

8h00	Ralph PARIENTE <b>COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION NICE CÔTE D'AZU</b> Optimisation énergétique du Centre de Valorisation de Déchets Urbains de l'Ariane	UR
8h45	Guillaume DAUBERT  Efficacité énergétique des Jeux de barres et canalisations de puissance	ME
9h30	Thomas ZANONE  Les techniques de stockage à grande échelle de l'électricité  ADEN	ΛE
10h15	PAUSE	
10h30	Guillaume VOUTAY  Compétitivité des filières énergétiques aux Etats-Unis	VA
11h15	Audrey PROUVOST EDF (Clama Méthodologie générale d'analyse de la convergence des prix gaz – électricité : le cas du Royaume-Uni	art)
12h00	Comité de Pilotage du Mastère OSE  Point sur le Mastère et sur la promotion 2003.  Présentation de la promotion 2004 et de ses parrains.  Retour d'expérience d'anciens élèves du Mastère OSE.	
13h00	DEJEUNER	
14h30	TABLE RONDE : Amphithéâtre de l'ADEME  "Et l'énergie à l'horizon 2030-2050 ? "  Animateur et intervenant M. Jean Eudes MONCOMBLE secrétaire général du Con Français du l'Energie (CFE).  Points de vue de :  M. Jean LAHERRERE (Ex. Total)  M. Denis BABUSIAUX (IFP)	seil
	16h30 : Fin de la deuxième journée	
	Mercredi 29 Septembre 2004	
10h00	Stéphane THIERS Réalisation d'un outil d'aide à la décision dans le cadre de projets de parcs éoliens  SOREGI	ES
10h45	Cécile DOUCHIN  Exergie : un outil pour mieux valoriser l'énergie.  EDF (Renardière	es)
11h30	DELIBERATIONS	
12h30	DEJEUNER	
14h30	REMISE DES DIPLOMES par M. Benoît LEGAIT, Directeur de l'Ecole des Mines de Paris	

15h30 : Fin de la troisième journée



M. Bruno DUPLESSIS

ENS Cachan
bruno.duplessis@ose.cma.fr

Mission : ADEME (Sophia)
Resp : Didier CHEREL

Mission : Développements autour des Opérations Programmées d'Amélioration Thermique et Énergétique des Bâtiments

Dans le cadre de la lutte contre le réchauffement climatique, la France a pris un ensemble de mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Pour le secteur des bâtiments existants, ce sont des mesures incitatives qui ont été mises en place par le programme OPATB.

Les OPATB sont des programmes d'actions locales développés à l'initiative des collectivités, visant à inciter les propriétaires et les maîtres d'ouvrage à entreprendre des travaux d'amélioration énergétique sur leur patrimoine. Issues d'un partenariat étroit entre différents services et agences de l'Etat (ADEME, ANAH, Secrétariat au Logement, etc.), ces opérations concernent tous les secteurs de bâtiments existants (habitat et tertiaire, public et privé) et par conséquent s'adressent à un grand nombre d'acteurs. C'est là tout l'enjeu des OPATB et le défi lancé aux équipes d'animation et de suivi, chargées sur le terrain, de mettre en application le programme d'actions locales.

Actuellement, les OPATB en sont au stade de développement : 16 collectivités ont été sélectionnées par l'ADEME pour mettre en place une telle opération sur leur territoire. Cette période de mise en place doit permettre aux organisateurs du programme d'ajuster la procédure en fonction des retours du terrain, dans le but de pérenniser ce programme. Pour cela, outre un travail important de suivi et de retour des données, un programme d'évaluation de type évaluation de politique publique doit être développé.

L'objet de ce rapport est de rendre compte de l'ambition des OPATB et du travail de mise en place que j'ai pu suivre, d'apporter des éléments de réflexion à la lueur des premiers rapports qui ont été rendus concernant les opérations et enfin d'exposer la problématique que nous avons suivie pour mettre en place le programme d'évaluation des OPATB.

Mots-clés: collectivités, bâtiments, réduction des émissions de gaz à effet de serre, réduction des consommations d'énergie.



INSA Lyon nicolas.isnard@ose.cma.fr

M. Nicolas ISNARD

Mission: POWEO (Paris)
Resp.: Pierre FLAHAUT

Mission : Développement de la gamme de service

MDE

Ma mission au sein de l'entreprise POWEO, nouvel entrant sur le marché de l'électricité, porte sur la problématique suivante : comment un fournisseur d'électricité peut promouvoir les économies d'énergie.

Afin de répondre à cette question, ma démarche au sein de POWEO a consisté à comprendre le positionnement de l'entreprise dans ce nouvel environnement avant de développer la gamme des offres de produit de maîtrise de la consommation d'électricité.

Cette gamme étant en cours de réalisation, je ne présente donc dans ce rapport que les points non confidentiels de l'ensemble de ma démarche.

Dans un premier temps, j'effectue un bref rappel de l'organisation du marché et de l'entreprise et présente un benchmark des principaux acteurs énergétiques en France ainsi que de quelques exemples étrangers. Après avoir déterminé le positionnement des principaux concurrents, je présenterai le choix de POWEO par rapport à la problématique de la MDE.

Ensuite, afin de définir les besoins et possibilité des offres MDE, je présente l'étude de la cible client de POWEO et des solutions technologiques actuelles. Ceci m'a amené à dégager clairement les contraintes liées à la cible du business plan et à construire les différents niveaux d'offre possibles.

Enfin, je présente mes réalisations non confidentielles constituant le début de mon stage et qui engagent les pistes actuelles de travail.

Mots-clés : économie d'énergie, maîtrise de l'énergie, fourniture d'électricité, ouverture du marché



M. Michaël VILLARS

EPUM Marseille
michael.villars@ose.cma.fr

Mission: SOLLAC (Fos/Mer)
Resp.: Jean Baptiste CLAUDIN

Mission: Evolution de la gestion de la chauffe des cowpers du site sidérurgique Sollac Fos-sur-Mer

Le haut fourneau est un réacteur dans lequel est enfourné à la partie supérieure du coke, de l'aggloméré et du minerai tandis que du vent préchauffé est soufflé à la base. Environ huit heures sont nécessaires à la charge pour arriver en bas du haut fourneau où elle donnera la fonte liquide.

Le vent préchauffé est fourni par les cowpers. La chauffe de ce vent dans les cowpers se fait de façon cyclique :

- Le ruchage à l'intérieur du cowper accumule de la chaleur durant la période de chauffe grâce à la combustion du gaz (mélange de gaz de haut fourneau avec du gaz d'aciérie et/ou du gaz de cokerie) et de l'air au niveau du brûleur.
- Durant la période suivante, période au vent, un important volume de vent froid, 240 000 Nm³/h, provenant des turbosoufflantes passe à travers le cowper, entraînant la chauffe du vent (1200°C) et le refroidissement du ruchage.

Trois cowpers fonctionnent de façon séquentielle. Le vent chaud est fourni par un cowper tandis que les autres sont en chauffe.

La réfection du haut fourneau 1 de Sollac Fos-sur-Mer étant prévue en 2007, la mission que m'a confié le service Process Energie et le département Hauts Fourneaux a consisté à préparer les évolutions possibles de la gestion de la chauffe des cowpers.

Dans un premier temps, cette étude a pour objectif de fiabiliser sous un aspect technique et économique la chauffe des cowpers en analysant les disfonctionnements actuels et en proposant des solutions pour la future gestion des gaz sidérurgiques aux cowpers. Dans un second temps, des évolutions possibles du modèle de chauffe sont étudiées et proposées en vue de son amélioration.

Mots-clés: site sidérurgique, haut fourneau, cowpers, combustion, gaz, vent, future gestion des gaz, évolutions du modèle de chauffe



Mlle Aurélie COSQUER

EPUM Marseille
aurelie.cosquer@ose.cma.fr

Mission: SOLLAC (Fos/Mer)
Resp: Daniel CAZABAN

1

Mission : Optimisation de la gestion de l'énergie du site sidérurgique Sollac Fos-sur-mer.

L'énergie représente 25 % du prix de revient de l'acier. Dans l'usine la principale énergie est le charbon (89 %) qui va subir des transformations à la cokerie, aux hauts-fourneaux et à l'aciérie pour donner trois gaz sidérurgiques en grande quantité (environ 100 tep/h) qui sont consommés sur le site par les différents ateliers pour environ 60 tep/h. Les gaz excédentaires (40 tep/h) sont valorisés à la centrale qui produit du vent pour les hauts-fourneaux, de la vapeur de process et de l'électricité.

De multiples configurations des outils de l'usine peuvent être envisagées pour obtenir le gain optimum.

Pour définir la stratégie de demain, la mission que m'a confiée le service Process Energie a consisté à caractériser l'impact sur la facture énergétique de l'usine de différents projets ; projets qui ont des conséquences sur la gestion des gaz.

Par rapport aux logiciels de l'usine, dont le pas de temps est l'heure, qui ont pour but d'établir des bilans mensuels ou annuels mais qui ne permettent pas réellement l'étude d'impact de projets, l'outil que le service Process Energie m'a demandé de créer doit traiter des comportements plus instantanés, plus proches de la réalité et tenir compte en particulier de l'alimentation en gaz naturel des générateurs de vapeur de la centrale.

Ainsi, la mission a consisté à modéliser la centrale soufflante par des méthodes mathématiques pour permettre de déterminer, à partir d'un fichier de données d'entrée 10 minutes, les consommations de gaz sidérurgiques et de combustibles d'appoint (gaz naturel, fioul, goudron) à la centrale, les gaz sidérurgiques torchés ainsi que les productions électriques et de vapeur.

Mots-clés : optimisation de la consommation énergétique, gestion, énergie, logiciel, site sidérurgique, gaz, fioul, électricité, vapeur.



M. Jérôme LOMBARDO

ESIM Marseille
jerome.lombardo@ose.cma.fr

Mission : B.P. SNC (Lavéra)
Resp : Jérôme AUDIBERT
Frédéric MORTEROL

Mission Modélisation énergétique du site visant à l'élaboration et l'intégration du logiciel d'optimisation « Aspen Utilities ».

Regroupant des activités de raffinage et de Pétrochimie sur plus de 450 hectares, BP Lavéra SNC est un site complexe très énergivore. A titre indicatif, la puissance électrique installée sur le site (153MW) est équivalente à celle de la ville d'Aix en Provence. Juste après les matières première, l'énergie présente les coûts les plus élevés du site (près de 50% des coûts variables de la raffinerie).

Afin de réaliser des gains de productivité dans un environnement industriel fortement marqué par la libéralisation des marchés énergétiques et l'arrivée de lois environnementales de plus en plus exigeantes, la société BP a créé un service « énergie et utilités » en 2003 puis a lancé en 2004 le projet « Lavéra Utilities Network Optimization » visant à l'intégration du logiciel « Aspen Utilities » sur le site.

Doté d'un optimiseur M.I.L.P (Mixed integer Linear program) de haut niveau minimisant les émissions et les coûts associés à la gestion énergétique du site tout en maximisant la performance et la fiabilité des équipements, Aspen Utilities devra permettre aux opérateurs de réaliser des économies d'énergie dans une optique de développement durable. Véritable aide à la décision tactique et stratégique, il devra également permettre aux décideurs de saisir de réelles opportunités en terme d'investissements, achat de nouveaux contrats et activité de Trading.

Afin de développer le corps du programme d'Aspen Utilities, ma mission a consiste à:

- Modéliser les différentes unités de production d'utilités et les réseaux de distribution associés,
- Développer la fonction de prévision de la demande du logiciel en élaborant pour chaque unité du site des lois de corrélation reliant leur consommation et/ou production d'utilités (vapeur à différents niveaux, électricité, eau industrielle, condensats et combustibles) à des variables process.

Constituant l'un des projets phares de la société, Aspen Utilies devrait permettre à BP de conforter sa certification environnementale ISO14001 par une diminution notoire de ses émissions de gaz à effet de serre et de lui faire économiser jusqu'à 4,5 Millions d'Euros par an, soit 5% de sa facture énergétique annuelle.

Mots clés: Optimisation énergétique, industrie pétrolière, contraintes environnementales



M. Jérôme DUROYON

ESPCI Paris
jerome.duroyon@ose.cma.fr

Mission: GAZ DE France
Resp: Christian DE LAFFOREST

Mission: Benchmark sur les modes de gestion et sur la valorisation des actifs gaziers: La prise en compte du risque physique dans les opérations d'arbitrage

Dans un contexte d'ouverture des marchés du gaz et de passage d'une situation de monopole à la libre concurrence, le métier de Gaz de France est entré dans une phase d'évolution qui doit lui permettre de s'affirmer comme un acteur européen majeur de ce marché.

La Direction Négoce de Gaz de France doit gérer de façon optimale son portefeuille d'actifs, constitué principalement de contrats d'approvisionnement, de contrats de transit, de contrats de vente, et de stockages. L'ouverture des marchés et l'apparition de places de marché, en offrant de nouvelles opportunités, impacte fortement la gestion des actifs de Gaz de France.

Le Service Optimisation du Pôle Court Terme de la Direction Négoce a en charge les nominations sur les contrats long terme et les opérations d'achat/vente sur les marchés. Or, cette gestion est soumise à des aléas de nature physique (arrêts de production sur certains champs, rupture ou maintenance imprévue de canalisations,...). Ces aléas "physiques" peuvent perturber la gestion du portefeuille telle que prévue par Négoce, et avoir des impacts importants en terme de coûts. Aussi, la quantification et la gestion de ce "risque physique" est un enjeu très important pour Négoce.

La Direction Négoce a sollicité le programme de recherche « Etudes Economiques » afin de réaliser une mission de veille. Il s'agit de dégager les bonnes pratiques et d'observer les analogies possibles entre les industries qui rencontrent ces problématiques et Gaz de France. Le but est alors de pouvoir définir la méthodologie à adopter dans une éventuelle opération d'arbitrage engageant des volumes physiques dans un contexte incertain.

Mots-clés : Veille, gestion de portefeuille, risque, valorisation des actifs, marchés court terme, opérations d'arbitrage, valorisation du risque, défaillance.



M. Samuel MARCHAL

Mines Saint-Etienne

samuel.marchal@ose.cma.fr

Mission : ADEME/GAZ DE FRANCE Resp : Frédéric ROSENSTEIN / Guillaume LEHEC

Mission : Simulation du comportement d'un opérateur fournisseur d'électricité arbitrant sa fourniture entre un parc de production distribuée et un marché d'approvisionnement

La libéralisation des marchés de l'électricité et du gaz amène de profonds changements dans l'organisation des systèmes électriques et gaziers, notamment par l'apparition de nombreux et nouveaux acteurs et la séparation d'activités autrefois intégrées.

Ce nouvel environnement concurrentiel offre de nouvelles perspectives à la production distribuée d'électricité et en particulier à la cogénération, qui peut devenir une source d'approvisionnement autour de laquelle est construit un service et une gestion de parc.

Dans ce contexte, on se propose de développer un modèle pour simuler le comportement d'un opérateur fournisseur d'électricité et de chaleur sur un territoire donné qui arbitre entre un parc de production distribuée et un marché d'approvisionnement.

Le modèle a pour objectif de dimensionner et d'optimiser le fonctionnement d'un parc de production décentralisée à partir de la définition d'un certain nombre d'unités dans ce parc. On pourra alors déterminer les avantages financiers et environnementaux de l'exploitation d'un parc en production répartie et en déduire les intérêts qu'un opérateur aurait à acquérir des actifs de production.

Mots-clés: production distribuée, cogénération, fourniture électricité, marchés électriques et gaziers.



M. Emmanuel MAUSS

ENSEEG Grenoble
emmanuel.mauss@ose.cma.fr

Mission : ADEME (Sophia) Resp : Frédéric ROSENSTEIN

Mission: Conception d'une base de données de consommations d'équipements électriques et d'un outil de recomposition par usage et par secteur de la consommation et de la courbe de charges sur un territoire

En 20 ans, la consommation d'électricité de la région Provence Alpes Côte d'Azur a augmenté de 60% alors que la production régionale et le réseau de transport ont peu évolué. Cet exemple illustre l'augmentation croissante de la consommation électrique et le caractère limité des ressources locales dans certaines zones géographiques, induisant l'émergence de territoires sous contraintes électriques. Cette prise de conscience implique le développement d'une politique basée sur l'utilisation rationnelle de l'énergie et en particulier sur la maîtrise de la demande d'électricité. Dans ce contexte, l'ADEME souhaite identifier, simuler et prévoir la demande électrique en créant un outil adéquat pour permettre aux acteurs des politiques énergétiques de travailler sur des méthodes de calculs communes. Les principales caractéristiques de l'outil sont :

- La reconstitution de courbes de charges par usage et par secteur sur un territoire selon une démarche bottom-up (ascendante)
- La mise en place d'une base de données de consommations d'appareils électriques
- La création d'une bibliothèque de profils types horo-saisonniers

Cet outil servira notamment d'appui à la planification énergétique territoriale, à l'évaluation de programmes de MDE et à l'identification des gisements d'économies d'énergies en vue d'éviter le renforcement systématique du réseau.

Mots Clés : Maîtrise de la Demande d'Electricité (MDE), courbes de charges, profils types, consommations électriques, économies d'énergie, approche territoriale



M. Ralph PARIENTE

INSA Rouen
ralph.pariente@ose.cma.fr

Mission : COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION NICE CÔTE D'AZUR

Resp: Robert TIQUET

Mission : Optimisation énergétique du Centre de Valorisation de Déchets Urbains de l'Ariane

Le Centre de Valorisation de Déchets Urbains (CVDU) de Nice l'Ariane, récemment étendu et modernisé, d'une capacité de traitement de 350 000 tonnes de déchets permet une valorisation de l'énergie produite à partir de la combustion des résidus, une partie étant distribuée sur un réseau de chauffage urbain, le reste servant à la production d'électricité.

L'accroissement constant de la quantité des ordures incinérées conduit à un fonctionnement à saturation de l'usine, notamment suite à la mise en service d'un 4ème four. Ce rapport présente une étude d'optimisation énergétique du CVDU de l'Ariane dans le cadre de la mise aux normes de l'usine (traitement des fumées) où de nouveaux investissements sont prévus.

Dans un premier temps, le fonctionnement de l'usine est modélisé et aboutit à la détermination du potentiel de celleci. Par la suite des solutions sont évaluées pour améliorer les performances de valorisation du site à savoir :

- Etendre le réseau de chaleur existant
- Augmenter la puissance électrique installée
- Mettre en place des cogénérations pour alimenter le réseau de chaleur
- Créer des sous-stations de production de froid

Chaque solution est ainsi examinée en tenant compte de son intégration dans le site, de son impact énergétique et de sa rentabilité financière sur la période allant jusqu'à l'échéance du contrat liant la Collectivité à son délégataire de service public, la Sonitherm (soit le 31 décembre 2018).

Mots-clés: Centre de Valorisation de Déchets Urbains, optimisation énergétique, réseau de chauffage urbain, turboalternateur, cogénération, production de froid urbain, choix d'investissement.



Ecole Centrale Lille guillaume.daubert@ose.cma.fr

M. Guillaume DAUBERT

Mission : ADEME / SCHNEIDER
Resp : Alain ANGLADE / Vincent MAZAURIC

Mission: Contribution à l'efficacité énergétique des Data-Centers par l'optimisation des jeux de barres et canalisations de puissance

Depuis 2 ans, SCHNEIDER et l'ADEME se sont engagés dans un projet commun pour réaliser de nouveaux outils de conception des organes massifs de distribution (barres et canalisations), les méthodes traditionnellement employées ayant très peu évolué depuis plusieurs décennies.

Ces outils ayant été réalisés et validés en laboratoire, ils ont mis en évidence un gain possible sur la production d'énergie. Cependant, il reste à évaluer les bénéfices possibles par rapport à l'ensemble d'une installation pour mesurer les gains réels, que ce soit en investissement, en fourniture, en service ou en quantité de matière, que pourraient apporter ces organes optimisés de distribution de courant.

L'objectif de cette étude est donc d'évaluer, sur un marché où convergent les intérêts de SCHNEIDER ELECTRIC et de l'ADEME, l'état actuel de la distribution électrique, et les bénéfices que l'on pourrait obtenir grâce à ces outils de conception. Le marché choisi est celui des Centres de Données car c'est un marché en croissance où la demande d'énergie est importante Cela passe par des campagnes de mesures sur site afin de déterminer la répartition des différents foyers de consommation et de pertes dans un centre de données, et l'évaluation en termes économiques et environnementaux des gains escomptables sur ces sites en utilisant des barres et canalisations optimisées.

Pour résumer, cette étude a pour objectif d'offrir à SCHNEIDER ELECTRIC et à l'ADEME un état des lieux du mode de fonctionnement des Centres de Données, ainsi qu'une évaluation du potentiel d'économie accessible grâce à ces outils de conception sur ce marché.

Mots-clés : Centre de données, distribution électrique, canalisation de puissance et jeux de barres, optimisation de la consommation énergétique



M. Thomas ZANONE POMA

ENSIEG Grenoble

Mission: ADEME Resp: Eric PEIRANO

Mission: Rentabilité économique du stockage de thomas.zanone\_poma@ose.cma.fr l'électricité à grande échelle dans le cadre de la libéralisation du marché de l'électricité

Dans le cadre actuel de la dérégulation des marchés de l'électricité en Europe, la difficulté de stocker l'électricité pose des contraintes importantes pour les différents acteurs du système électrique : équilibre offre / demande, volatilité des prix de l'électricité, intégration des énergies renouvelables fortement intermittentes. Dans ce contexte, le stockage de l'électricité peut jouer un rôle prépondérant. Cette étude porte sur l'évaluation de la faisabilité et de la rentabilité économique du stockage de l'électricité à grande échelle pour plusieurs applications liées aux caractéristiques du paysage électrique français.

Après avoir recensé et décrit les différents moyens de stockage de l'électricité à grande échelle, le travail s'est focalisé sur la rentabilité économique du stockage en tirant profit des fluctuations des prix de l'électricité sur le marché spot français et en considérant différents scénarios d'évolution de ces prix. Dans un deuxième temps, l'étude porte sur l'intérêt technico-économique d'utiliser le stockage de l'électricité pour réaliser du report de production (sur les centrales utilisées en base ou semi-base) ou pour effacer les centrales thermiques de pointes, souvent plus coûteuses et moins « propres » que les autres moyens de production. Enfin l'étude traite le cas de la pénétration des énergies renouvelables, et notamment de l'énergie éolienne, sur le marché français. Il est montré qu'en couplant stockage d'électricité à grande échelle et parc éolien il est possible d'améliorer les caractéristiques de la production électrique du parc : augmentation de la puissance garantie et réduction de la fluctuation.

Mots clés : stockage de l'électricité à grande échelle, étude technico-économique, marché spot, prix de l'électricité, report de production, effacement de la pointe, énergie éolienne, puissance garantie, production intermittente.



M. Guillaume VOUTAY ECAM Lyon guillaume.voutay@ose.cma.fr

**Mission: AREVA** Resp: Nicole DELLERO

Mission : Compétitivité des filières énergétiques aux Etats-Unis

L'industrie électrique dispose d'une gamme de technologies de production présentant des caractéristiques technicoéconomiques propres et utilisant des énergies primaires différentes. Trois types de technologies sont retenues pour la production d'électricité en base aux Etats-Unis : le charbon, le gaz et le nucléaire.

Dans le contexte américain où les besoins de nouvelles capacités de production en base sont réels, l'objectif est de déterminer la compétitivité des différentes alternatives. L'étude commence par une analyse détaillée des caractéristiques technico-économiques des différentes filières. Cette première étape permet de justifier les hypothèses de référence retenues.

Les calculs de compétitivité ont été réalisés grâce à l'application ELBERT développée dans le cadre de l'étude. Cette application se base sur la méthode du MIT présentée dans le rapport « The future of nuclear power »[MIT 2003]. Elle prend en compte le détail du financement, l'inflation et les impôts sur les bénéfices. Les hypothèses de financement sont plus détaillées que dans le cas des études classiques d'évaluation du coût actualisé.

Afin d'analyser plus finement les résultats, un certain nombre de calculs complémentaires de sensibilité autour des cas de référence, ont été lancés sur les paramètres influents (coût du capital, coût du combustible, coût de construction et coût des émissions de carbone).

[MIT 2003] MIT, The Future of Nuclear Power, an interdisciplinary MIT study. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2003, 170p.

http://web.mit.edu/nuclearpower/

Mots-clés: Nucléaire, gaz, charbon, production électricité, USA, compétitivité



Mile Audrey PROUVOST

Mines Saint-Etienne
audrey.prouvost@ose.cma.fr

Mission : EDF (Clamart)
Resp : Frédéric VERDOL
Jérémy LOUYRETTE

Mission: Méthodologie générale d'analyse de la convergence des prix gaz – électricité : le cas du Royaume-Uni

La convergence en prix, établie jusqu'alors de manière intuitive et non quantitative, est déterminante pour un acteur multi-énergéticien au niveau de l'établissement du planning de programmation de ses centrales à gaz, de la gestion de son portefeuille et des risques liés au trading et aux activités commerciales.

Cette étude analyse les prix des marchés spot et à terme britanniques. Les calculs de corrélation et convergence menés révèlent que les marchés spot ne sont que partiellement convergents. La corrélation des prix est fortement saisonnière, influencée par la température, par les incidents techniques intervenant sur la chaîne gazière et par la production d'électricité à partir de gaz. Les prix des forwards et notamment ceux à échéance trimestrielle (les quarter -ahead) sont pour leur part fortement corrélés.

Ces diverses observations mènent à la construction de deux indices de convergence en prix spot. Ces indices permettent de comparer le niveau d'avancement des différents marchés en matière de convergence en prix et de quantifier la durée de cette convergence.

Mots-clés: Convergence, corrélation, gaz, électricité, prix spot, prix à terme



M. Stéphane THIERS

ENSPG Grenoble
stephane.thiers@ose.cma.fr

**Mission : SOREGIES** Resp : Vincent GIRAUD

Mission : Réalisation d'un outil d'aide à la décision dans le cadre de projets de parcs éoliens

SORÉGIES est une SEML émanant du Syndicat Intercommunal d'Électricité et d'Équipement de la Vienne, qui distribue et fournit gaz et électricité sur le territoire du département de la Vienne (86). Dans un but de développement local, elle souhaite implanter sur le département plusieurs parcs éoliens de production d'électricité, représentant 36 MW de puissance installée.

La réalisation des parcs passe par différentes phases, notamment, un phase de mesure et d'analyse des vents sur chacun des sites retenus, puis après une pré-étude, par une phase de choix des aérogénérateurs les mieux adaptés à ces conditions de vent. Ce choix est réalisé par une mise en concurrence des différents fournisseurs présents sur le marché, au travers d'appels d'offres permettant de confronter les études, le matériel, les service et les prix proposés.

Le but de la mission consiste en la réalisation d'un outil informatique à usage interne, permettant, pour un projet donné, de synthétiser l'ensemble des données pertinentes. Les données recueillies servent alors de base à la prévision de la qualité technique et du rendement économique du projet éolien considéré. Une comparaison des performances de chaque offre permet alors de désigner l'offre optimale, à travers des critères simples.

Mots-clés: Projet éolien, appel d'offres, calcul de productible, rentabilité économique, aide à la décision.



Mile Cécile DOUCHIN

Mines de Nancy
cecile.douchin@ose.cma.fr

Mission: EDF (Renardières)

Resp: Prabodh POUROUCHOTTAMIN Christophe MARCHAND

Mission : Exergie : un outil pour mieux valoriser l'énergie.

Ne connaissant pour l'instant pas de problèmes de pénurie énergétique, les ressources étant pour la plupart abondantes, les systèmes énergétiques actuels sont optimisés techniquement et économiquement, avec une réflexion systématique sur l'offre. La prise de conscience de l'épuisement prévisible des ressources et l'importance grandissante des problématiques environnementales amènent cependant à rechercher plus de sobriété et d'efficacité énergétique. Or aujourd'hui une part importante de l'énergie produite n'est pas valorisée : rejet de chaleur...

La question se pose de savoir si les énergies utilisées conviennent aux usages qui en sont fait et s'il y a un intérêt à mieux optimiser énergétiquement les systèmes, c'est à dire considérer l'usage avant de choisir l'énergie à produire pour le permettre.

Conscient que l'optimisation technico-économique des systèmes reste l'enjeux final, y a t'il un intérêt à intégrer une optimisation énergétique pour anticiper le moment où la contrainte environnementale et la rareté de la ressource transparaîtront dans les coûts? Nous nous sommes ainsi interrogés sur la pertinence d'utiliser dans ce contexte un nouveau critère d'optimisation basé sur l'efficacité exergétique. L'analyse en exergie permet de quantifier de façon cohérente à la fois le volume et la qualité des formes d'énergie mises en jeu dans un système.

L'étude a pour objectif de donner des éléments de réflexion sur le sujet, les notions qui s'y rapportent et les expériences qui ont déjà pu être réalisées, pour donner au groupe une base de travail, qui pourra aboutir à la mise en place d'une démarche prospective plus complète.

Mots clés: Exergie, Energie utile, Utilisation rationnelle de l'énergie, Chaleur, Travail