



**MEDEE**

**ANNEE 2015**

**DOSSIER DE PRESENTATION DES PROJETS**

**AVEC AVIS FAVORABLE**

**A L'ISSUE DU COMITE SCIENTIFIQUE DU 6 FEVRIER**

# SOMMAIRE

SOMMAIRE .....	2
Projet EFF-bis.....	3
Projet Motar .....	5
Projet BaTHat .....	7
Projet ISEV2H .....	9
Projet ODALIE .....	11
Projet Go4DC .....	13

# Projet EFF-bis

Programme :	POLE MEDEE
Nom du Projet :	<b>MEDEE 4.6 BIS</b> <b>EFFICACITE ENERGETIQUE DES MACHINES DE PRODUCTION D'ELECTRICITE</b> <b>Etude des pertes dans les aimants et des pertes dans les parties ferromagnétiques des machines à double excitations</b>
Acronyme :	EFF – Bis
Durée en mois :	24 mois (2015 - 2017)
Montant total du projet (k€):	268 k€
Effort total (personne.an):	18 hommes*mois (pour 1.5 CDD) + permanents
Subvention demandée (k€):	118K Euros
Date de la version :	26 Janv. 2015
Porteurs du projet :	F. Gillon / D. Laloy
Société :	L2EP / Ecole Centrale de Lille
Adresse :	Cité Scientifique, 59650 Villeneuve d'Ascq
Email :	frederic.gillon@ec-lille.fr daniel.laloy@jeumontelectric.com
Téléphone :	03 20 33 53 86
Liste des Partenaires industriels:	Jeumont Electric

- Consortium
  - *Jeumont Electric, Jeumont*
    - *Daniel Laloy (Directeur recherche et développement)*
    - *Aymen Ammar (Ingénieur de Recherche)*
    - *ingénieurs + techniciens (voir tableau partie4.)*
  - *Satie, Paris*
    - *Lionel Vido (codirecteur de thèse de Maxime Ployard)*
    - *Trung Kien Hoang (doctorant satie machine MSDE)*
  - *L2EP, Ecole Centrale de Lille, Equipe O.M.N,*
    - *F. Gillon*
    - *Maxime Ployard (doctorant Cifre JE – projet EFF)*
    - *M. Hecquet*
    - *S. Brisset*
  - *L2EP, UST Lille, Equipe O.M.N*
    - *Abdelkader Benabou (études des pertes Fer)*

## Résumé du Projet

Le projet proposé est une suite des travaux de recherche menée sur les machines synchrones à double excitations. Le travail s'appuiera sur un prototype de 1MVA qui a été réalisé lors d'une étude précédente. Essais, simulations et expériences acquises permettront de démarrer cette nouvelle opération. En effet, le travail précédent a montré qu'il était nécessaire d'investiguer plus en profondeur sur la désaimantation des aimants et plus globalement l'estimation des pertes dans la machine.

L'objectif technologique consiste à maîtriser la conception des machines de fortes puissances à haut rendement énergétique qui intègrent simultanément des aimants et des bobines afin de créer l'excitation magnétique.

L'objectif scientifique est l'estimation des pertes, (ie : les pertes fer et les pertes par courants induits) dans les convertisseurs électromécaniques de puissance afin d'améliorer leur efficacité énergétique et de maîtriser leur conception. Le travail permettra notamment de comparer des mesures avec des simulations, ce qui permettra de tester, et d'analyser des modèles de pertes fer.

L'identification des coefficients est une phase délicate qui pourra être étudiée. L'ensemble des pertes du convertisseur pourra être calculé, mais grâce à la modélisation par éléments finis la répartition de la densité de pertes pourra être analysée dans le but d'améliorer la conception. A partir d'un modèle robuste et fiable un processus de conception par optimisation pourra être mené.

La priorité est mise dans ce projet sur la mesure et l'analyse en lien avec les simulations numériques par Eléments Finis.

Les verrous scientifiques se situent au niveau de la modélisation des pertes et de leur analyse, ainsi que de l'étude de la désaimantation des aimants pour divers modes de fonctionnement de la machine. Le challenge est de maîtriser ces éléments afin de les intégrer dans un nouveau processus de conception pour les machines de fortes puissances à haute efficacité énergétique.

Ces aspects viennent renforcer les thèmes de l'équipe OMN sur les méthodologies de conception et de modélisation des machines électriques. L'exploitation d'un prototype est un atout majeur et apporte un retour d'expériences indispensable à notre équipe de recherche.

Pour Jeumont Electric, les retombées de ce projet permettent de mieux maîtriser la conception des machines à double excitation et d'améliorer au global son savoir-faire en conception de machines de forte puissance. L'intégration d'aimants dans des machines "rapides" de forte puissance est un enjeu important pour Jeumont Electric, tant d'un point de vue conception et modélisation que d'un point de vue réalisation technique.

# Projet Motar

Programme	POLE MEDEE
Nom du Projet :	<b>MODELISATION DE LA TENSION D'ARBRE D'UN ALTERNATEUR</b>
Acronyme :	<b>MOTAR</b>
Durée en mois :	36 mois
Montant total du projet (k€):	495k€
Subvention demandée (k€):	110k€
Date de la version :	28/01/2015
Auteur et Porteur du projet :	Yvonnick Le Menach
Société :	Université lille1
Adresse :	L2EP Cité scientifique 59655 Villeneuve d'ascq
Email :	yvonnick.le-menach@univ-lille1.fr
Téléphone :	03 20 33 77 90
Liste des Partenaires:	L2EP et EDF

## Résumé complet

Le projet s'inscrit dans la problématique de MEDEE II, concernant le Diagnostic électromagnétique par modélisation numérique. Les partenaires de ce projet sont :

- ✓ Le groupe EDF
- ✓ Le laboratoire L2EP qui développe des stratégies de gestions de flux d'énergie et des modèles numériques réduits de composants électromagnétiques.

Dans le cadre de l'amélioration de la disponibilité des tranches d'EDF (et donc de leur productivité), il est important de surveiller les alternateurs en fonctionnement afin de proposer un diagnostic prédictif.

La tension d'arbre est une mesure qui peut être effectuée en fonctionnement, néanmoins elle n'est mesurée que ponctuellement dans le but de vérifier la répartition des tensions dans les paliers de part et d'autre de l'alternateur. Cette répartition des tensions permet de juger de la bonne santé des paliers mais ne permet pas de proposer un diagnostic pour l'alternateur.

Or, même si l'origine de cette tension est assez mal appréhendée, nous savons qu'elle peut provenir de défauts présents dans la machine tels que des excentricités rotoriques, des courts-circuits entre spires rotoriques, des défauts isollements et des frottements des pales de la turbine (charges électrostatique). Par conséquent avec ses hypothèses, la forme d'onde de cette tension, facilement mesurable, est une signature de l'état de santé de machine et peut servir à diagnostiquer les défauts.

Des mesures ont été effectuées sur la maquette d'un turbo-alternateur disponible à EDF R&D, et il s'avère que la forme d'onde de la tension dépend des défauts et du mode

fonctionnement de la machine. Il est d'ailleurs à ce stade difficile d'établir un lien direct entre les défauts et la tension.

Dans notre projet, nous nous intéresserons à la compréhension de la genèse de la tension d'arbre. Des simulations seront effectuées pour valider nos hypothèses. Comme la mesure de la tension d'arbre est réalisée en régime permanent, il est envisagé d'employer une approche multi-harmonique appliquée à la méthode des éléments finis.

Actuellement dans la cadre du LAMEL, cette méthode numérique est en cours de développement. Toutefois pour modéliser les causes et simuler une tension d'arbre réaliste, des extensions seront nécessaires comme la prise en compte du mouvement et la prise en compte d'inducteurs massifs.

Finalement, une fois la tension d'arbre obtenue, des techniques de traitement de signal et de reconnaissance de formes seront employés afin d'établir un diagnostic fiable et efficace. De telles études sont déjà menées, dans le cadre du LAMEL, en collaboration avec le Laboratoire Cristal (ex LAGIS), pour détecter des défauts à partir de sonde de flux.

# Projet BaTHat

Programme :	AAP 2015 POLE MEDEE
Nom du Projet :	Banc de Test des éléments d'une Machine électriques Hautes Températures
Acronyme :	BaTHaT°
Durée en mois :	24 mois
Montant total du projet (k€):	349,2 k€
Subvention demandée (k€):	121k€
Date de la version :	31/01/2015
Auteur et Porteur du projet :	G. Velu
Société :	LSEE – Université d'Artois
Adresse :	Technoparc Futura 62400 BETHUNE
Email :	gabriel.velu@univ-artois.fr
Téléphone :	06 24 44 65 66
Partenaire :	LPS - SAFRAN

## Résumé complet

Le projet a pour objectif de concevoir réaliser et mettre au point un outil de test permettant d'étudier différents composants de la machine électrique HT°. Ce projet s'inscrit dans la continuité des travaux menés au LSEE depuis plusieurs années:

- le projet européen "HT° motor windings", financé dans le cadre de Cleansky, qui a permis l'identification de différents matériaux isolants compatibles avec des gammes de températures croissantes.
- les résultats obtenus dans la thèse académique de Dorin Cozonac qui ont permis une première approche des problèmes liés au dimensionnement d'une machine travaillant à 400°C.
- les premiers résultats du projet "ACCITE", dont l'originalité est d'intégrer le convertisseur à la machine HT°, ont quant à eux permis de proposer un procédé de fabrication de bobines utilisant des isolants non-organiques.
- Enfin, les résultats des opérations MEDEE 9.1, 9.2 et 9.3 ont mis en évidence des solutions de bobinage capables de réduire les contraintes électriques subies par l'isolation inter-spires lorsque la machine est soumise à des fronts très raides de tension.

L'objectif de ce banc de test est de disposer d'un outil permettant d'étudier les différents composants constitutifs d'une machine électrique et notamment de se focaliser sur les solutions de bobinage HT° en présence de contraintes multiples représentatives de celles qui existent dans un moteur électrique. En effet, les différents composants subissent, en plus des contraintes thermiques et électriques, des contraintes mécaniques, qui sont principalement liées aux vibrations et à la dilatation des pièces métalliques. Pour travailler aux températures les plus hautes (>280°C) il est indispensable d'utiliser des matériaux

isolants inorganiques qui possèdent des propriétés mécaniques réduites. Pour les températures plus limitées, quelques solutions organiques, mécaniquement plus souples, peuvent être utilisées.

La conception d'un banc de tests capable de valider les solutions HT° récemment mises au point au LSEE sur le plan électrique, dans des conditions multi-contraintes imposées par les machines tournantes HT° est une phase essentielle pour fonctionnaliser la conception de telles machines. Le banc de test sera conçu pour évaluer différentes solutions technologiques, en balayant une large gamme de température pour déterminer les potentialités et les limites des diverses solutions. Dans le cadre de projets ultérieurs, les tests de fiabilité qui demandent des procédures expérimentales longues pourront également être faits avec le même équipement. Ce banc permettra également de vérifier la compatibilité des solutions d'isolation HT°, avec les éléments constituant le cœur de la machine (aimants, circuit magnétique, connexions électriques).

Les perspectives ouvertes sont larges mais le projet formulé est limité dans le temps à deux ans. Ce projet ne constitue qu'une étape dans la démarche de recherche visant à développer des machines HT°. En conséquence, le projet est strictement limité à la conception, la réalisation et la mise au point du banc de test sur la base des solutions de bobinages HT° développés récemment au LSEE.



# Projet ISEV2H

Programme :	AAP 2015 POLE MEDEE
Nom du Projet :	Integration and Security of Electric Vehicles To Home
Acronyme :	ISEV2H °
Durée en mois :	30 mois
Montant total du projet (k€):	268 k€
Subvention demandée (k€):	99,7k€
Date de la version :	29/01/2015
Auteur et Porteur du projet :	B. Robyns, F. Mollet
Société :	L2EP- Ecole HEI, établissement du Groupe HEI-ISA-ISEN
Adresse :	13 rue de Toul – 59046 LILLE
Email :	benoit.robyns@hei.fr
Téléphone :	03.28.38.48.58
Partenaire :	RENAULT

## Résumé complet

Pour atteindre les objectifs, le projet réunit plusieurs partenaires. L'association et la complémentarité entreprises / laboratoires ayant des compétences dans le domaine des réseaux électriques et des véhicules électriques est un des points forts.

Le projet concerne la collaboration entre les deux parties suivantes :

- RENAULT, pour le savoir-faire industriel, les connaissances techniques sur les véhicules électriques et la sécurité électrique ainsi que la démarche Sureté de Fonctionnement (SdF) et les moyens d'essai,
- L2EP (HEI - équipe Réseaux) pour le savoir-faire sur la gestion des systèmes multisources, multi-stockage et multi-charges, les services rendus au réseau, la gestion des réseaux continus de systèmes embarqués et ses plateformes expérimentales.

Dans les prochaines années, le nombre de VE connecté au réseau électrique permettra d'utiliser l'agrégation de VE comme un système de stockage. Il sera alors possible de rendre des services au bâtiment auquel ils seront connectés mais également au réseau électrique.

On pourra alors trouver deux modes en injection de puissance :

- V2G (Vehicle-to-Grid) ; réinjection de l'énergie sur le réseau,
- V2H (Vehicle-to-Home) ; réinjection de l'énergie dans une maison.

Ce type de fonctionnement pourrait assurer des gains pour tous les acteurs du monde du VE (propriétaire VE/borne, constructeurs auto, gestionnaires du réseau, ...) Cependant, les normes de conception des installations électriques dans le bâtiment n'ont pas pris en compte

ce type de fonctionnement. Or, il est nécessaire d'assurer la sécurité électrique pour tous les cas d'utilisation. Les contraintes rencontrées sont :

- Le véhicule électrique devient à la fois un consommateur et une source d'électricité (réversibilité),
- Le véhicule électrique est une charge importante en termes de puissance par rapport à d'autres appareils domestiques,
- Le véhicule électrique est un objet mobile qui peut être raccordé à n'importe quel type d'installation,
- Les éléments de sécurité doivent s'intégrer facilement à l'installation existante,
- Des installations de production d'électricité par EnR peuvent interagir avec le véhicule électrique et faire apparaître des dysfonctionnements au niveau de l'installation électrique,
- Les coûts doivent rester raisonnables.

Une thèse, intitulée "Optimisation de la sécurité électrique des véhicules électriques, des infrastructures de charge et des réseaux d'alimentation dans le contexte du V2H" a débuté en avril 2014 en partenariat avec l'équipe Réseaux du L2EP et RENAULT, Technocentre de Guyancourt. L'objectif de la thèse est d'étudier la sécurité des biens et des personnes dans une installation électrique du bâtiment avec la présence de VE qui peuvent fonctionner en V2H ou V2G, avec intégration ou non de production d'électricité par EnR, et avec des configurations d'installations électriques qui varient selon les pays et les normes.

L'objectif du présent projet sera de valider expérimentalement le comportement d'installations électriques résidentielles en présence de V2H / V2HG et les développements de la thèse. Pour cela il sera nécessaire de développer la plateforme Energie Electrique d'HEI-L2EP afin de simuler expérimentalement différents scénarios et configurations d'installation électrique ; Il sera également nécessaire de s'équiper de systèmes permettant de réaliser des installations à configuration multiple, d'émulation de production d'électricité à EnR et d'une borne de recharge bidirectionnelle de VE.

Ce type d'étude et de banc d'essais n'ont pas encore été développés pour ce type d'application ce qui donne le caractère innovant de ce projet.

Les retombées scientifiques de ce type de projet sont multiples :

- Connaissance du comportement d'une installation électrique en présence de V2H/V2HG,
- Connaissance des interactions entre les installations de production d'électricité par EnR et les V2H / V2HG,
- Aide au développement, Validation de la structure et du fonctionnement de bornes de recharge bidirectionnelle,
- Outils permettant de proposer des évolutions normatives d'installations électriques dans le bâtiment.

# Projet ODALIE

Programme :	POLE MEDEE
Nom du Projet :	<b><u>O</u>BSERVATION A <u>D</u>ISTANCE DE L'<u>A</u>LIMENTATION <u>E</u>ELECTRIQUE</b>
Acronyme :	<b>ODALIE</b>
Durée en mois :	24
Montant total du projet (k€):	452 k€
Effort total (personne.an):	4,28
Subvention demandée (k€):	152 k€
Date de la version :	28/01/15
Auteur et Porteur du projet :	Jacques Boonaert
Société :	Mines Douai
Adresse :	941 rue Charles Bourseul – C.S 10838 59508 DOUAI
Email :	Jacques.boonaert@mines-douai.fr
Téléphone :	03.27.71.21.01
Liste des Partenaires:	ERDF, Mines Douai

## Résumé complet

Pour ce projet, le consortium comporte ERDF Nord-Pas-de-Calais d'une part et l'URIA de Mines Douai d'autre part. Les domaines de compétence couvrent le suivi et le pilotage des systèmes évolutifs, l'apprentissage automatique, la modélisation et le diagnostic. Ce savoir-faire a déjà été appliqué dans le cadre de projets de recherche portant sur les systèmes électriques<sup>1</sup>.

ERDF Nord-Pas de Calais gère, exploite et modernise 52000 km de réseaux publics de distribution d'électricité. Investisseur, employeur, acteur de la formation professionnelle et aménageur du territoire, ERDF est un acteur engagé dans le territoire auprès des élus, des populations et des établissements d'enseignement et de recherche.

Ces deux partenaires ont l'habitude de collaborer sur des projets très connexes à ODALIE (mise au point du capteur SENSELEC en particulier) et ont noué de longue date des relations fructueuses dans les domaines de la Recherche Appliquée, de la formation et de l'Ingénierie, relations formalisées au travers d'accords cadre et de conventions.

Sur le plan technologique, le projet ODALIE vise à la mise au point d'une chaîne d'acquisition et de traitement mobilisant les éléments les plus récents en matière d'objets connectés et de systèmes communicant. Ses constituants feront largement appel aux microcontrôleurs et processeurs de traitement de signal (DSP), ainsi qu'à un capteur de

---

<sup>1</sup> C. Labarre, F. Costa, O. Aouine, J. Ecrabey, "Modelling and Analysis of the Magnetic Field Radiated by a Three Phased Inverter", IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE-2010), Bari, Italy, July 4-7, 2010.

champ spécifique développé conjointement entre ERDF et Mines Douai dans le cadre de travaux précédents qui ont concerné le développement du capteur SENSELEC). Du point de vue logiciel, ODALIE intégrera les retombées de travaux de l'URIA dans le domaine de l'analyse de données, de l'identification et de l'apprentissage automatique. Le système réalisé contribuera au développement d'une technologie de mesure sans contact innovante applicable à de très nombreux types de réseaux de puissance, aériens ou enfouis.

Le cœur des innovations portent sur le principe de mesure retenu, permettant une souplesse et des conditions de sécurité que n'autorisent pas les méthodes de mesure traditionnellement employées. L'intelligence embarquée dans le calculateur permettra au dispositif de s'adapter de lui-même à une grande variété de configurations (type de réseau, type de source, localisation) et, à terme, de générer des alertes en cas de détection de signaux relatifs à des modes de défaut. Les études menées lors du projet ODALIE intégreront les aspects économiques afin de proposer un système offrant l'ensemble de ces innovations au meilleur coût.

Les capacités de suivi et de diagnostic en ligne proposées contribuent à un accroissement qualitatif et quantitatif des informations disponibles relativement au réseau de distribution, permettant en retour la mise en place de démarches d'amélioration de celui-ci et au bénéfice de ses agents. Un des bénéfices non négligeable pour ERDF sera par ailleurs d'accroître la sécurité des tiers travaillant à proximité des lignes, certaines retombées d'ODALIE contribuant à l'amélioration d'un outil de détection peu cher et facile d'usage.

Pour sa part, l'Ecole des Mines Douai trouve dans ce domaine applicatif à fort potentiel un contexte de choix pour l'exploitation de certains de ses travaux en matière de modélisation et de suivi de systèmes évolutifs.

# Projet Go4DC

Programme :	POLE MEDEE
Nom du Projet :	<b><u>GRAIN ORIENTED ELECTRICAL STEEL FOR DC NETWORKS</u></b>
Acronyme :	<b>Go4DC</b>
Durée en mois :	60 mois
Montant total du projet (k€):	~2200
Effort total (personne.an):	~40 (thèses + post doc + MC + prof + indus)
Subvention demandée (k€):	~1200
Version du document:	<b>2.1</b>
Date de la version :	05 Février 2015
Auteur et Porteur du projet :	Thierry BELGRAND
Société :	ThyssenKrupp Electrical Steel
Adresse :	Rue Roger Salengro, BP 23, 62330 Isbergues
Email :	thierry.belgrand@thyssenkrupp.com
Téléphone :	+33 (0)3 21 63 06 05
Liste des Partenaires:	TKES, ISOLECTRA MARTIN, EOMYS, LSEE, TEMPO, L2EP, EDF (?), ...

## Résumé abrégé du projet

Le développement des réseaux de transport de l'énergie utilisant du courant continu (Réseaux DC) est en croissance constante. Les transformateurs statiques doivent s'adapter à cette évolution afin de permettre toutes les interconnexions nécessaires jusqu'à l'exploitation de l'énergie Electrique. La génération et le transport de l'énergie Electrique (Eolien, solaire, centrales classiques) ainsi que le transport des biens et des personnes (terrestre, aérien ou maritime) sont concernés.

Nous proposons de tirer parti des excellentes propriétés des aciers électriques à grains orientés (forte aimantation à saturation favorable à la compacité des circuits magnétiques, anisotropie marquée permettant de canaliser le flux magnétique, pertes réduites, capacité des revêtements isolants à tenir les hautes températures) et de ses développements récents pour d'établir les bases d'une adaptation technique et économique de ce produit au nouveau marché des réseaux DC

## Commentaire du Comité Scientifique

Ce projet, extrêmement original sur le plan scientifique avec la possibilité d'importantes retombées industrielles, intéressent d'autres industriels du pôle MEDEE. D'autre part, il est extrêmement ambitieux et sort du cadre des potentialités de financement du pôle.

Dans ce contexte, le Comité Scientifique qui émet un avis très favorable à ce projet, propose que le pôle, sur la base d'un partenariat élargi, recherche un autre mode de financement.