



3^{ème} séminaire annuel du GIS PERLE

« Nouveaux projets Energies en Pays de la Loire »

Mardi 26mars 2019

Lieu : IRS UN (8 Quai Moncoussu), amphi Denis Escande

Programme

9h30-10h accueil « Café » dans le hall d'accueil du bâtiment

10h-15h présentation de « Nouveaux Projets » en amphi Denis Escande

Axe	Thème ou Projet(s)	Orateur	Adresse mail orateur	Laboratoire	Horaire
Accueil 9h30-10h Présentation de la journée : 10h-10h10					
Axe solaire - photovoltaïque	Elaboration de cellules tandem : associer couches minces et silicium	Adrien Rivallan	adrien.rivalland@univ-nantes.fr	IMN	10h10-10h30
Axe Bioénergie	Projet HaloSys : Production de biocarburant	Khaled Loubar ou Sary Awad	khaled.loubar@imt-atlantique.fr ou sary.awad@imt-atlantique.fr	GEPEA	10h30-10h50
Axe Hydrogène et piles à combustible	Pari scientifique DEBHaT : Décontamination Electrochimique de gaz issus de la Biomasse à Haute Température.	Annie Le Gal La Salle	annie.legal@cnrsmn.fr ?	IMN	10h50-11h10



Efficacité énergétique	Optimisation topologique : application aux problèmes convecto-diffuso-réactifs	Christophe Josset	Christophe.josset@univ-nantes.fr	LTen	11h10-11h30
	Micro-générateurs aéroélectriques flexibles pour l'auto-alimentation de capteurs communicants	Julien Le Scornec	Benoit.guiffard@univ-nantes.fr	IETR	11h30-11h50
PAUSE					
Axe Systèmes et Intégration	Projet Estuaire	François Auger	Francois.auger@univ-nantes.fr	IREENA	12h10-12h30
	Simulation et modélisation des réseaux de chaleur pour des réseaux énergétiques intelligents	Pierrick Haurant	Pierrick.haurant@imt-atlantique.fr	GEPEA	12h30-12h50
Déjeuner entre 13h et 14h en salle 4					
Axe éolien	Projet ADEME ePARADISE : Evaluation des perturbations aérodynamiques sur les pales pour l'amélioration de la durabilité et de l'impact sonore des éoliennes	Caroline Braud	Caroline.graud@ec-nantes.fr	LHEEA	14h00-14h20
	ANR SMARTEOLE/projet FLOATEOLE : Sillages d'éoliennes et interactions dans les parcs éoliens	Sandrine Aubrun	Sandrine.Aubrun@ec-nantes.fr	LHEEA	14h20-14h40
Axes Sciences humaines et sociales	Histoire de l'énergie et sciences de l'ingénieur : des espaces de dialogue ?	Pierre Teissier	pierre.teissier@univ-nantes.fr	CFV (Centre François Viète)	14h40-15h



15h-16h30 : Ateliers en parallèle (Amphi Denis Escande et salle 4) :

- **Appels à projets européens en énergie** (avec Florine Kermagoret, Cellule Europe de l'UBL)
- **Quelles ambitions pour le GIS PERLE ?** (avec Philippe Jan, Directeur Général Adjoint, CCI Pays de la Loire)

Annexe : recueil de résumés

Axe Solaire Photovoltaïque

Elaboration de cellules tandem : associer couches minces et silicium

(Adrien Rivalland)

Pour franchir la barre symbolique des 30% de rendements de conversion photovoltaïque tout en conservant l'outil industriel existant, les cellules photovoltaïques dites « **tandem** » semblent le choix le plus prometteur. En déposant une cellule en couches minces à base de CuGaSe_2 sur une cellule silicium traditionnelle, le rendement théorique atteint 42%. Dans le cadre de ma thèse à l'Institut des Matériaux Jean-Rouxel, en partenariat avec l'Institut National de l'Energie Solaire, je dois, entre autres, optimiser le dépôt de la couche mince de CuGaSe_2 pour ne pas dégrader les performances de la cellule silicium et ainsi obtenir une structure fonctionnelle. Un premier test a démontré la faisabilité d'une telle cellule. Notre première cellule tandem a une tension de circuit ouvert de 1V contre 600mV pour la cellule silicium seule).

Axe Bioénergie

Projet HaloSys : Production de biocarburant

(K. Loubar ou S. Awad)

La population mondiale devrait croître de 40% d'ici 40-50 ans avec des demandes sans précédent d'énergie, de nourriture et d'eau douce. Face à une hausse progressive de la demande énergétique et aux tensions environnementales, il est nécessaire de développer de nouvelles formes d'énergie pour réduire la



consommation des ressources fossiles. Les biocarburants apparaissent comme une réponse possible à condition de pouvoir les produire sans faire concurrence à l'alimentation. Dans ce contexte, pour produire un biocarburant dans le cadre du développement durable, les matières premières doivent être obtenues d'une manière renouvelable, en utilisant des terres impropres pour l'agriculture et faisant une économie de l'eau douce. Représentant 43% de la superficie totale de la Terre, l'exploitation des sols salés, arides et semi-arides devient une nécessité.

Le projet HaloSys s'intéresse à développer des concepts synergétiques de bio-raffinerie en utilisant des procédés thermochimiques de conversion avancés. De plus, plusieurs méthodes d'extraction, aux conditions supercritique, seront utilisées à fin d'optimiser les paramètres opératoires pour une extraction efficace.

Axe Hydrogène et piles à combustible

Pari scientifique DEBAHT : Décontamination Electrochimique de gaz issus de la Biomasse à Haute Température.

(Annie Le Gal la Salle)

Les piles à combustibles (PAC) permettent de produire de l'électricité sans émission de gaz à effet de serre, mais sont actuellement essentiellement alimentées par un combustible comme l'hydrogène. Certaines PAC, fonctionnant à haute température, peuvent également être utilisées avec d'autres gaz comme le gaz naturel. Afin d'optimiser encore l'impact environnemental de la production d'électricité par une SOFC, il est souhaitable d'utiliser une source gazeuse la plus verte possible, l'idéal étant même d'utiliser un gaz issu de déchets, si possible in-situ afin de minimiser les impacts négatifs liés à son transport, via une étape de gazéification. Cependant les gaz ainsi formés contiennent des polluants que la SOFC ne supporte pas. L'objectif du projet DEBHaT est de mettre au point un système original de purification basé sur la transformation électrochimique des polluants en des molécules inoffensives pour la pile. Actuellement, de telles méthodes d'épuration existent mais sont complexes et inadaptées aux unités de petite taille, mettant en péril leur rentabilité économique. Les objectifs de ce projet sont donc de définir très précisément les polluants présents dans les gaz issus de la biomasse locale de la Région, de synthétiser les matériaux susceptibles de les neutraliser par réaction électrochimique, puis de les mettre en forme afin de les intégrer dans la SOFC produisant l'électricité.

Axe Efficacité énergétique

Optimisation topologique : application aux problèmes convecto-diffuso-réactifs

(Christophe Josset)

L'optimisation topologique a été initiée dans le cadre de l'étude des structures notamment en vue d'améliorer le ratio résistance mécanique/poids d'éléments structurels (poutres, raidisseurs, treillis...). Cette approche d'optimisation tranche par rapport à l'optimisation de forme ou de taille par le nombre de degrés de liberté très élevé (de l'ordre de la discrétisation spatiale de la géométrie concernée) et donc par l'étendue de l'espace des solutions possibles. Dans le



domaine des systèmes énergétiques, Elle est beaucoup plus récente alors que le besoin en compacité et en performances s'avère crucial. L'apport de cette méthode d'optimisation sera présenté pour différents types de problèmes, où le contrôle de l'écoulement est primordial dans l'obtention de bonnes performances, à savoir :

- Les problèmes thermo convectifs, visant à maximiser la puissance thermique transférée par des parois solides à un fluide donné (échangeur de chaleur)
- Les problèmes d'advection-diffusion-réaction où l'on cherche à maximiser un taux de réaction en alimentant au mieux les sites réactifs (réacteurs chimiques, procédés de conversion thermo électriques type PEMFC ou batterie à flux).

Micro-générateurs aéroélectriques flexibles pour l'auto-alimentation de capteurs communicants

(Julien Le Scornec)

De nos jours, la récupération de micro-énergie dans la gamme du microwatt au milliwatt, à partir de sources ambiantes et renouvelables est un objectif majeur dans le but de réaliser des microsystèmes autonomes sans fil, tel que des réseaux de capteurs.

Dans ce contexte, les travaux de l'IETR se sont concentrés sur le développement d'un micro-générateur piézoélectrique de faible coût afin de convertir l'énergie mécanique ambiante des flux d'air en énergie électrique. Ce micro-générateur, en forme de brin flexible est composé de couches minces piézoélectriques sur un substrat souple avec des électrodes interdigitées (planaires). Le design de ce microsystème est en cours d'optimisation pour la récupération d'énergie basse fréquence des flux d'air (<10 Hz) mais les premières densités de puissance mesurées placent ces travaux au niveau de l'état de l'art international.

Nous présenterons le procédé de fabrication de ce type de micro-générateur ainsi que les caractéristiques diélectriques et piézoélectriques et les potentialités en terme de conversion d'énergie mécano-électrique.

Axe Systèmes et Intégration

Projet Estuaire

(François Auger)

Ce projet ESTUAIRE, proposé dans le cadre de l'appel à projets de recherche énergie durable (APRED) de l'ADEME, a donc pour objectif principal de proposer un ensemble d'outils de modélisation et de simulation, permettant de déterminer des solutions et scénarios énergétiques optimaux de développement de smartgrids industriels et en particulier portuaires. Ces outils seront appliqués au cas de l'électricité fatale de la société MAN ES afin de proposer une solution technique pertinente pour l'industriel et pour le Port en vue d'un démonstrateur éventuel qui pourra être mis en place par la suite (hors cadre de ce projet). Réunissant des partenaires dans des champs d'expertise complémentaires (énergie, écologie industrielle, développement économique, aménagement du territoire, gestion de données), elle s'inscrit dans la continuité de travaux antérieurs ou en cours et s'organise autour de trois tâches principales :

- 1) L'analyse d'un site industriel producteur d'énergie fatale,
- 2) L'évaluation du potentiel de développement d'un smartgrid industriel portuaire et l'analyse de la gouvernance associée,



3) Le développement d'outils de modélisation et de simulation, permettant de déterminer des solutions et scénarios énergétiques optimaux pour la mise en place d'un smartgrid.

Si les résultats du projet sur les structures de gouvernance et les outils de simulation développés se veulent transposables à d'autres territoires portuaires, le projet proposé prend la forme d'une recherche tournée vers l'action. Les travaux se mènent parallèlement et en lien direct à la démarche d'EIT en cours sur la zone industrialo-portuaire de Saint-Nazaire et s'appuient sur la volonté de MAN ES de valoriser son énergie fatale (électricité et chaleur).

Simulation et modélisation des réseaux de chaleur pour des réseaux énergétiques intelligents

(Pierrick Haurant)

Le pilotage intelligent des réseaux énergétiques est gage de gains d'efficacité énergétique substantiels. A l'échelle territoriale, il s'agit d'optimiser la mobilisation des unités de production centralisées et décentralisées ainsi que la distribution de la chaleur (températures des conduites aller et débits). A l'échelle locale, au niveau des sous-stations, les choix de stratégies de contrôle et de couplage multi-vecteur (chaleur-électricité) peuvent améliorer l'usage de l'énergie.

Différents modèles de réseaux de chaleur, couplés à des outils d'optimisation et d'aide à la décision, sont produits afin de répondre à ces problématiques multi-échelles. Dans cette présentation, un focus sera réalisé sur le traitement d'une de ces problématiques : la valorisation de la chaleur résiduelle des conduites retour dans un contexte multi-critère et multi-acteur.

Axe Eolien

Evaluation des Perturbations Aérodynamiques sur les pales pour l'Amélioration de la Durabilité et de l'Impact Sonore des Eoliennes (projet ADEME soumis: ePARADISE)

(Caroline Braud)

Le phénomène clef commun à la génération de charges aérodynamiques (diminution de la durée de vie) ou de bruit sur une éolienne a pour origine l'état de l'écoulement sur la surface aérodynamique des pales. Cependant, il n'existe pas à l'heure actuelle de capteurs aérodynamiques sur les pales des éoliennes en production capable de déterminer ces états. Ce projet propose d'amener à maturité deux capteurs aérodynamiques (l'ePenon et les capteurs de pression sans fil) dans l'objectif de diminuer les charges aérodynamiques et de diminuer l'impact sonore tout en maintenant voire en dépassant les objectifs du PPE 2018. Pour atteindre cet objectif, le projet prévoit des mesures sur une éolienne 2MW d'un site en production de VALOREM à Saint Hilaire de Chaléons (Vendée) et des mesures en soufflerie à l'échelle réduite (soufflerie aérodynamique du LHEEA) et à échelle 1 d'un tronçon de pale (soufflerie Jules Verne du CSTB). Le projet ePARADISE sera détaillé dans cette présentation



Sillages d'éoliennes et interactions dans les parcs éoliens

(Sandrine Aubrun)

Des pertes de production dues aux interactions de sillages sont constatées dans les parcs éoliens. Il est donc indispensable de caractériser finement les propriétés de ces sillages dans des conditions de fonctionnement réalistes, i.e. in situ. La technologie des systèmes de LiDAR scannant permet la mesure de champs vitesse quasi-instantanée jusqu'à une distance de plusieurs kilomètres. C'est l'instrument qui a été utilisé pendant le projet ANR SMARTEOLE pour la caractérisation du sillage de deux éoliennes terrestre en interactions et qui sera utilisé dans le projet FLOATEOLE (financement WeAMEC) pour la caractérisation du sillage d'une éolienne flottante. Les résultats principaux du premier projet et les attendus du deuxième seront présentés. Les stratégies de contrôle des fermes, visant à optimiser la production globale dans des configurations d'interactions de sillage seront également abordées.

Axe Sciences humaines et sociales

Histoire de l'énergie et sciences de l'ingénieur : des espaces de dialogue ?

(Pierre Teissier)

Je voudrais m'appuyer sur l'histoire de l'énergie pour entrouvrir quelques espaces de dialogue entre sciences de l'homme et sciences de l'ingénieur. À la croisée de thèmes de recherche du Centre François Viète et du GIS Perle, deux questions posées par l'énergie aux sociétés contemporaines pourront être abordées : le stockage de l'énergie (batteries et piles à combustible) et son renouvellement (solaire, éolien, marin).