

GDR SEEDS

Systemes d'Energie Electrique dans leur Dimension Sociétale

GT Micro-réseaux Compiègne 30 JUIN 2016

Programme de la journée

- 9:00 – 10:00 Accueil, café, croissants salle 0.108
- 10:00 – 10:30 Organisation du GT amphi N104
- 10:30 – 12:30 Présentations Micro-réseaux amphi N104
- 12:30 – 13:30 Déjeuner buffet salles 0.113 et 0.117
Discussions libres et visite plate-forme PLER salles 0.114, 0.115 et 0.116
- 13:30 – 13:45 Mot d'accueil B. BACHIMONT, directeur à la recherche UTC
- 13:45 – 15:15 Présentations Micro-réseaux amphi N104
- 15:15 – 15:30 Pause-café salle 0.117
- 15:30 – 17:00 Débat et discussions sur les axes de recherche retenus et moyens d'action salle 0.117

Liste des participants :

	Présents	Inscrits excusés
1	Manuela Sechilariu, AVENUES, Compiègne	Marie Ruellan SATIE, Cergy-Pontoise
2	Fabrice Locment, AVENUES, Compiègne	Nicolas Siauve, AMPERE, Lyon
3	Fabien Lacressonnière, LAPLACE, éq. GENESYS, Toulouse	Yahoui Hamed, AMPERE, Lyon
4	Serge Pierfederici, GREEN, Nancy	Mohamed Benbouzid, IRDL, Brest
5	J-P Martin, GREEN, Nancy	Xavier Roboam, LAPLACE, Toulouse
6	F. Meibody-Tabar, GREEN	Ioan Vechiu ESTIA (PDF envoyé) Bidart
7	I. Rasoanarivo, GREEN, Nancy	Mahamadou A. Tankari, CERTES, Créteil
8	Mamadou Baïlo Camara, GREAH, Le Havre	Hamid Gualous, LUSAC, Cherbourg
9	Alireza Payman, GREAH, Le Havre	Denis Genon-Catalot, LCIS, Grenoble
10	Cristian Nichita, GREAH, Le Havre	Laurent Lefevre, LCIS, Grenoble
11	F. Chabour, GREAH, Le Havre	
12	Corinne Alonso, LAAS, Toulouse	
13	Jean Paul Gaubert, LIAS, éq. GEN2RI, Poitiers	
14	Slim Tnani, LIAS, éq. GEN2RI, Poitiers	
15	Juliette Kauv, SATIE, éq. TEMA (IFSTTAR), Versailles	
16	Anne Blavette, SATIE éq SETE, Rennes	
17	Robin Roche, IRTES et FEMTO-ST, Belfort	
18	Florence Ossart, GeePs, Gif-sur-Yvette (Paris)	
19	Bruno François, L2EP, éq. Réseaux, Lille	
20	Christophe Saudement, L2EP, éq. Réseaux, Lille	
21	Michel Aillerie, LMOPS, Metz	
22	Pierre Petit, LMOPS, Metz	
23	Delphine Riu, G2ELab, Grenoble	
24	Salvy Bourguet, IREENA, Nantes	
25	Azeddine Houari, IREENA, Nantes	
26	Thanh Hung PHAM, LCIS, Grenoble	

Comité de pilotage :

- Responsable GT : Manuela SECHILARIU (AVENUES)
- Co-responsable GT : Corinne ALONSO (LAAS)
- Co-animateurs : Fabrice LOCMONT (AVENUES), Robin ROCHE (FEMTO), Delphine RIU (G2ELab), Mamadou Baïlo CAMARA (GREAH)

Compte-rendu rédacteurs : Robin Roche et Delphine Riu

Présents : 26 participants

Excusés : 10 participants

Exposés : 16 présentations (une par laboratoire/équipe) et une présentation générale pour le GT Micro-réseaux

Sujets principaux dégagés par les 16 présentations :

Micro-réseaux DC et AC

Filtres et stabilisation de bus

Stockage pour micro-réseaux et micro-réseaux pour la mobilité

Communication et télécommunication pour micro-réseaux

Deux types de micro-réseaux : micro-réseau de laboratoire et le micro-réseau site démonstrateur.

Plateformes expérimentales dans les 16 laboratoires : micro-réseaux avec émulateurs et/ou avec sources réelles

Discussions sur les actions proposées :

- Réalisation d'un état de l'art et un travail de référencement international. Ce type d'activité nécessitant beaucoup de temps, il est nécessaire de trouver un fonctionnement permettant d'obtenir une vision d'ensemble des travaux sans monopoliser trop de temps à chacun. Dans cet état de l'art, on prendra garde à différencier les micro-réseaux de laboratoires à visée de recherche uniquement des micro-réseaux de type démonstrateurs, en utilisation réelle.
- Importance de s'intégrer dans un réseau international et création d'un réseau européen (voir plus large) de recherche sur les micro-réseaux. M. Sechilariu a déposé un projet COST avec d'autres partenaires européens sur les micro-réseaux DC; les résultats seront connus en septembre/octobre.
- Création d'un profil « micro-réseau » qui pourrait conduire à une comparaison des approches et algorithmes de chaque laboratoire.
- -Si le GT arrive à travailler ensemble alors on peut prévoir des réponses communes à appel à projets, notamment avec industriels et ANR, ce qui donnera du poids et de la reconnaissance au GT et ensuite pour le dépôt de programmes.
- Publications communes, soit dans des conférences (ELECTRIMACS, IECON, etc.), soit dans des journaux ou livres. Cet élément serait bien vu du CNRS, et montrerait des résultats concrets du GT. M. Sechilariu a été contactée pour réaliser une série de 3 à 4 ouvrages sur les micro-réseaux par ISTE. Il semble intéressant de réaliser cette série ensemble dans le cadre du GT (34 personnes).
- S'afficher clairement auprès des industriels : besoin et savoir-faire. Penser à mettre en place un workshop à Toulouse l'année prochaine. Il serait intéressant d'arriver à attirer des industriels dans nos réunions, pour qu'ils nous fassent part de leurs besoins et savoir-faire. Cela reste toutefois difficile, les industriels ne souhaitant souvent pas communiquer là-dessus. Le site web peut cependant aider à montrer nos activités à l'extérieur de la communauté.
- Mutualisation de stages de fin d'études ingénieur et masters (coûtant pas cher et faciles à mettre en œuvre) entre labos, en particulier pour attirer de bons étudiants en thèse. Stages et doctorants interlabos (voir financement possible par SEEDS).
- Créer une liste des doctorants / postdocs en cours pour favoriser les échanges (nom + titre de la thèse) + données partageables + données de manip expérimentales.
- Autre idée (non discutée, proposition de D. Hissel) : demander au CNRS la création d'un appel à projets spécifique sur les micro-réseaux.

Discussions sur le site web :

- Mise en place d'une plateforme numérique collaborative.
- Cet espace numérique de travail doit servir de vitrine pour présenter nos savoir-faire, travaux (thématiques) et moyens (expérimentaux et logiciels), au niveau de chaque labo. Une liste des thèses et des publications majeures, ainsi que des principales collaborations internationales et industrielles

est également souhaitée. Une cartographie des compétences et moyens doit donc être réalisée, via l'état de l'art mentionné précédemment. Une définition des différents termes (micro-réseau, nanoréseau, etc.) aurait également sa place. De même, la liste des verrous scientifiques et technologiques serait intéressante.

- Une page a été créée sur le site du GDR (seeds.cnrs.fr). Elle reste toutefois à remplir.
- L'hébergement du site reste à voir avec le GDR. J.P. Cambonne préfère que les pages des GT soient gérées par leurs responsables (la faisabilité technique doit être vérifiée), et préfère éviter que des sites externes soient créés.
- Le site doit également permettre de partager des données et des modèles. L'accès doit-il être restreint ? Le LAAS va bientôt mettre à disposition de nombreuses données émanant du bâtiment ADREAM : faire remonter les besoins en termes de données à C. Alonso.
- Une *mailing list* sera prochainement créée par SEEDS pour chaque GT. L'inscription devrait être libre, avec toutefois une validation par le responsable de la liste.

Missions du GT :

- Etat de l'art sur l'avancement des travaux de recherche sur les micro-réseaux
- Identifier le positionnement international
- Réaliser une étude prospective et dresser une feuille de route prévisible
- Créer une coopération effective et un espace numérique du travail à partager
- Réaliser une cartographie des compétences
- Réaliser une série « micro-réseaux » de 3-4 volumes avec l'éditeur ISTE (accord de principe obtenu avec C. Menasce)
- Proposer un COST
- Inviter des industriels potentiellement intéressés.

Aide financière du GDR :

- Le GDR peut financer certains frais, comme un déplacement de quelques jours à semaines d'un doctorant dans un autre labo membre de SEEDS.
- Le GDR a également financé le repas de midi.

Liens avec les autres GT :

- Il existe de nombreuses intersections avec les autres GT, liés à la nature très "système" de notre GT.
- Parmi les GTs proches, on note les GTs suivants :
 - o GT6 : Gestion d'énergie de systèmes hybrides électriques (voir avec M.C. Pera)
 - o GT7 : Commande des systèmes électriques (voir avec M. Hilaiet)
 - o GT2 : Communication CPL pour Smart Grid (voir avec JC Le Bunetel)
 - o GT11 : Stockage électrochimique de l'énergie électrique
 - o GT16 : Simulation et optimisation de systèmes complexes et hétérogènes du génie électrique.

Prochaines réunions du GT :

Lille, en novembre/décembre 2016, L2EP équipe Réseaux

- Le L2EP (B. François) propose (à confirmer) de nous accueillir fin novembre, en semaine 47, à Lille. Une réunion du GT CPL aura également lieu à ce moment. Il est proposé de faire une session commune entre les deux GT.

Toulouse le 4-7 Juillet 2017 lors des journées ELECTRIMACS 2017

- Du 4 au 6 juillet 2017, le LAPLACE organise la conférence ELECTRIMACS 2017. La conférence annuelle de l'IFAC aura lieu la semaine suivante. Le LAPLACE (F. Lacrosonnière) propose d'organiser une réunion du GT à ce moment à Toulouse. Il est proposé de demander la création d'une session spéciale dans la thématique « micro-réseaux ». Des industriels pourraient être invités, afin de leur montrer l'étendue des travaux réalisés par nos laboratoires. Un workshop dédié pourrait également être organisé en parallèle de la conférence.

Bref résumé des exposés (voir les PDF des présentations pour plus d'informations)

Laboratoire AVENUS (EA) - Manuela Sechilariu

- Micro-réseaux urbains, de type concentré
- Communication avec les Smart-grids
- Vision smart grid: micro-réseau du bâtiment connecté au réseau urbain ; présence de routeurs pour gérer la communication dans les 2 directions (production / consommation).
- Exemple : micro-réseau DC avec PV, supercapacités, groupe diesel électrogène, connexion au réseau public. Charges : bâtiments, véhicules électriques. V2G et V2H.
- Verrous scientifiques :
 - o Optimisation en temps réel et contrôle des incertitudes
 - o Interfaces communicantes pour diverses échelles
 - o Modélisation sociale, impact sociétal, acceptabilité
- Mise en place d'interfaces intelligentes avec intégration des contraintes sociétales et économiques.
- Plateforme disponible : PLER et STELLA (Smart Transport and Energy Living Lab) avec ombrière PV, places de parking, stockage Li-ion et SC.
Micro-réseau DC intégré au bâtiment : absence de synchronisation de phase côté bus, amélioration du rendement, véhicule électrique, bâtiment à énergie positive.
Résultats : optimisation et gestion prédictive.
- Travaux en cours : correction des écarts par rapport à manips, impact du rendement des convertisseurs, intégration des éoliennes.

IFFSTAR / SATIE – Juliette KAUV :

Département concerné par le GdR : unité SATIE, équipe TEMA (technos pour une électromobilité avancée)

Axes de recherche de l'équipe :

- Vieillesse et fiabilité des systèmes intégrés de puissance : Compréhension des mécanismes de dégradations et de vieillissement de modules IGBT et nouveaux composants (SiC et GAN)
- Vieillesse et fiabilité de systèmes de stockage d'énergie : Evaluation des paramètres clés (température, tension, courant) ; Supercapa à capacité énergétique de plus en plus développés (avec nanotubes) ; Compréhension de leur comportement en situations d'usages.
- Vieillesse et caractérisation des systèmes PàC (PEM) pour les applications transport.

FEMTO-ST – Robin ROCHE

Equipe SHARPAC – pole Micro-grids

Historique : un grand système hybride

Thématiques privilégiées :

- Gestion de l'énergie et dimensionnement : incertitudes, contrôle distribué, flexibilité, résilience et tolérance aux perturbations, intégration de la production et du stockage, intégration aux réseaux (T&D) et marchés
- Intégration du stockage hydrogène
- Modélisation et simulation
- Autres sujets envisagés : optimisation exégétique, associations convertisseurs/composants, approche SHS (acceptabilité)

Exemples de travaux et projets :

- Datacenters avec production 100% renouvelable
- Micro-grids marins
- Bâtiment FCLAB (bâtiment autonome en énergie)
- Approche multi-agents pour interconnecter des micro-réseaux

Moyens expérimentaux

- Micro-grids de quelques kW : PV, batteries, MS, supercondensateurs, réseau principal
- Temps réel : OPAL-RT et NI
- Stockage électrochimique : piles, batteries, supercondensateurs (performances et vieillissement)

LAPLACE GENESYS – François LACRESSONNIERE

Axes de recherche:

- Integrated design méthodologies
- Architecture, energy management of stand alone systems
- New technologies for storage
- Power sources for electrical discharges

Pour les micro-réseaux:

- Système multicharges, multisources : interconnection de sources différentes
- Développement de 2 architectures à DC : N7 (avec émulateurs essentiellement) et Labège (PàC et électrolyseurs réels). Travaux sur architectures AC. Toit solaire de 20 kW.
- Projet d'interconnexion des 2 sites (N7 et Labège) pour développer un émulateur H2 sur Toulouse.

Pour l'émulation, les intérêts sont : comparaison de différentes stratégies de micro-réseaux, réduction d'échelle d'émulateurs, réduire le temps et l'argent dans le développement de processus.

2 types d'émulateurs: copie du modèle (analytique) et copie « de l'image » (à partir d'un vrai composant) : pour stockage, turbine à gaz.

Compétences sur la thématique micro-réseau :

- Développement de plateformes expérimentales
- Nouvelles technologies de production et de stockage
- Emulation de sources
- Validation de stratégies de gestion d'énergie et méthodologies de dimensionnement

SATIE – Anne Blavette (CR CNRS):

Groupe SETE : Systèmes d'Énergie pour les Transports et l'Environnement.

Recherches dédiés micro-réseaux :

- Co-optimisation conception, gestion des systèmes d'énergie électrique distribués
- Grande dimension : nouvelles méthodes d'optimisation

Application : approche collaborative de flotte de véhicules électriques / centrale PV

- ⇒ Compromis technico-économiques entre producteurs et consommateurs : définition de méthodes de gestion de systèmes complexes nécessitant des temps de calcul importants mais aussi une résolution « temps réel » pour implémentation
- ⇒ Méthode mathématique pour réduire les temps de calcul : ADMM et programmation stochastique dynamique pour chaque sous-problème réduit.
- ⇒ PV avec prédictibilité « pauvre » et VE (avec stockage mais comportement aléatoire et augmentant la puissance peak).
- ⇒ Thèse de Roman xxx (soutenance le 26/09)

Dispositifs expérimentaux :

- Plateforme EnR avec station météo, production PV, batteries SAFT de 1,5 kWh
- Emulateur de chaîne de conversion houlomotrice : problématique de vieillissement du stockage sur cycles critiques

ENSIP/LIAS – Jean-Paul Gaubert – Equipe GEN2RI (estion des énergies renouvelables et réseaux intelligents) :

- Modélisation des systèmes
- Stratégies de commande : optimisation temps réel – communication/signal sur CPL
- Usages avec collaboration SHS : acceptabilité, retour des usages, appréhension des nouvelles technologies
- Modélisation du réseau
- Surveillance du réseau

Axes de recherche en lien avec micro-grids:

- Intégration des moyens de production renouvelable : optimisation multicritères pour le dimensionnement, analyse et gestion des flux d'énergie dans des configurations isolées et connectées
- Chaîne de conversion et de stockage : Optimisation des architectures globales et topologies innovantes, Maximisation de l'extraction de puissance, Modélisation et élaborations de commandes avancées

Plate-forme prévue : solaire, émulation éolien, réseau électrique principal, connexion DC pour émuler un village.

L2EP – Bruno François et Christophe Saudemont (équipe Réseaux)

Objectifs de l'équipe : vers les smart-grids pour répondre aux exigences suivantes

- Nouvelles sources intermittentes, dispersées
- Augmentation des exigences d'efficacité énergétique et de fiabilité
- Intégration dans un marché libéralisé

Axes de recherche:

- Méthodes de gestion énergétique (intelligence artificielle et stochastique)
- Modélisation des sources et des charges
- Couplages de réseaux électriques : liaisons HVDE et connection habitat/distribution et transport/distribution

Moyens expérimentaux :

- Plateforme d'énergie répartie : modèles temps-réel et composants réels
- Réseau triphasé 400V + réseau de communication en U avec SCADA général
- Gestion locale ou centrale de l'énergie avec émulation de systèmes (charges critiques, turbine microgas) et composants réels (PC, supercapacités, batteries).
- Simulateur temps réel (RT-Lab) avec 3 interfaces de puissance de 25 kW

Applications : Réseaux T&D, intégration EnR dans les réseaux, intégration EnR dans le bâtiment, intégration du VE dans les réseaux, réseaux embarqués

Activités microréseaux :

- Classement donné par la CRE des smartgrids (<http://www.smartgrids-cre.fr>).
- Réduction de la consommation d'énergie
- Exploitation des ressources énergétiques renouvelables
- Autonomie énergétique et fiabilité en cas de coupures
- Une définition à partir des caractéristiques communes :
 - o Contraintes et objectifs du réseau : tension, fréquence, autonomie, CO2, fiabilité, résilience...
 - o Micro : puissance < 12 MW : plus de variations.

Présentation LMOPS – Christophe PETIT

Bancs expérimentaux : éolien (3 kW) et installation reconfigurable

- Systèmes physiques pour représenter des installations de puissance : PV avec nouvelles cellules (CPV, MCB-DRS) + réseaux de communication diversifiés.
- Articulation autour d'un bus commun HVDC (400 V) : diversification de systèmes à petite échelle de différentes technos.
- Tests de micro-onduleurs + optimisation pour génération de nouvelles cellules : tapped boost en 1ère solution, MCB-DRS pour améliorer la récupération d'énergie
- PLC utilisée pour la communication avec protocole ASK avec réduction d'impacts (harmoniques) => utilisation de modulation par résonance.

Projets : inclusion de nouvelles sources de stockage pour aller vers un micro-réseau innovant.

GREAH – Mamadou Baïlo CAMARA équipe MERS

Développement des stratégies de gestion dynamique de l'énergie dédiées pour les systèmes multi-sources, multi-convertisseurs et multi-chargeurs.

Problématique : systèmes complexes (caractéristiques, performances différentes) et phénomènes imprévisibles affectant la stabilité et les performances du système.

Approche systémique indispensable pour étudier le comportement global qui n'est pas une juxtaposition des comportements des différents composants (couplage).

Axes de recherche :

- Caractérisation des unités de stockage d'énergie par cyclage électrique/thermique (collaboration avec LUSAC)
- Modélisation avec approche système avec estimation de la durée de vie des unités de stockage (comptage des cycles en collaboration avec CERTES).
- Emulateurs éolienne / hydrolienne
- Optimisation du système global

- Amélioration de la qualité de l'énergie électrique au point de couplage des systèmes multi-sources : prise en compte de la dynamique propre des sources

Moyens expérimentaux :

- Plateforme de caractérisation des batteries et supercondensateurs
- Plateforme multi-source (2 éoliennes de 5 kW, PV, Batteries, supercondensateurs, pile, émulateur hydrolienne), multi-convertisseurs et multi-charge:
- Emulateurs éolienne et hydrolienne
- Simulateurs temps réel RT- LAB

GEEPS – Florence OSART

Problématiques scientifiques :

- Gestion énergétique optimale
- Surveillance et diagnostic, modes dégradés
 - o Sources : PàC (modélisation, surveillance, diagnostic)
 - o Interfaces : convertisseurs (conception, structures, intégration, optimisation énergétique) – convertisseurs dédiés (PàC, transfert inductif, éclairage LED, ...)
 - o CEM : charges, connexion au réseau
- Interactions avec le pôle CO2.

Cadre applicatif :

- Micro-réseau DC 48 V / 300 V avec connexion au réseau AC
 - o Ouvert, modulaire, évolutif, démonstrateur de concepts
 - o Systèmes réels (charge, stockage, ...) et émulateurs
 - o En cours de construction
- Gros programme Grid4Earth pour l'université Paris Saclay en cours de montage : solutions microgrids pour la transition énergétique et la soutenabilité de la planète – 21 partenaires.

GREEN – Serge PIERFEDRICI

Thèmes de recherche :

- Stabilité et stabilisation de réseaux embarqués DC (Spécifications d'impédance, Outils de commande pour systèmes grands signaux, Systèmes multi-agents
- Gestion d'énergie (Contrôle décentralisés avec multi-agents, Contrôle par platitude, passivité : gain pour le dimensionnement des composants passifs, Optimisation des outils de stockage en fonction des besoins, Algorithmes de gestion décentralisée avec charges polluantes, fiabilité et qualité de l'énergie avec perte du réseau de communication).
- Fiabilité / disponibilité – détection de défauts (Analyse fréquentielle des courants et/ou tensions, Méthodes basées sur l'estimation)

Prospectives :

- Projets de micro-réseaux autonomes multi-vecteurs (chaleur, hydrogène, électrique) en assurant : la disponibilité, la fiabilité, la gestion d'énergie, l'optimisation, l'électronique de puissance, Efficacité énergétique, Diagnostic et Etat de santé

Moyens expérimentaux : Pas de micro-réseaux mais capacité à interconnecter différents composants pour créer ces systèmes.

IREENA – Azeddine HOUARI / Salvy BOURGUET

Développements scientifiques :

- Plate-forme évolutive permettant de valider des méthodologies de commande et de gestion
- Qualité de l'énergie : synchronisation et équilibrage des unités de production en mode ilôté
- Gestion de l'énergie : mutualisation des services entre les différents producteurs et architectures modulaires et reconfigurables
 - o Stratégies basées sur le droop

LAAS – Corinne ALONSO

Axes thématiques :

- Traitement et génération efficace de l'énergie

- Intégration des énergies renouvelables
- Internet de l'Énergie

Thématiques spécifiques

- Gestion du stockage d'énergie avec développement de convertisseurs adaptés
- IoT dédiés aux micro-réseaux et gestion des données aléatoires à différentes échelles
- Etudes et modélisation de nouveaux convertisseurs dédiés

Moyens expérimentaux :

- 2 plateformes réelles à courant continu
- Micro-réseau de quelques kW avec le projet OPA Open Platform for ADREAM Bulding
- Projet Néocampus LAPLACE / LAAS
 - o Eclairage(LED) / PV
 - o Réduction de la consommation
 - o Luminaires adaptés avec nouveaux types d'alimentation

Mot d'accueil et présentation de l'UTC, Bruno Bachimont, directeur à la recherche

Formation d'ingénieurs et formation HuTech (5 ans – 800 étudiants, permettre à des bacheliers Let ES de devenir ingénieurs).

20% d'étudiants étrangers à Compiègne, 13% des diplômés travaillent à l'étranger

Trois thématiques de recherche :

- bioéconomie, bioraffinerie territorialisée (ITE PIVERT)
- Mobilité – urbanité – énergie
- Santé et technologies : accompagnement de la médecine avec la techno (organes artificiels).

Deux axes transversaux : compétitivité numérique (simulation, modélisation, conception) et compréhension de l'humain connaissance de l'humain et des techniques).

Acceptabilité sociétale de la technologie.

Créer les conditions de : faire pour comprendre / comprendre pour faire / faire pour agir

Ingénieur « concepteur » versus Ingénieur « prolétaire » => conception versus routine de métier.