

> La recherche sur les réseaux intelligents au sein du pôle MEDEE

EDITORIAL

La région Nord-Pas de Calais peut compter sur plusieurs laboratoires de recherche de haut niveau scientifique dans le domaine de l'énergie électrique.

Ces compétences couvrent l'ensemble de la chaîne de valeur de l'électrotechnique et de l'électronique de puissance :

- Les composants, éco-conçus, dont les performances sont sans cesse améliorées,
- Les associations de composants, leurs systèmes de commande, avec un objectif d'efficacité énergétique, de compacité, prenant en compte les innovations sur les matériaux,
- Les Réseaux électriques, intelligents, dans leur dimension « multi source » et « multi charge »

Nous vous proposons ci-après un éclairage particulier sur les thèmes de recherche sur les Réseaux électriques.

Smart Grid or not Smart Grid ? Cette notion couvre aujourd'hui des applications extrêmement nombreuses, des problématiques très variées : Nanotechnologies, courants forts, communication, métrologie, compteurs intelligents, usine du futur, ...

Nous lui préférons la terminologie « Réseaux Intelligents », des réseaux de transport et distribution de puissance, des réseaux embarqués, des réseaux industriels.

Ces réseaux ont pour problématique commune de gérer l'énergie électrique : Multiplication des sources (y compris via du stockage), parfois intermittentes, à répartir entre un grand nombre de charges (moteurs, tertiaire) qui seront de plus en plus communicantes et actives

Il est important de remarquer que cette Recherche intègre fréquemment des disciplines complémentaires voire non scientifiques : Economistes, sociologues, ... tant ces questions impacteront les sociétés dans leur ensemble.

La « signature » du pôle MEDEE est : L'Efficacité Électrique des Process Industriels. C'est pourquoi nous nous sommes impliqués dans le grand projet de la Troisième Révolution Industrielle en Nord-Pas de Calais. Un des enjeux, par l'innovation dans la mise en œuvre des systèmes électriques, est de participer aux efforts collectifs de lutte contre les changements climatiques.

Paul DUCASSE,
Directeur Général
de MEDEE

Entretien avec Benoît ROBYNS,



Responsable de l'équipe « Réseaux » du L2EP*

Diplômé « Ingénieur Civil Électricien » de l'Université Catholique de Louvain en 1987 et Docteur en Sciences Appliquées de l'Université Catholique de Louvain en 1993, Benoît ROBYNS est directeur de la recherche de HEI, responsable de l'équipe « Réseaux » du L2EP et habilité depuis 2000 à diriger les recherches de l'Université des Sciences et Technologies de Lille.

MEDEE

En quoi consiste la contribution de l'équipe « Réseaux » du laboratoire L2EP dans l'évolution des réseaux électriques vers les smart grids ?

Benoît ROBYNS

Pour le futur, deux grands axes se dessinent : les smart grids et les réseaux électriques continus, appelés CCHT (Courant continu haute tension), en anglais HVDC (High voltage direct current).

Côté smart grids, nous travaillons sur la gestion de l'énergie en temps réel. Il s'agit de gérer l'énergie à travers deux paramètres fluctuants : sa production lorsqu'elle provient des énergies de source renouvelable et sa consommation par les usagers. Dans cette gestion de l'énergie en temps réel, notre équipe s'attelle également à relever le défi de la gestion de la quantité d'informations à traiter ainsi que de la communication associée en collaboration avec le laboratoire XLim de Poitiers. Dans nos recherches, nous visons en effet à accroître l'intelligence des différents acteurs des réseaux du futur, tout en faisant appel à un minimum d'informations. Par ailleurs, pour aller dans le sens d'une acceptation par les usagers d'une évolution des réseaux électriques en smart grids, notre équipe travaille avec des sociologues et prochainement avec des spécialistes des télécoms. En effet, la mise en place de smart grids conduit les gestionnaires de réseaux à connaître les habitudes de consommation des usagers et à pénétrer en quelque sorte dans leur sphère personnelle...

Notre deuxième axe de recherche concerne le développement des réseaux de courant continu (HVDC) dans les réseaux de transport très haute tension, les réseaux dans les bâtiments, les fermes éoliennes offshore et les réseaux des systèmes embarqués (avions, trains par exemple). Une gestion en continu de ces réseaux permettrait de réduire à la fois les pertes d'énergie et les coûts de construction. Or on ne peut gérer l'énergie électrique en continu comme on le fait en alternatif. La gestion en alternatif repose essentiellement sur la fréquence. De fait, il nous faut imaginer d'autres systèmes, comme l'électronique de puissance, thème de recherche d'importance pour nous, fortement lié d'ailleurs au développement du renouvelable.

MEDEE

Quels types de réseaux électriques sont concernés par les développements en smart grids ?

Benoît ROBYNS

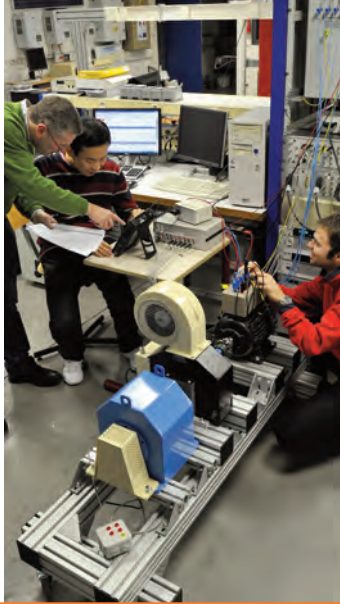
Principalement les réseaux de distribution, réseaux que l'on retrouve dans les villes ou en milieu rural. Peuvent aussi fonctionner en smart grid les réseaux dans les bâtiments, les réseaux industriels et les systèmes de transport (véhicules électriques, hybrides, ferroviaire). Si l'on pousse à l'extrême une conceptualisation en smart grid de ces réseaux, on pourrait imaginer des industries, des quartiers entiers de ville, des bâtiments, fonctionner avec des réseaux intelligents capables de gérer l'énergie en toute autonomie. On parle alors de micro grid. Pour parvenir à de tels systèmes, on doit favoriser la consommation produite localement et à répartir l'intelligence dans ces réseaux. À ce propos, le Danemark fait figure de proue sur cet aspect auto consommation, micro réseaux dans une logique smart grid. Les gestionnaires de réseaux danois sont extrêmement proactifs sur ces évolutions. En France, les réseaux de distributions datent. Leur état d'ancienneté nécessiterait une remise en état. En ce sens, les smart grid présentent une opportunité pour les repenser plus intelligemment.

Dans le domaine du ferroviaire, une gestion intelligente de l'énergie se conçoit dans le rapport entre les besoins des trains et ce que peut fournir le réseau d'alimentation. Il s'agit-là d'offrir des services pour aider à la stabilité dans ces réseaux. Les réseaux de transport de l'électricité connaissent déjà une gestion en smart grid. L'introduction de convertisseurs de puissance dans les prochaines années permettra de gérer les flux de puissance en continu et d'optimiser encore la gestion de l'énergie dans ces réseaux.

***L2EP**

Laboratoire d'Electrotechnique et d'Electronique de Puissance de Lille

Créé en 1989, le laboratoire L2EP est né de la volonté de 4 établissements partenaires : l'Université des Sciences et Technologies de Lille, Arts et Métiers ParisTech, l'Ecole Centrale de Lille, et Hautes Etudes d'Ingénieur (HEI) de regrouper au cœur d'un même laboratoire toutes les activités de recherche en Génie Electrique.



MEDEE

Quels sont les défis majeurs de l'évolution des réseaux électriques vers une dimension smart grids? Pourquoi tant de recherche ?

Benoît ROBYNS

Nous assistons à un changement de paradigme complet puisque l'on tend désormais à favoriser une gestion centralisée de consommation de l'énergie - alors qu'elle est fluctuante par nature puisque dépendante des habitudes de l'utilisateur - laquelle doit se mettre en phase avec une production de plus en plus éclatée avec l'intégration nouvelle des énergies renouvelables.

Cela entraîne un certain nombre de défis que nous devons relever. Le premier concerne les moyens matériels pour assurer la communication entre les centres de gestion d'énergie et les moyens de production : comment récupérer l'information sur le terrain et la traiter pour envoyer ensuite les consignes et les commandes. Le problème se situe surtout au niveau des réseaux de distribution. En effet, le réseau de transport, gérés par RTE, constitue un réseau stratégique puisqu'il forme l'ossature des réseaux électriques. Les centres de gestion d'énergie et les moyens de production communiquent notamment par la fibre optique. Aussi, en cas de problème sur le réseau, l'information circule très vite entre les différents points. Cette solution ne peut s'appliquer aux réseaux de distribution, car beaucoup trop coûteuse. C'est pourquoi les gestionnaires de réseaux de distribution nous demandent de trouver des solutions économiquement viables. Par exemple, l'utilisation des câbles électriques existants. Cette utilisation pose toutefois bien des problèmes. Nous travaillons en parallèle sur la communication sans fil (wifi, 4G) aux coûts plus faibles en collaboration avec le laboratoire XLim de Poitiers. Mais d'autres problèmes se posent, comme le débit, pour récupérer et traiter l'information, sa confidentialité (les ondes diffusent partout l'information envoyée), sa fiabilité, des problèmes d'altération de l'information et enfin des difficultés pour assurer la sécurité du réseau face à certaines menaces.

À côté de ces problèmes d'acheminement de l'information se pose celui de la gestion du flux d'informations. Nous développons ainsi des méthodes pour aller à l'essentiel et « faire le plus avec le moins ».

Autre défi : la mise en place de nouveaux mécanismes économiques et de marché pour valoriser par exemple de nouveaux services ou encore le stockage de l'énergie en lien avec les sources à énergie renouvelable aléatoire. Les différents acteurs du système devront s'entendre sur ces nouvelles voies de gestion de l'énergie : gestionnaires de réseaux, producteurs, transporteurs et consommateurs. De même, la gestion locale de l'énergie, dans un quartier par exemple, nécessitera sans doute la création de nouveaux métiers, tel que celui d'agrégateur local de services. Tout reste à imaginer...

Pour finir, je dirais qu'un défi de taille pour notre équipe réside dans l'interdisciplinarité que demande une démarche smart grid dans un projet. Nous devons en effet intégrer dans notre approche, outre les objectifs techniques, des questions économiques, environnementales et sociologiques. Pour cela, nous dialoguons avec des experts issus de ces différents domaines, ce qui nous amène à adapter nos méthodes et formalismes pour mener à bien ce dialogue. C'est une aventure extrêmement passionnante.

MEDEE

Pouvez-vous nous expliquer pourquoi l'intégration dans les réseaux des énergies de sources renouvelables (éolien, photovoltaïque) rendent nécessaire le développement des réseaux intelligents pour réguler la tension et stocker l'énergie électrique ?

Benoît ROBYNS

Les énergies de source renouvelable dont il est question concernent l'éolien, le photovoltaïque et l'hydraulique. Le problème avec ces productions, c'est qu'on ne peut les exploiter que là où elles se trouvent, endroit qui n'est pas nécessairement celui où elles vont être consommées. Une seconde difficulté réside dans leur caractère aléatoire, fluctuant. On ne peut donc adapter leur production aux besoins de consommation comme on le fait avec les centrales à charbon, au gaz, au nucléaire, au pétrole ou avec les centrales hydrauliques de type barrage. Toutefois, un certain type de consommation pourrait s'adapter à la production d'énergie. Je pense en particulier au véhicule électrique pour lequel la recharge du véhicule se ferait au moment d'un flux de production d'énergie renouvelable, à une période de faible consommation. On pourrait même imaginer de recharger le véhicule au fil du renouvelable.

La solution pour compenser les variations aléatoires de production d'énergie renouvelable et assurer un niveau de puissance disponible réside dans le stockage de l'énergie. Celui-ci connaît actuellement deux voies de développement. Soit on l'adosse aux grandes unités de productions intermittentes. Par exemple, on associe le stockage hydraulique à de l'éolien connecté sur le réseau transport. Soit on répartit le stockage de façon diffuse, par exemple dans le réseau de distribution. Ces voies de développement se situent au cœur d'une logique smart grid.

Concernant le réglage de la tension, de la fréquence, on ne peut compter sur des sources difficilement prévisibles pour assurer la stabilité du réseau, contrairement à la production d'énergie via les sources classiques. Pour cela, une approche multi sources, appelée aussi centrale virtuelle, permet de suivre une consigne de puissance globale à générer sur le réseau électrique et de participer au réglage primaire de la fréquence et ce malgré les fluctuations de la puissance issues du renouvelable.

MEDEE

MEDEE s'implique fortement sur le développement des réseaux électriques intelligents car des nouveaux concepts de machines électriques naîtront de cette évolution. Pouvez-vous nous en donner quelques exemples, notamment ceux liés à l'efficacité énergétique et au stockage ?

Benoît ROBYNS

On peut penser à des machines qui intégreraient une partie d'électronique pour transformer l'énergie. En effet, les machines reçoivent l'énergie sous forme alternative, mais dans certains cas, nous avons besoin d'énergie sous forme continue.

Certaines machines plus intelligentes, pourraient aussi détecter certaines défaillances. Par ailleurs, dans les réseaux embarqués, on rencontre des réseaux alternatifs mais à fréquence variable. Pour ces systèmes, nous allons devoir utiliser des machines capables de s'adapter à ces variations et donc, y intégrer de l'électronique. De façon générale, les machines électriques évoluent vers des machines qui minimisent la consommation, les pertes, voire de machines qui peuvent faire face à des pannes partielles et continuent à fonctionner.

MEDEE

Quels sont les modes de financement de ces travaux de R&D ? Les entreprises peuvent-elles en bénéficier ?

Benoît ROBYNS

Une grande partie de nos projets fonctionnent en recherche partenariale, avec des combinaisons de financements privés et publics. Nos financements publics proviennent de l'ADEME, de l'ANR, de l'ANRT, de l'Europe via la région mais aussi de MEDEE et de la Région Nord-Pas de Calais. Nous recevons des demandes de travaux de R&D de la part d'industriels, avec parfois des phases de démonstrateurs pour les illustrer. Nous travaillons notamment avec RTE, EDF, ERDF, la SNCF, Siemens, Renault, les régions Gérédis et Géolis situées dans le département des Deux-Sèvres, mais aussi GB Solar, Auchan, Eiffage Énergie, ainsi que des exploitants de parcs éoliens comme Maïa Éolis. Des projets et des financements viennent souvent s'ajouter dans le temps à des projets en cours.



MEDEE

Quels sont les partenariats nationaux et internationaux de l'équipe « Réseaux » du L2EP ?

Benoît ROBYNS

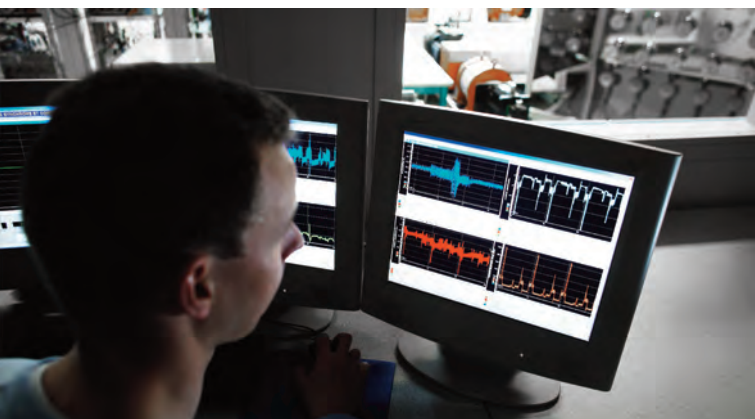
En France, nous travaillons avec le laboratoire de génie électrique de Grenoble G2Elab et avec le laboratoire de Poitiers XLIM-SIC pour la partie télécoms. Depuis quelques mois, nous avons démarré une collaboration avec un sociologue et un économiste du CRESGE de l'université catholique de Lille (Centre de recherches économiques, sociologiques et de gestion). À l'étranger, nous collaborons avec des chercheurs réseaux de l'Université de Liège. Sur la simulation en temps réel, nous travaillons avec l'École polytechnique de Montréal ainsi que l'entreprise Opal-RT.

MEDEE

Comment les entreprises Nord de France peuvent-elle être intégrées à des projets collaboratifs avec le L2EP et bénéficier ainsi de services d'études expérimentales pour faire ensuite du développement ?

Benoît ROBYNS

Dans le domaine du développement électrique, les entreprises régionales pourraient être associées à un certain nombre de projets. Je pense notamment au Groupe DBT ou à Eiffage Énergie. Dans nos manipulations, nous mettons en œuvre des composants. Nous avons besoin de connaître leurs caractéristiques et leurs possibilités d'évolution. Il nous est notamment nécessaire de savoir comment les systèmes de stockage évoluent. Concernant la communication à travers le courant porteur en ligne, nous cherchons à comprendre comment le courant peut passer à travers un transformateur électrique. Cela nous intéresse donc d'obtenir des connaissances sur ces transformateurs de distribution pour pouvoir les modifier, y intégrer de l'électronique de puissance. C'est pourquoi nous sommes intéressés par des partenariats avec des entreprises en région qui fabriquent ce type de transformateurs. De façon plus large, la recherche de la mutualisation énergétique pour baisser les coûts et les pertes génère des projets multi acteurs dans lesquels des partenaires régionaux pourraient apporter non pas des financements mais une expertise. Je pense à des data center, des bailleurs sociaux et bien sûr des parcs éoliens. Un autre sujet sur lequel nous pourrions partager des raisonnements avec des industriels issus de ces secteurs : les réseaux confinés en fonctionnement autonome, en l'occurrence les réseaux embarqués (avion, bateau, train, bâtiments).



MEDEE

En quoi les activités de recherche conduites par votre équipe « Réseaux » au sein du L2EP s'inscrivent dans la TRI (Troisième révolution industrielle) ?

Benoît ROBYNS

Notre laboratoire s'investit énormément sur les appels à projets de l'ADEME en lien avec la TRI. Dans notre bâtiment, nous disposons actuellement d'une plateforme expérimentale. Il est envisagé que nous disposions à l'avenir d'un démonstrateur pour la partie électrique mais aussi thermique. En effet, si notre cœur de métier concerne l'énergie électrique, l'énergie thermique constitue une dimension que nous souhaitons intégrer dans nos études en lien avec le laboratoire LGCe. C'est pourquoi un couplage des deux énergies fait partie de perspectives de recherche importantes.

Dans un bâtiment comme celui d'HEI, lequel abrite notre laboratoire, nous pouvons étudier jusqu'à quatre aspects : l'électricité, le thermique, mais aussi les matériaux composés avec du textile ou du végétal. Lorsqu'on travaille avec un démonstrateur, on doit assurer une phase de suivi interdisciplinaire à la différence des plateformes expérimentales où l'on travaille dans un environnement maîtrisé, à échelle réduite. L'expérimentation dans un démonstrateur se fait sur le mode « vécu » : on ne maîtrise pas le comportement des usagers du bâtiment qui vont consommer l'énergie ni le comportement de certaines sources associées au réseau, comme le photovoltaïque. Il nous faut aussi pouvoir mesurer l'acceptabilité de ces nouvelles technologies et nouveaux modes de consommations par les utilisateurs du bâtiment. À ce propos, nous envisageons une mutualisation énergétique avec le bâtiment HLM contigu au nôtre, ainsi qu'une logique d'autoconsommation et l'intégration de bornes de recharge de véhicules électriques reliées au bâtiment. De tels projets s'inscrivent véritablement au cœur de la TRI.

MEDEE

Pouvez-vous nous donner des exemples de réseaux qui commencent à fonctionner en smart grids ?

Benoît ROBYNS

En France, il n'en existe pas encore vraiment. Dans le département de l'Aube, le projet Venteea permet d'étudier à l'aide d'un démonstrateur l'apport du stockage à l'adaptation de la production éolienne à un réseau moyenne tension. Le projet Smart Vendée consiste lui à optimiser la production et la consommation d'énergie à l'échelle d'un département. Le projet Verdi vise à développer un démonstrateur dans le département des Deux Sèvres, consistant en une infrastructure de recharge des véhicules électriques communicante permettant de réduire les impacts de la recharge sur les réseaux de distribution, et de favoriser cette recharge à partir d'énergie renouvelable produite localement. Toutefois, des pays comme le Danemark, l'Allemagne, le Japon ou encore les États-Unis connaissent des avancées plus significatives en la matière.



LA PLATEFORME TECHNOLOGIQUE « ÉNERGIES RÉPARTIES » :

L'étude du comportement des réseaux électriques en production décentralisée

Quatre organismes de tutelle, l'Université Lille 1, l'ENSAM, l'École centrale de Lille et HEI exploitent la plateforme technologique « Énergies réparties » et la financent. Elle est également portée par deux laboratoires lillois : le Laboratoire d'Électrotechnique et d'Électronique de Puissance de Lille (L2EP) et le Laboratoire de Mécanique de Lille (LML).

Autour d'un simulateur, cette plateforme permet l'étude de nouveaux moyens de production d'énergie (cogénération, éolienne, photovoltaïque, etc.) et l'amélioration de leur intégration. Elle offre également la possibilité de travailler sur le stockage (batteries, super condensateurs, etc.), comme par exemple, mesurer l'impact de la recharge des véhicules électriques sur les réseaux. Le simulateur reproduit en temps réel le comportement d'un réseau électrique intelligent ou d'un réseau embarqué.



Vue de la PF Energies Réparties

Formations adossées à la plateforme « Énergies réparties » :

- Formation d'« Ingénieur Arts et Métiers » ;
- Le Master International « Mobilité et véhicules électriques » (www.mastermobilité-ve.com) ;
- Le Master Spécialisé « Ingénierie des véhicules électriques » ;
- Le Master spécialisé SYSPEC « Technologie des systèmes hybrides de production d'électricité et de chaleur » ;
- La Chaire « Réseaux électriques » de l'École Centrale de Lille.

Par ailleurs HEI dispose de moyens expérimentaux qui sont complémentaires de Energies Réparties.

Exemples de projets testés sur la plateforme HEI :

- Participation au réglage primaire de fréquence par une éolienne à vitesse variable
- Association d'une éolienne à vitesse variable à du stockage inertiel
- Connexion d'un système hybride hydro./ éolien à une charge îlotée
- Gestion d'un système hybride (dissipation et stockage d'énergie par supercapacité) pour un réseau local DC avion
- Gestion énergétique de bâtiments tertiaires équipés de panneaux photovoltaïques et d'éclairages LED
- Gestion de stockages hybrides (batterie et supercapacité),
- Gestion énergétique d'un réseau ferroviaire monophasé AC intégrant une sous-station hybride (stockage et sources renouvelables)

La TRI (Troisième Révolution Industrielle) en quelques mots

La Chambre de commerce et d'industrie de la région Nord de France et le Conseil régional Nord-Pas de Calais œuvrent pour engager la région vers la transition énergétique et de développement d'une économie post carbone. Pour cela, ils ont confié à Jeremy Rifkin l'élaboration d'une feuille de route.

Unique en France, cette initiative porte de nombreuses potentialités, notamment en matière de créations d'emplois, de développement économique et de nouvelle cohérence économique.

La TRI repose sur 8 piliers :

- énergies renouvelables distribuées ;
- bâtiments producteurs d'énergie ;
- hydrogène et stockage de l'énergie ;
- réseaux intelligents ;
- innovation dans la mobilité ;
- efficacité énergétique ;
- économie circulaire ;
- économie de la fonctionnalité.

Les activités de MEDEE et d'HEI autour des réseaux intelligents au cœur de la troisième révolution industrielle.

MEDEE est concerné par plusieurs piliers de la TRI : Énergies renouvelables, stockage, réseaux intelligents et mobilité électrique ; et l'efficacité électrique des process industriels.

Copilote du groupe de travail « Efficacité énergétique » - un des huit groupes de travail réunissant des experts régionaux, nationaux et européens ainsi que des entreprises du Nord-Pas de Calais - Paul DUCASSE a participé à l'élaboration du master plan sous la conduite de Jérémie Rifkin. Ce master plan, présenté en octobre 2013, porte sur les six piliers de travail et les deux thématiques retenues : l'économie circulaire et l'économie de la fonctionnalité.

Quant à HEI, la plateforme « Énergies réparties » lui permet de travailler sur les nouvelles mobilités, les réseaux intelligents et de tester de nouvelles solutions de stockage. L'intégration des énergies renouvelables dans les réseaux constitue aussi la raison d'être de la plateforme. HEI intervient d'ailleurs sur un projet d'envergure, « l'Université zéro carbone », aux côtés de sept universités régionales (Lille I, Lille II, Lille III, Artois, Littoral Côte d'Opale, Valenciennes Hainaut Cambrésis et l'Université catholique de Lille). Ces universités réfléchissent à un plan à l'horizon 2050 concernant plus de 150 000 étudiants et leurs enseignants. Le programme d'étude s'inscrit dans les divers champs de la TRI avec notamment la rénovation des bâtiments, les programmes d'enseignement et la recherche ou encore la mobilité et l'intégration urbaine.

www.latroisiemerevolutionindustrielleennordpasdecals.fr



Contact MEDEE :
Paul DUCASSE
Directeur Général MEDEE

ducasse@pole-medee.com
Tél. : 00 33 320 99 46 37
Mobile : 00 33 682 57 87 37