

SMART GRIDS



LE SAVOIR-FAIRE FRANÇAIS



INTRODUCTION

À l'échelle mondiale, l'adaptation des systèmes électriques est un chantier majeur. L'électrification des territoires ou la modernisation des réseaux électriques existants, les politiques d'efficacité énergétique ou de déploiement des énergies renouvelables, le développement des nouveaux usages de l'électricité ou encore l'introduction du véhicule électrique, sont en effet autant de défis auxquels de nombreux pays ou régions sont confrontés.

Issus de la convergence des technologies des systèmes électriques et des technologies de l'information et de la communication, les systèmes électriques intelligents, ou Smart Grids, jouent un rôle clé dans la réponse à ces enjeux.

En France, le développement des Smart Grids est une priorité pour les acteurs publics et privés. L'expérience française est notamment fondée sur le système électrique développé en France, qui est d'ores et déjà « smart », performant et compétitif. Cette expertise s'appuie également sur de fortes compétences en termes d'« ingénierie système », permettant de répondre de manière précise à tout type de besoin.

L'offre française couvre l'ensemble des briques techniques et commerciales de la chaîne de valeur des Smart Grids. Elle permet de répondre aux problématiques suivantes :

- ◆ **Mieux exploiter et valoriser les énergies renouvelables** et les moyens de production décentralisés, en optimisant l'équilibre entre production et consommation.
- ◆ **Renforcer l'« intelligence » des réseaux de transport et de distribution** : le développement de « Supergrids » et la numérisation des postes de transformation au niveau des réseaux de transport, ou encore l'automatisation des réseaux de distribution font l'objet de nombreux projets qui renforcent les capacités d'« auto-cicatrisation » des réseaux.
- ◆ **Mieux valoriser les flexibilités décentralisées** : il s'agit notamment de déployer les compteurs communicants, de renforcer l'efficacité énergétique active, ou encore d'augmenter la contribution des consommateurs à l'équilibrage des réseaux, via des pratiques telles que le Demand Response ou l'agrégation de flexibilités auprès de sites résidentiels, tertiaires ou industriels.
- ◆ **Agir sur les verrous technologiques** actuels, en travaillant en particulier au développement de solutions de stockage à tous les niveaux du réseau ou en préparant l'introduction du véhicule électrique.
- ◆ **Développer les solutions de demain** : la forte mobilisation des pouvoirs publics français dans le secteur des Smart Grids se traduit notamment, par la mise en place de dispositifs de soutien à l'innovation et aux projets de démonstration et par la mise en place d'un plan de filière prioritaire dédié aux Smart Grids.

À cela s'ajoutent des compétences spécifiques complémentaires, par exemple, dans le développement d'architectures de marché, ou en matière de cyber sécurité.

Maîtrise de la complexité, maîtrise du déploiement à grande échelle et développement de systèmes présentant un fort taux de « dépendabilité » (sûreté de fonctionnement) constituent les trois axes principaux de la vision française des Smarts Grids.

UNE FILIÈRE TRÈS DYNAMIQUE :

- ◆ Des leaders mondiaux et PME-ETI de premier plan spécialisés dans l'ensemble des technologies Smart Grids : opérateurs de réseaux électriques et télécoms, équipementiers, producteurs de composants, sociétés d'ingénierie logicielle, gestionnaires de data centers...
- ◆ Plus de 100 projets Smart Grids actuellement menés sur le territoire français.
- ◆ De fortes capacités de R&D et d'innovation : une vingtaine de projets de démonstration en cours dans le cadre du programme des Investissements d'Avenir dédié aux Smart Grids.
- ◆ La France est le premier pays d'Europe en termes d'investissements dans des projets Smart Grids.

SOMMAIRE

1	Introduction	03
2	Un système déjà Smart	04
3	Un enjeu fort : l'adaptation des systèmes énergétiques.....	05
4	La plus-value de l'approche française: une importante compétence « ingénierie système »	09
5	Une forte expertise tout au long de la chaîne de valeur	11
	1 - La production d'énergie: une évolution importante des mix énergétiques.....	11
	2 - Le transport et la distribution d'électricité: vers des réseaux « auto-cicatrisants »	20
	3 - Une meilleure valorisation des flexibilités décentralisées: le consomm'acteur	26
	4 - Agir sur les verrous technologiques actuels	35
6	Développer les solutions de demain	39
7	Conclusion : la vision française du Smart Grid.....	42

Note : Cette brochure a pour objectif de présenter à l'international les savoir-faire français, publics et privés dans le domaine des Smart Grids.

DISPONIBLES DANS LA MÊME COLLECTION

- ◆ Agir face au changement climatique : le savoir-faire français.....
- ◆ Le savoir - faire français en matière de ville durable - Vivapolis
- ◆ Le savoir - faire français dans le domaine de l'efficacité énergétique dans l'industrie.....
- ◆ Le savoir - faire français dans le domaine de la gestion des déchets.....
- ◆ Le savoir - faire français dans le domaine des énergies renouvelables.....
- ◆ Le savoir - faire français dans le domaine de la géothermie (réseaux de chaleur et production d'électricité).....
- ◆ Le savoir - faire français dans le domaine de la prévention de la pollution de l'air.....
- ◆ Le savoir - faire français dans le domaine de la dépollution des sols et des eaux souterraines
- ◆ Le savoir - faire français dans le domaine de l'efficacité énergétique des bâtiments

2 UN SYSTÈME DÉJÀ SMART

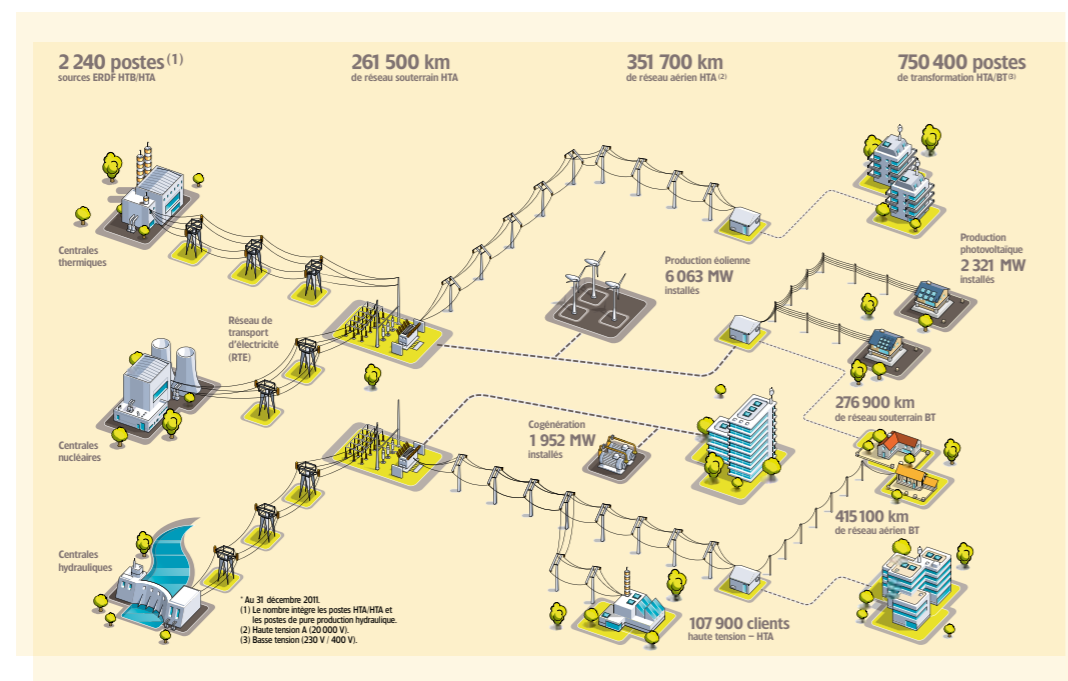
La France est résolument engagée dans la mise en place de réseaux électriques intelligents. Pour y parvenir, elle peut s'appuyer sur un système électrique qui est d'ores et déjà performant et compétitif. Celui-ci repose sur :

- ◆ **Un programme d'investissements visant à mettre davantage d'intelligence dans les réseaux électriques :** Il s'agit notamment d'apporter des améliorations au niveau de l'observation et de l'automatisation des réseaux, ou encore, de déployer à grande échelle le comptage communicant. Mis en œuvre par les opérateurs de réseaux de transport et de distribution de l'électricité, ces investissements contribuent à améliorer la qualité de service et garantissent la sécurité et la performance du système électrique français.
- ◆ **Un réseau de transport déjà intelligent et présentant une très forte observabilité :** Avec 104 000 km de lignes et 2 600 postes de 63 à 400 kV, RTE possède le plus large réseau de transport d'électricité d'Europe et assure à chaque instant une gestion optimale des flux d'électricité sur le réseau français. Au fil du temps, RTE a amélioré la gestion de son patrimoine et possède, aujourd'hui, une organisation et une expérience unique pour optimiser les choix économiques et techniques du cycle de vie des actifs. L'activité de RTE permet également de disposer d'un réseau de transport présentant une très forte observabilité : près de 40 000 informations par seconde sont ainsi collectées pour la surveillance du réseau de transport.
- ◆ **Un réseau de distribution déjà Smart sur la moyenne tension :** Irrigant finement le territoire métropolitain, ce réseau de distribution composé de 1 300 000 km de lignes, de 2 400 postes

sources et de 760 000 postes de distribution permet de desservir plus de 35 millions de clients. Premier distributeur d'électricité européen, ERDF a engagé depuis une quinzaine d'années un programme de modernisation pour développer l'observabilité et la commandabilité du réseau moyenne tension. Ce réseau est donc déjà Smart grâce aux 100 000 appareils de mesure et de télécommande déployés, aux 30 agences de conduite régionales qui agissent comme des tours de contrôle et à des logiciels avancés permettant l'analyse des incidents, la localisation des défauts et contribuant à l'auto-cicatrisation du réseau (capacité à rétablir automatiquement l'électricité des clients en cas d'incident sur le réseau de distribution). Tout ceci a permis de diminuer considérablement les temps moyens de coupures en assurant une réalimentation très rapide des clients privés d'électricité en cas d'aléas climatiques de grande ampleur (tempête, période de grand froid...).

Ces atouts permettent à la France d'avoir aujourd'hui l'un des meilleurs niveaux de qualité de fourniture de l'énergie électrique, à l'échelle européenne et mondiale, tout en assurant un **bon niveau de performance pour les consommateurs et un bon équilibre coûts/bénéfices**.

Les acteurs français de la chaîne de valeur de la fourniture électrique ne cessent d'investir afin d'assurer une amélioration continue de ce niveau de qualité et d'engager les réseaux électriques français sur la voie du déploiement des Smart Grids.



Le système électrique français (Source ERDF)

3 UN ENJEU FORT : L'ADAPTATION DES SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES

UN PAYSAGE ÉNERGÉTIQUE EN FORTE ÉVOLUTION

Les mix de production d'électricité de la plupart des pays du globe sont en train d'évoluer rapidement, portés par des problématiques environnementales, de lutte contre le changement climatique ainsi que par des motivations économiques et géopolitiques d'indépendance énergétique. Le paysage énergétique est également en pleine mutation du fait des préoccupations croissantes en matière de maîtrise de l'énergie et de l'évolution des usages de l'électricité.

- ◆ En Europe, la politique en matière de mix énergétiques est particulièrement active, l'Union européenne étant engagée dans d'ambitieux programmes de développement des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique. Cela est également vrai dans d'autres zones géographiques, où les énergies renouvelables permettent de réduire les émissions de polluants et de gaz à effet de serre, tout en réduisant la dépendance énergétique vis-à-vis des énergies fossiles.
- ◆ En plus de ces changements de politiques énergétiques, les réseaux électriques sont confrontés à une évolution des usages. On peut citer en particulier les consommations liées aux équipements électroniques, aux technologies de l'information et de la communication ou encore à l'insertion des véhicules électriques. Pour faire face aux transitions en cours dans le paysage énergétique, il est nécessaire de continuer à moderniser les systèmes électriques.

« Les objectifs que s'est fixée la France en matière d'énergie et de climat sont ambitieux : diviser par 4 les émissions de gaz à effet de serre et par 2 les consommations d'énergie d'ici 2050, atteindre 23 % d'énergies renouvelables dans le mix énergétique d'ici 2020 et 32 % d'ici 2030, ou encore généraliser le bâtiment à énergie positive pour les constructions neuves à horizon 2020.

Les études de l'ADEME sur les scénarios énergétiques et climatiques à horizon 2030 et 2050 nous montrent que ces objectifs sont atteignables en adoptant une politique volontariste. Les solutions Smart Grids actuellement développées en France constituent l'un des maillons clés qui nous permettra de relever ces défis, en maîtrisant la demande en énergie, en facilitant l'intégration sur le réseau des énergies renouvelables variables ou encore en favorisant le développement de la mobilité électrique.

Bruno Lechevin, Président de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME)

4 GRANDES PROBLÉMATIQUES PEUVENT ÊTRE IDENTIFIÉES À L'ÉCHELLE MONDIALE

INTÉGRATION DE L'ÉLECTRICITÉ ISSUE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES



Intégration de capacités importantes de renouvelables variables et décentralisation de la production. Besoins de capacités flexibles pour assurer un équilibrage des réseaux.

VIEILLISSEMENT DES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES



Adapter les réseaux électriques et équipements vétustes, développer le monitoring du réseau, maîtriser les pertes...

GARANTIE D'APPROVISIONNEMENT



Amélioration du niveau de sécurité et de qualité de la fourniture, maîtrise de la demande. Besoins d'adéquation offre-demande et de monitoring.

ÉLECTRIFICATION DES TERRITOIRES



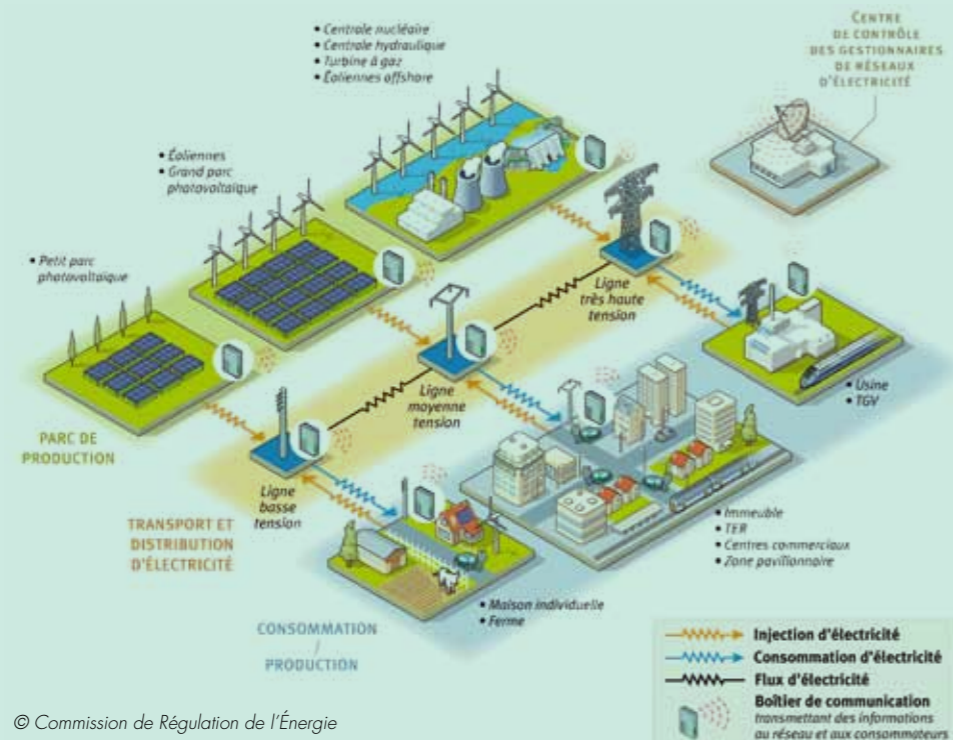
Travaux d'électrification pour faire face à la croissance de la demande d'électricité. Possibilité de s'appuyer directement sur des technologies Smart Grids.

Source : Coda Stratégies

LES ENJEUX DU SMART GRID

- ◆ Dans un système électrique classique, l'équilibre était principalement obtenu en pilotant l'offre d'énergie (adaptation de la production) en fonction de la demande, des meilleures conditions d'approvisionnement et des coûts. Des dispositifs de gestion de la demande permettaient le cas échéant d'inciter les consommateurs à privilégier les périodes de creux (par exemple, en France, les tarifications Heures Pleines/Heures Creuses mises en places depuis les années 70).
- ◆ L'adaptation des systèmes électriques implique désormais d'équilibrer de plus en plus le système électrique non pas quasi exclusivement par l'offre, mais aussi par la demande. Celle-ci doit en effet être gérée de façon active, par exemple en incitant les consommateurs à ajuster leurs consommations lors des pics de charge sur le réseau.
- ◆ La gestion des réseaux électriques, devra prendre en compte un plus grand nombre de ressources réparties dans le système électrique. Cela constitue un changement important dans la façon de concevoir et de piloter les réseaux notamment grâce à l'association de nouvelles technologies de l'information et de la communication avec les technologies actuelles ou à venir de l'électrotechnique.

EXEMPLE D'ARCHITECTURE TECHNIQUE SMART GRID



© Commission de Régulation de l'Énergie

L'architecture des Smart Grids peut se décomposer en trois niveaux :

- ◆ Une première couche d'infrastructure composée d'équipements qui servent à acheminer l'électricité (lignes, transformateurs, etc.).
- ◆ Un deuxième niveau formé par des architectures de communication (multi-supports et multi technologies) collectant des données issues de différents capteurs réseau.
- ◆ Un dernier niveau constitué par des applications et des services, comme le monitoring, les systèmes d'intervention à distance, l'automatisation des réponses à la demande d'électricité utilisant une information en temps réel.

La décentralisation des systèmes électriques et l'évolution du pilotage du réseau supposent également des compétences en matière d'architecture des marchés pour gérer de nouvelles flexibilités.

LE PROJET NICE GRID

- ◆ Nice Grid est un démonstrateur de quartier solaire intelligent qui a pour objectif d'impliquer 1 500 clients résidentiels, professionnels et institutionnels, sur le territoire de la ville de Carros (Alpes-Maritimes). Le projet étudie un concept de réseau électrique intelligent, intégrant une forte proportion de production photovoltaïque au niveau du réseau de distribution, en utilisant différentes formes de flexibilités décentralisées, notamment du stockage et de l'effacement.
- ◆ Nice Grid permet de tester plusieurs architectures de pilotage des ressources, en ciblant, à terme, un pilotage partiel du territoire en cas de situation d'urgence : une zone de consommation autonome, complètement isolée du réseau principal pendant quelques heures, en utilisant ses propres moyens de production et d'équilibrage. Le projet verra l'optimisation de l'exploitation d'un réseau moyenne et basse tension intégrant une production massive d'énergie renouvelable décentralisée et variable et devrait permettre notamment aux opérateurs de réseau, d'identifier comment un Smart Grid contribue à l'équilibre offre /demande d'électricité dans une région qui est une péninsule électrique.



Installations du démonstrateur de quartier solaire intelligent Nice Grid à Carros : bâtiment de la Poste au toit équipé de panneaux photovoltaïques

- ◆ Le projet repose sur plusieurs éléments techniques :
 - une prévision J-1 de la production variable, ainsi que de la consommation des clients ;
 - l'utilisation des flexibilités de consommation des clients (tertiaires, industriels, résidentiels) via l'effacement ; dans le cas des clients résidentiels l'infrastructure de comptage intelligent Linky est utilisée pour piloter certains usages ;
 - l'utilisation des capacités de stockage (batteries), installées au niveau du réseau de distribution ainsi qu'au niveau des postes sources.

Nice Grid est piloté par ERDF, en partenariat avec Alstom, Netseenergy, EDF, ARMINES, RTE, Daikin, Socomec et SAFT. Nice Grid est soutenu par l'ADEME dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir et par la Commission Européenne au sein du projet Grid4EU.



Projet Nice Grid - Le showroom

DÉVELOPPER DES SYSTÈMES ADAPTÉS

Le succès des Smart Grids dépendra principalement de la capacité des acteurs du marché à mettre en place des modèles d'affaires pérennes, répondant aux grands enjeux des systèmes électriques futurs. Aujourd'hui les acteurs français sont mobilisés pour répondre à différentes problématiques telles que :

- ◆ **L'adaptation des réseaux électriques** de transport et de distribution aux impératifs de la transition énergétique (plus d'énergie d'origine renouvelable, plus d'efficacité énergétique).
- ◆ **La mise en œuvre d'outils innovants** de pilotage du réseau et de valorisation de l'électricité d'origine renouvelable à travers un changement de vecteur énergétique : il s'agit par exemple de développer des technologies comme le Power to Gas (conversion des productions renouvelables variables excédentaires en hydrogène ou en méthane) ou le Power to Heat (conversion des productions renouvelables variables excédentaires en chaleur).
- ◆ **L'émergence des synergies** entre les offres destinées aux consommateurs et la mise en place de mécanismes permettant le développement et l'exploitation des flexibilités décentralisées et assurant l'évolution du consommateur vers le « consomm'acteur ».
- ◆ **La concentration sur les verrous technologiques actuels**, comme, par exemple, le stockage d'énergie.
- ◆ **L'expérimentation de modèles innovants** pour les clusters énergétiques et les territoires électriques de demain.
- ◆ **L'anticipation et l'adaptation** des réseaux électriques de distribution au déploiement des véhicules électriques et des infrastructures de recharge associées.

L'IMPORTANCE CROISSANTE DE LA CYBERSÉCURITÉ

Rendre les réseaux électriques intelligents consiste aussi à les instrumenter pour les rendre communicants. C'est pourquoi les acteurs français s'engagent également sur la gestion des risques inhérents à l'utilisation des technologies de télécommunications. Le réseau français est particulièrement sûr, et cela non seulement au niveau de la « sécurité de la fourniture d'électricité », mais également en termes de cybersécurité. Les acteurs

français sont très engagés tant dans le domaine de la protection des infrastructures, que dans celui des services associés et du système d'information du réseau au sens large. L'utilisation de la méthode EBIOS (voir encadré ci-dessous) permet, par exemple, de garantir un haut niveau de sécurité des Systèmes d'Information (SI) des opérateurs français.

FOCUS SUR LA MÉTHODE EBIOS : EXPRESSIONS DES BESOINS ET IDENTIFICATIONS DES OBJECTIFS DE SÉCURITÉ

Créée et régulièrement mise à jour par l'ANSSI (Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information), cette démarche méthodologique apporte une vision globale et cohérente de la sécurité des systèmes d'information. Ainsi, elle fournit un vocabulaire et des concepts communs, permet d'être exhaustif et de déterminer des objectifs et des exigences de sécurité adaptés. La méthode prend en compte toutes les entités techniques (logiciels, matériels, réseaux) et non

techniques (organisation, aspects humains, sécurité physique). Elle permet d'impliquer l'ensemble des acteurs des systèmes d'information dans la problématique de sécurité et propose par ailleurs une démarche dynamique qui favorise les interactions entre les différents métiers et fonctions de l'organisation en étudiant l'ensemble du cycle de vie du système (conception, réalisation, mise en œuvre, maintenance...).

4

LA PLUS-VALUE DE L'APPROCHE FRANÇAISE : UNE IMPORTANTE COMPÉTENCE INGÉNIERIE SYSTÈME

La forte compétence des acteurs français du système électrique en termes d'« ingénierie système » leur permet de répondre de manière adaptée et fiable à des choix énergétiques structurants, à la fois par leur taille et par leurs impacts.

On peut citer, par exemple, la gestion du parc des installations électriques de production d'eau chaude sanitaire (voir encadré ci-après), l'automatisation du réseau de distribution, le déploiement en cours de 35 millions de compteurs communicants... (voir encadré page 10). La gestion de la recharge des véhicules électriques à grande échelle fait également l'objet de travaux importants. Enfin, d'un point de vue technico-financier, les opérateurs de réseau français optimisent finement la gestion des OPEX/CAPEX de leurs infrastructures. Par exemple, ERDF qui a généré en 2013 un chiffre d'affaires annuel de 13,8 Mds d'euros et a dégagé un EBITDA de 3,6 Mds d'euros (bénéfices avant intérêts, impôts, dotations aux amortissements et provisions sur immobilisations), a investi 3,2 Mds d'euros dans ses réseaux.

EXEMPLES DE PROJETS ET D'APPLICATIONS

L'UTILISATION DE 12 MILLIONS DE BALLONS D'EAU CHAUDE COMME CAPACITÉ DE STOCKAGE DÉCENTRALISÉE

◆ Historiquement, le système électrique français repose sur une forte utilisation des productions nucléaires, qui représentent près de 75% de la production d'électricité en France. Ce mix particulier a déterminé les gouvernements français des années 1970 et 1980 à stimuler le développement des usages électriques résidentiels pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Depuis près de 40 ans, ERDF assure l'acheminement des signaux tarifaires de basculement en heures creuses, pour 12 millions de clients utilisant un tarif

« Heures Pleines / Heures Creuses », et pilote plus de 12 millions de ballons d'eau chaude.

◆ Cette importante capacité à synchroniser et finalement gérer un parc de stockage décentralisé particulièrement conséquent, donne une flexibilité importante au système électrique français – près de 20 GW de puissance flexible et près de 20 TWh par an, soit environ 12% de la consommation d'électricité annuelle des logements en France.

L'INTERCONNEXION FRANCE-ESPAGNE : UNE DES CONTRIBUTIONS DE RTE AU PROJET D'INTERCONNEXION EUROPÉENNE

◆ Le projet d'interconnexion France-Espagne relève des missions de RTE pour le développement du grand réseau européen. Il s'agit d'un projet de liaison souterraine à très haute tension (320 000 Volts) en courant continu sous les Pyrénées, afin de relier les systèmes électriques français et espagnol. Cette liaison de technologie innovante est intégrée dans un réseau en courant alternatif.



Avancement des travaux de l'interconnexion France-Espagne dans les Pyrénées Orientales – © MOREN Thomas RTE

◆ L'objectif du projet est d'augmenter la capacité d'échange en la portant de 1 400 à 2 800 MW ; celle-ci va permettre de renforcer la sécurité d'approvisionnement électrique entre les deux pays, de favoriser la production quotidienne des énergies renouvelables et de l'intégrer plus efficacement au réseau, notamment les ressources éoliennes fortement implantées en Espagne. Il permettra enfin d'intégrer le marché ibérique au marché européen.

deux extrémités des câbles à Baixas et Santa Llogaia ; résoudre les différentes difficultés de ce type d'infrastructure, liées notamment à l'environnement.

◆ Plusieurs challenges techniques ont dû être gérés, dont notamment : creuser un tunnel de 65 km avec une portion de 8,5 km sous les Pyrénées ; aménager des stations de conversion VSC (Voltage Source Converter, ou convertisseur source tension) aux

Le projet est coordonné par INELFE (INterconnexion Électrique France-Espagne), entreprise commune qui rassemble les gestionnaires des réseaux espagnols et français, respectivement REE (Red Eléctrica de España) et RTE (Réseau Transport d'Électricité).

LE DÉPLOIEMENT DE 35 MILLIONS DE COMPTEURS COMMUNICANTS : LE PROGRAMME LINKY

◆ Linky est le nom du nouveau compteur de la génération dite des « compteurs communicants » qui sera déployé par ERDF sur le territoire français. Ce compteur présente de nombreux avantages pour les clients. Il leur permettra notamment une gestion plus simple, plus précise et plus efficace de leur consommation électrique. Avec ce nouveau compteur et les services qui lui seront associés, les clients pourront accéder rapidement et facilement au suivi de leur consommation électrique.



Le compteur communicant Linky – © Aldo Sperber - PVVP

◆ Mieux informés sur leurs habitudes, ils pourront optimiser leur consommation d'électricité et mieux maîtriser leurs dépenses d'énergie. Ceux qui le souhaitent pourront aller plus loin en connectant leurs équipements au compteur communicant pour accéder à des données de consommations en temps réel ou permettre le pilotage direct de certains appareils. Linky permettra non seulement de recueillir des informations classiques pour le comptage (index de consommation pour la facturation) mais aussi des informations nouvelles sur l'état du réseau (niveau de tension, par exemple). Le même système sera aussi capable de transmettre des ordres à distance. Par exemple, lors d'une pointe de consommation d'électricité, il sera possible de décaler le fonctionnement de certains équipements en se fondant sur un signal.

◆ La pose d'une première vague de 3 millions de compteurs débutera à partir de fin 2015 et devrait se conclure à horizon 2020 avec l'installation de 35 millions de compteurs communicants. Cet investissement n'aura pas d'impact sur la facture des clients : les gains réalisés avec Linky (moins de déplacements et moins de consommations non comptabilisées) viendront couvrir l'investissement nécessaire.

UNE APPROCHE INNOVANTE POUR DÉVELOPPER DES SMART CITIES – EDF

◆ EDF travaille activement dans le domaine des « villes intelligentes », notamment en créant des outils permettant de soutenir les décideurs municipaux dans leurs différents projets. L'outil de simulation 3D développé par EDF est un bon exemple : ce dernier permet notamment de visualiser et de quantifier les impacts de différentes politiques et programmes municipaux, donnant aux décideurs la possibilité d'optimiser leurs programmes d'investissement.

◆ L'outil 3D d'EDF est actuellement utilisé par la Housing Development Board (HDB) de Singapour pour développer de meilleures politiques pour des quartiers plus durables.

« Cet outil sophistiqué nous permet de simuler des scénarios complexes, qui devront aider les planificateurs HDB à analyser et déterminer la meilleure combinaison de stratégies utilisant à la fois le design et les solutions technologiques. »
Dr Cheong Koon Hean, CEO HDB

DES DISPOSITIFS DE FORMATION À LA POINTE

◆ Les acteurs français des Smart Grids peuvent s'appuyer sur une filière de formation particulièrement dynamique et fortement engagée dans des projets de R&D associés aux réseaux intelligents. Plusieurs universités et grandes écoles françaises travaillent sur ce sujet, tant au niveau technique qu'au niveau économique.

(Conservatoire National des Arts et Métiers) (voir encadré page 24).

◆ Des modules Réseaux Électriques Intelligents ont été intégrés dans plusieurs cursus universitaires, avec, par exemple, la création du Master spécialisé Optimisation des Systèmes Énergétiques entre le Centre de Mathématiques Appliquées des Mines ParisTech, le Centre de Recherche en Économie et Droit de l'Énergie de la Faculté des Sciences Économiques de Montpellier et l'EDHEC.

◆ Par ailleurs, l'État et l'ensemble de la filière, proposent dans le plan « Réseaux Électriques Intelligents » de constituer un portefeuille de compétences ciblées, en créant une académie des Réseaux Électriques Intelligents, pilotée par les Instituts Carnot, au sein de laquelle seront mis en réseau les centres de formation des industriels et les instituts d'enseignement, l'objectif étant d'élaborer une offre adaptée aux besoins des acteurs industriels français en anticipant les enjeux de la filière.

◆ Les démonstrateurs permettent également de développer l'offre de formation sur les Smart Grids, comme dans le cas du projet Smart Grid Vendée avec le CNAM

◆ Cette mobilisation permettra à l'avenir aux acteurs français de disposer de collaborateurs à la pointe de la R&D, mais aussi aux structures étrangères de pouvoir accéder à une offre de formation de qualité sur le territoire français.



UNE FORTE EXPERTISE TOUT AU LONG DE LA CHAÎNE DE VALEUR

L'adaptation des réseaux électriques est un chantier majeur, avec des problématiques qui diffèrent en fonction des territoires. Les acteurs français proposent des solutions adaptées à ces situations, grâce à des fortes compétences en termes d'ingénierie système, mais aussi grâce à leurs capacités à couvrir toutes les briques techniques et commerciales de la chaîne de valeur des réseaux électriques intelligents. Le réseau intelligent peut se décliner selon plusieurs niveaux techniques :

CHAÎNE DE VALEUR TECHNIQUE DES RÉSEAUX INTELLIGENTS



Source : Rapport du Comité de Filières Eco-Industries - COSEI

5.1 LA PRODUCTION D'ÉNERGIE : UNE ÉVOLUTION IMPORTANTE DES MIX ÉNERGÉTIQUES

5.1.1 Une meilleure exploitation des énergies renouvelables variables

◆ Les énergies renouvelables présentent de multiples atouts. En particulier, elles sont inépuisables à très long terme. Dans le cas de la production d'électricité à l'aide des énergies solaire et éolienne, les conditions climatiques (variabilité de l'ensoleillement et de la ressource en vent) influencent la production et rendent difficilement prévisible leur injection sur les réseaux. Les technologies Smart Grids permettent de répondre à cet enjeu en optimisant l'équilibre entre production et consommation tout en limitant le recours aux centrales thermiques d'appoint.

◆ Il s'agit par exemple de mettre en place de véritables centrales virtuelles de production ou Virtual Power Plants (VPP) associant les énergies renouvelables variables à différentes formes de flexibilité comme l'effacement, le stockage, des productions flexibles, etc. Ces centrales électriques virtuelles combinent des sources d'énergie, qui sont optimisées par un système informatique centralisé, afin d'assurer un meilleur niveau de valorisation ainsi que, plus généralement, l'accès à de nouvelles structures de marché.

◆ En combinant plusieurs sources d'énergie, souvent de petite capacité et avec des profils de variabilité différents – du très variable comme l'éolien, jusqu'au très peu variable, comme par exemple l'hydroélectrique ou le biogaz –, les VPP offrent de nouvelles options de valorisation pour un petit producteur d'énergies renouvelables. Par ailleurs, les nombreux travaux sur l'amélioration de la prévision de la production issue des énergies renouvelables constituent un levier complémentaire de valorisation pour ce type d'énergie.

◆ Ce type de système permet de trouver de nouvelles solutions de valorisation des énergies renouvelables, leur permettant de rester compétitives à terme sur les marchés d'électricité par rapport aux productions conventionnelles. Les acteurs français sont particulièrement impliqués dans le développement des technologies et pratiques tant en matière d'observabilité et de prévision de la production des EnR, qu'en matière de conception et de mise en œuvre de centrales virtuelles, comme le montrent des projets comme RéFlexE (voir ci-dessous), EnR Pool (voir ci-dessous), Smart Grid Vendée (voir encadré page 24) ou encore SunHydrO (voir page suivante).

EXEMPLES DE PROJETS

ENR POOL – UNE CENTRALE DE PRODUCTION VIRTUELLE (VPP) UTILISANT DES CAPACITÉS DE MODULATION DE CONSOMMATEURS

◆ EnR Pool construit une VPP intégrant des productions d'EnR variables (éoliennes et photovoltaïques) et de la modulation de consommateurs industriels. L'objectif est de proposer des mécanismes d'incitation financière pour permettre à des industriels fortement consommateurs d'électricité d'adapter ponctuellement leur consommation dans le but de contribuer à résoudre différents problèmes liés à l'intégration des EnR variables au réseau électrique.

◆ Dans un premier temps le projet a identifié les enjeux liés à l'intégration des EnR variables puis les a hiérarchisés pour se focaliser sur les problèmes prioritaires vis-à-vis de l'équilibre du système électrique. Ensuite, des

outils ont été développés pour permettre d'anticiper ces problèmes. Enfin, l'agrégation d'industriels en fonction du signal EnR a été pilotée à partir du centre opérationnel d'Energy Pool basé à Chambéry.

Le projet, coordonné par Energy Pool, impliquait également Schneider Electric, notamment pour ses compétences techniques en termes d'architecture de communication et le CEA / INES (centre de recherche scientifique) pour son expertise dans le domaine des énergies renouvelables. EnR Pool était soutenu dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir géré par l'ADEME.

RÉFLEXE – DE NOUVEAUX MODÈLES DE VALORISATION DES FLEXIBILITÉS DÉCENTRALISÉES

◆ Le projet RéFlexE avait pour objectif d'identifier les potentiels de flexibilité d'infrastructures consommatrices du secteur tertiaire. Il s'appuyait sur une centrale virtuelle de gestion informatisée pour permettre en temps réel le pilotage des installations consommatrices et productrices et les sources décentralisées.

◆ Mené entre 2011 et 2014, RéFlexE a permis de démontrer que l'effacement est une réelle solution pour le lissage des consommations, contribuant à la diminution des pics et à l'équilibrage de la demande et de la production. Il a également permis d'étudier les aspects environnementaux, sociologiques (confort et acceptabilité des usagers) et économiques (évaluation des investissements, potentiel réel d'effacement, modèle d'affaire) inhérents aux projets d'effacement.

◆ Plusieurs éléments techniques ont été ciblés: Améliorer les prévisions de consommation et identifier les possibilités de flexibilité; Étudier la flexibilité offerte par les moyens de stockage locaux et le contrôle de la production décentralisée; Identifier des infrastructures de communication et des solutions logicielles pour récupérer et traiter les données dans l'optique d'une optimisation des flux.

Coordonné par Veolia Environnement Recherche et Innovation, le projet a également mobilisé Alstom (plateforme d'agrégation et de valorisation des flexibilités), le CEA / INES (recherche sur le stockage et la prévision de production photovoltaïque), Sagemcom (outils de communication) et Supélec (expertise sur le réseau électrique). RéFlexE a bénéficié d'un soutien dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir géré par l'ADEME.

AMÉLIORER LE COMPORTEMENT ET LA VALEUR DES PRODUCTIONS VARIABLES CHAMP D'INTERVENTION DES ACTEURS INDUSTRIELS FRANÇAIS

EXPLOITATION +

- ◆ Réduire le comportement variable de la production EnR non flexible
- ◆ Améliorer les facteurs de charge des productions variables

DÉCENTRALISATION +

- ◆ Agréger et valoriser des ressources de petite taille
- ◆ Développer une utilisation décentralisée des EnR basée sur un modèle d'autoconsommation

VALORISATION +

- ◆ Permettre une valorisation hors tarifs d'achat des EnR variables
- ◆ Permettre de mieux valoriser les EnR variables (services système, capacité)

Source : CODA Strategies

EXEMPLES DE PROJETS

SUNHYDRO – MIEUX VALORISER LES PRODUCTIONS ENR VARIABLES EN LES COUPLANT À DES CAPACITÉS DE STOCKAGE TERRITORIALES

◆ SunHydrO est un programme de recherche et développement, élaboré et coordonné par Sun'R Smart Energy, agrégateur d'énergies décarbonées positionné comme un intermédiaire entre les producteurs/gestionnaires d'infrastructures et les marchés de l'électricité. SunHydrO explore la viabilité technique et économique du recours au stockage décentralisé pour assurer une meilleure intégration et ainsi une meilleure valorisation des énergies renouvelables variables. Concrètement, le projet vise le développement d'une centrale virtuelle hybride associant une multitude de sources de production photovoltaïque et éolienne, à une station de pompage-turbinage de taille intermédiaire.

◆ Les innovations du projet reposent sur le développement de techniques avancées de prévision de la pro-

duction EnR et des prix de marchés, la mise en place d'une plateforme hébergée (SaaS) de gestion temps-réel d'actifs énergétiques hétérogènes, la conception d'un modèle de station de pompage-turbinage ultra-flexible, l'utilisation des meilleures techniques d'optimisation et l'équilibrage des modèles d'affaire associés, dans un contexte de disparition des tarifs d'achat, et d'exposition de la production renouvelable aux prix du marché de gros.

Recevant le soutien de l'État via le Fonds Unique Interministériel, ce projet réunit principalement des entreprises reconnues pour leur grande agilité: Clim-pactMetnext, Clemessy, Eiffage TP, QOS Energy, Mhylab, l'Observatoire de l'Innovation dans l'Énergie (O.I.E), SETEC Energy Solutions, Sun'R ainsi qu'ENSTA ParisTech et l'ENPC.



PLATEFORME DE MONITORING QANTUM®

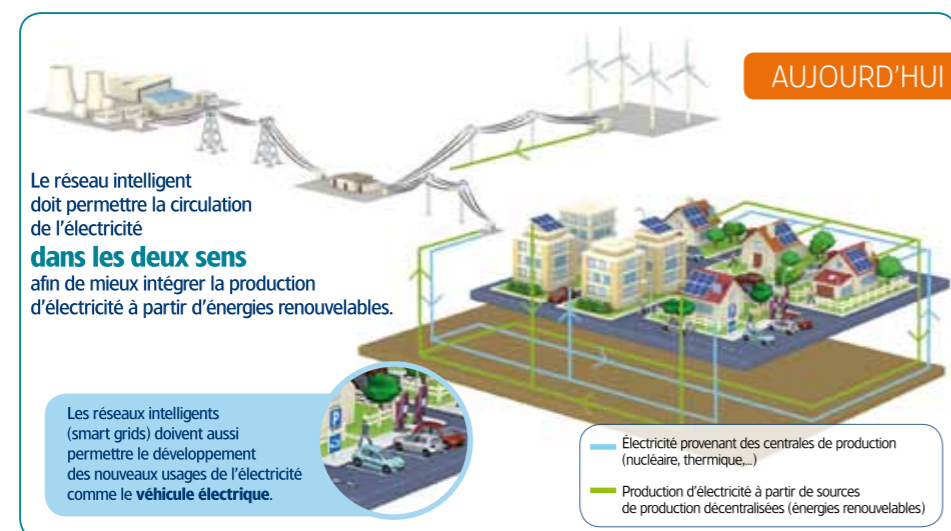
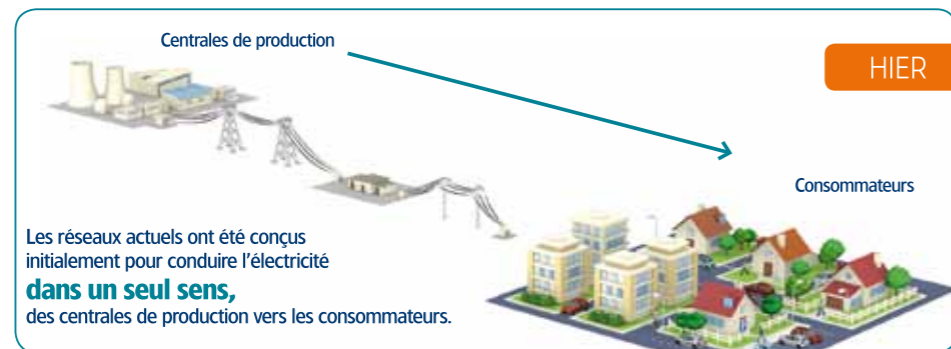
QOS ENERGY, éditeur logiciel spécialisé dans le développement de technologies web innovantes de monitoring et de pilotage temps réel d'infrastructures énergétiques, commercialise la plateforme EMS Qantum®. QOS ENERGY apporte son expertise au programme de recherche et développement SunHydrO. Au sein de ce projet collaboratif, QOS Energy est chargé de la conception et du développement du Système d'Information dans son ensemble et plus particulièrement sur les fonctionnalités d'agrégation de production (Virtual Power Plant), de pilotage de stockage temps réel et de trading énergétique.

Vers des moyens de production de plus en plus décentralisés et variables: un changement de paradigme pour les réseaux

- ◆ Les réseaux européens, conçus pour acheminer l'électricité depuis quelques points de production centralisés vers les lieux de consommation, doivent faire face à une croissance importante du développement de la production décentralisée via les EnR, raccordées à la fois au niveau du réseau de transport et du réseau de distribution. La production se situe donc désormais à la fois de manière centralisée en «amont» des réseaux, mais également au cœur des réseaux, complexifiant nettement les flux d'énergie.
- ◆ Intégrer en toute sécurité ces flux d'énergie bidirectionnels est un enjeu majeur pour les réseaux de demain, et un enjeu prioritaire pour les acteurs français. Depuis plus de 10 ans, les opérateurs français intègrent un nombre croissant de moyens de production renouvelables à tous les niveaux du réseau. Aujourd'hui, environ 95%

des sites de production éolienne et photovoltaïque sont raccordés au réseau de distribution géré par ERDF et représentant un total de 303000 sites pour 11,4 GW (dont 7,4 GW éolien et 3,9 GW PV).

- ◆ Ces acteurs sont aujourd'hui à la pointe des initiatives d'intégration, en toute sécurité, de ces capacités variables, comme l'attestent de nombreux projets, comme Venteea (voir encadré page suivante), Smart Grid Vendée (voir encadré page 24), Nice Grid (voir encadré page 7), concernés, entre autres, par l'introduction massive des EnR au niveau des réseaux de distribution, ou encore, le projet Twenties (voir encadré page suivante), qui cherche entre autres à développer les technologies qui permettront le déploiement d'un véritable réseau maillé offshore, en courant continu, afin d'acheminer l'énergie éolienne en mer du Nord.



Source : ERDF

TWENTIES : LA CONTRIBUTION DE RTE ET ALSTOM À L'INTÉGRATION DE L'ÉOLIEN OFF-SHORE AU NIVEAU EUROPÉEN

- ◆ L'Union européenne, dans le cadre de son appui à l'intégration progressive des énergies renouvelables, notamment de l'éolien, a mené à bien le projet Twenties, d'avril 2010 à septembre 2013. Au moyen de la mise en œuvre de six démonstrateurs de grande ampleur, Twenties visait à faciliter l'intégration de l'énergie éolienne (terrestre et offshore) dans le système européen d'ici 2020. Ce projet de R&D visait à démontrer les avantages des nouvelles technologies, souvent couplées à des méthodes d'exploitation innovantes.
- ◆ Le projet, coordonné par REE, le gestionnaire du réseau de transport d'électricité Espagnol, comprenait 25 autres sociétés et institutions partenaires de 10 États membres,

dont notamment Alstom Grid et RTE. Les deux acteurs français ont été notamment chargés de travailler sur les verrous technologiques liés au développement d'un réseau à courant continu. Celui-ci pourrait par exemple raccorder en Mer du Nord les parcs éoliens offshore entre eux et aux pays bordant cette mer.

- ◆ L'un des résultats notables de cette contribution française a été de développer un maillon indispensable aux réseaux à courant continu, à savoir le disjoncteur à courant continu. Celui-ci permet une meilleure valorisation du potentiel éolien : il sera plus facile d'évacuer l'énergie produite et il sera possible de la diriger vers le pays où il y en a le plus besoin.

VENTEEA : UNE RÉPONSE AUX PROBLÉMATIQUES D'INSERTION MASSIVE DES ENR DANS LES RÉSEAUX DE DISTRIBUTION

- ◆ Le projet Venteea a pour objectif de répondre à l'insertion massive des EnR, notamment décentralisées, dans les réseaux de distribution. Venteea vise à développer et tester des équipements et des outils de gestion innovants sur un réseau de distribution HTA (moyenne tension), en milieu rural et de forte production d'énergie éolienne. Le projet, qui se déroule dans le département de l'Aube, cherchera également à minimiser les coûts d'investissement, à réduire les perturbations causées par le raccordement des EnR et les pertes techniques et à améliorer la fourniture d'énergie grâce au développement de systèmes d'observation, de prévision et de régulation de la tension.
- ◆ Plusieurs briques techniques seront étudiées, dont notamment : l'amélioration et l'automatisation de la conduite du réseau ; le développement d'outils innovants (capteurs, contrôle commande, transformateurs, détecteurs de défauts...) visant à améliorer la conduite du réseau de distribution en présence de production décentralisée d'énergie ; l'analyse écono-

mique, environnementale et réglementaire des solutions proposées ; le développement de l'interface des SI en charge de la gestion du réseau.

Piloté par ERDF, le consortium du projet inclut Schneider Electric (solutions de contrôle-commande numérique), EDF R&D (expertise technique et savoir-faire sur le réseau), Enel Green Power (qui met à disposition un parc éolien pour servir de pilote), Saft (solution de stockage d'énergie), RTE (sécurisation de l'alimentation et supervision), General Electric (compétences SI et développement du modèle de données du réseau HTA du SIG), MADE (instrumentation et mesure pour les réseaux), ainsi que deux partenaires scientifiques (Université de Technologies de Troyes et Laboratoire d'électrotechnique et d'électronique de puissance, L2EP, de Lille). Le projet Venteea est soutenu dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir géré par l'ADEME. D'autre part le projet Venteea, avec 7 autres distributeurs européens (Italie, Espagne, Autriche, Grèce et Allemagne) contribue pour ERDF au projet européen IGREENGrid.

L'ADVANCED DISTRIBUTION MANAGEMENT SYSTEM (ADMS) DE SCHNEIDER ELECTRIC

- ◆ L'offre ADMS de Schneider Electric est une solution destinée aux gestionnaires des réseaux de distribution, intégrant les opérations de monitoring, d'analyse, de contrôle, d'optimisation et de planning, et fonctionnant sur une représentation unique du réseau de distribution. Via des fonctionnalités de monitoring réseau et de contrôle en temps réel, l'ADMS permet notamment une intégration en toute sécurité des ressources décentralisées, et peut soutenir cette intégration en utilisation des sources de flexibilité comme le Demand Response, par exemple.
- ◆ L'ADMS est aujourd'hui utilisée dans plus d'une centaine de centres de contrôle de 42 utilities au niveau mondial : on peut citer par exemple son utilisation par Hydro One, au Canada, pour la gestion de son réseau et notam-

ment pour l'intégration des productions variables sur son territoire de service, ou encore l'utilisation par des utilities chinoises comme Guizhou Power Grid et China Southern Power Grid, pour optimiser le fonctionnement du réseau de distribution, notamment dans une logique de gestion des actifs.

- ◆ L'offre ADMS est également une composante majeure de l'offre codéveloppée par Schneider Electric et DONG Energy et destinée à soutenir les opérateurs des réseaux insulaires dans leurs efforts d'augmentation de la part des énergies variables dans ces systèmes fortement contraints par nature. Le système a déjà fait ses preuves dans le cadre d'un projet d'intégration de capacités éoliennes aux Îles Féroé.

MYRTE : MIEUX INTÉGRER LES ENR, DANS UN CONTEXTE DE RÉSEAU INSULAIRE INTERCONNECTÉ

- ◆ Le projet MYRTE vise à coupler de l'énergie solaire photovoltaïque avec une chaîne hydrogène utilisée comme moyen de stockage d'énergie afin de réduire le comportement variable de cette source de production. L'objectif de cette plateforme est de répondre à la variabilité des énergies renouvelables et de renforcer la stabilité d'un réseau électrique insulaire avec un fort taux d'intégration de sources d'origine renouvelable. Fondé sur une coproduction d'électricité et d'hydrogène à partir d'énergie solaire, le projet permet d'étudier en particulier : l'écrêtage des pics de production grâce au stockage de l'énergie ; l'atténuation des variations de production liées aux facteurs environnementaux ; la surtension apparaissant en cas de forte production photovoltaïque dans un contexte de faible consommation. Le développement de ce démonstrateur est une première en Europe et au niveau mondial dans cette gamme de puissance.

- ◆ La plateforme MYRTE est la première réalisation de solution de stockage hydrogène à cette échelle. Elle démontre la forte valeur ajoutée de ce type de technologie et plus particulièrement de la Greenergy Box™ développée par AREVA. Grâce à un potentiel de stockage de 1,75 MWh et une puissance d'injection de 150 kW, MYRTE s'impose comme un projet de référence pour la sécurisation du réseau électrique corse.

MYRTE est issue de l'engagement de trois partenaires : l'Université de Corse Pasquale Paoli, AREVA (stockage d'Énergies) et le CEA. Elle bénéficie également du soutien de la Collectivité Territoriale de Corse, de l'État français et de l'Union européenne.



Plateforme Myrte – © Areva

Le cas spécifique des microgrids

- ◆ Les microgrids sont des réseaux intelligents développés à une échelle restreinte, allant d'un groupe de bâtiments, jusqu'à un éco-quartier, voire une ville. Ces micro-réseaux électriques intelligents sont particulièrement adaptés aux territoires insulaires ou éloignés des réseaux. L'équilibre entre la production et la consommation peut être géré localement, de façon complètement isolée et exclusivement avec des ressources locales – on parle alors d'un microgrid en îlotage complet. Le microgrid peut également être connecté au réseau de transport ou de distribution – on parle alors d'un microgrid en îlotage partiel. Un fonctionnement en mode microgrid partiel peut permettre de reconnecter les consommateurs plus rapidement en cas de coupure d'alimentation, et surtout permettre une amélioration globale de la qualité de fourniture, notamment dans des zones particulières présentant des contraintes d'alimentation.

- ◆ Dans ce contexte de décentralisation des réseaux, de nombreux projets sont menés par les acteurs français sur ce secteur. Le projet Nice Grid (voir encadré page 7), dans le cadre duquel plusieurs microgrids partiels de différentes tailles sont testés ou encore le projet Millener (voir encadré ci-dessous), qui permet la mise en place de microgrids en territoire insulaire et sans interconnexion. Dans le secteur des solutions microgrids en îlotage complet ou partiel, Schneider Electric accompagne par exemple les opérateurs des territoires isolés dans l'intégration des énergies renouvelables dans leur système électrique.

MILLENER : LE SMART GRID AU SERVICE DES SYSTÈMES INSULAIRES

- ◆ Le projet Millener met en œuvre le développement de Smart Grids, dans le contexte particulier de systèmes insulaires de taille limitée, structurellement fragiles et marqués par une part encore significative des moyens de production d'électricité à base d'énergies fossiles. L'intégration des énergies renouvelables fait partie des grandes orientations énergétiques et présente un enjeu majeur, tout comme la Maîtrise de la Demande d'Électricité (MDE). Le projet est implanté sur trois territoires insulaires : la Corse (faiblement interconnectée avec le continent), la Réunion et la Guadeloupe (territoires entièrement isolés).
- ◆ L'objectif du projet est de sécuriser et de fiabiliser les réseaux électriques tout en intégrant plus largement les énergies renouvelables variables. Pour ce faire, différentes solutions de gestion de l'énergie couplées à des systèmes de production PV et de stockage sont expérimentées. Des services dédiés, par exemple, de suivi en temps réel de la consommation, permettront également une meilleure gestion de la consommation en énergie des clients.

- ◆ Les éléments techniques majeurs du projet sont :

- l'installation de 3 MWh de stockage de batterie Li-ion sur 500 sites résidentiels apportant 2,2 MW de support ;
- l'installation de 1,7 GW de production photovoltaïque répartie sur les 500 sites ;
- le déploiement de 1 000 « Energie box » sur des sites résidentiels représentant 1 MW de flexibilité.

Le projet est coordonné par EDF, en partenariat avec Delta Dore, NG ANALYTICS, Edelia (Groupe EDF), Schneider Electric, Saft, Sunzil Caraiibes et Sunzil Océan Indien. Millener est soutenu dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir géré par l'ADEME, par l'Union Européenne via les fonds FEDER ainsi que par les régions.

5.1.2 Une meilleure valorisation des énergies variables

De nouveaux modèles économiques

◆ Pour relever le défi de l'intégration des énergies renouvelables et améliorer les conditions de valorisation indépendamment des incitations existantes, les acteurs français développent de nouveaux modèles économiques. Plusieurs options sont explorées dans le cadre de projets comme EnR Pool (voir encadré page 12), ou encore RéFlexE (voir encadré page 12). Ces projets permettent de créer un pool de ressources pour compenser la variabilité de l'éolien et

du photovoltaïque ou apporter des services au réseau par la flexibilité de sites industriels et tertiaires, et par différentes formes de stockage. Ce pool de production peut être valorisé comme pour une centrale conventionnelle: par exemple, un fournisseur peut acheter directement la production via un contrat bilatéral, mais des options de valorisation directement sur un marché SPOT ou encore via des marchés de services systèmes sont également envisageables.

EXEMPLES DE SOLUTIONS

DES SOLUTIONS LOGICIELLES POUR OPTIMISER L'INSERTION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES VARIABLES - EDF STORE & FORECAST

◆ EDF Store & Forecast commercialise des solutions logicielles de prévision, de planification et de pilotage automatique optimisées de la production d'énergie renouvelable et du stockage. Ainsi, les producteurs et gestionnaires de réseaux optimisent à la fois

le dimensionnement et l'exploitation de leurs installations. Les prestations d'EDF S&F vont de l'ingénierie à l'installation des solutions logicielles accompagnées des services techniques de maintenance et de suivi.

E-TERRAPLATFORM : L'ENERGY MANAGEMENT SYSTEM ADAPTÉ AUX RÉSEAUX DE DEMAIN - ALSTOM

◆ Dans un contexte de plus en plus complexe avec l'intégration au réseau de systèmes de production décentralisés et d'effacement de la demande, e-terraplatform valorise sa flexibilité, sa fiabilité et son adaptabilité aux besoins de chaque client pour fournir une gestion optimale des nouvelles sources d'énergie.

◆ L'objectif de la plateforme est de diminuer le coût des opérations et de maintenance du réseau en prédisant et anticipant des événements anormaux pouvant aboutir à des

frais de réparation. e-terraplatform permet aussi l'intégration de ressources d'énergies fluctuantes et la gestion du réseau basée sur des études et simulation de l'environnement en temps réel grâce à un système de télémesures. Les sous-systèmes SCADA, d'analyse de sécurité du réseau, de simulation ou de gestion de la production assistent les opérateurs dans l'intégration des EnR décentralisées et variables, dans la gestion de la production et des flux réseau, dans la modélisation des impacts, etc.



© Alstom

La valorisation des EnR par changement de vecteur énergétique

◆ La recherche des meilleures conditions de valorisation des énergies renouvelables explique également les travaux sur les changements de vecteurs énergétiques en cours dans différents pays, parallèlement aux autres options de flexibilité. Ces travaux sont notamment importants dans le développement de la filière hydrogène, l'électricité excédentaire des productions renouvelables étant de plus en plus convertie en hydrogène via l'électrolyse. L'hydrogène peut être ensuite utilisé directement pour différentes applications, ou injecté dans les réseaux de gaz (dans une proportion limitée).

◆ Total par exemple fournit dans des stations en Allemagne de l'hydrogène obtenu à partir des productions éoliennes excédentaires. L'hydrogène est donc directement utilisé comme combustible par les véhicules. GRT Gaz et GrDF étudient les solutions du Power-to-gas, en vue d'une reconversion des productions renouvelables sous forme d'hydrogène ou de méthane pour une injection dans les réseaux de gaz, ces derniers évoluant vers les « Smart Gas Grids ».

EXEMPLES DE PROJETS

L'HYDROGÈNE COMME VECTEUR ÉNERGÉTIQUE - MC PHY ENERGY

◆ McPhy Energy, société Française créée en 2008, spécialiste des solutions de production d'hydrogène par électrolyse de l'eau et de stockage d'hydrogène sous forme solide (technologie de rupture dans le domaine du stockage d'hydrogène) se positionne sur les marchés de l'hydrogène énergie et de l'hydrogène industriel.

◆ À l'international, McPhy est notamment très active en Allemagne avec, par exemple, la mise en opération en 2014 de la plus grosse unité au monde (6 MW) d'électrolyse dans

le domaine du « power to gas » pour le compte d'Audi AG. McPhy a également livré et installé sur la station hydrogène du nouvel aéroport de Berlin un électrolyseur permettant de générer sur site de l'hydrogène décarboné (provenant d'électricité renouvelable), couplé à une solution de stockage sous forme solide, celui-ci servant à alimenter une unité de cogénération. L'entreprise est également impliquée en Europe et en Californie dans d'autres projets visant à fournir des solutions de production d'hydrogène sur site par électrolyse pour des stations hydrogène.



© McPhy Energy

GRHYD : GESTION DES RÉSEAUX PAR L'INJECTION D'HYDROGÈNE POUR DÉCARBONER LES ÉNERGIES

◆ GRHYD est dédié à la gestion couplée des énergies électrique et gaz naturel via l'hydrogène. Pendant 4 ans, ce projet évalue dans la Communauté Urbaine de Dunkerque la pertinence technique et économique du « power to gas », c'est-à-dire le stockage de la surproduction des énergies renouvelables grâce à leur transformation en hydrogène ou en méthane de synthèse. Les réseaux existants de gaz naturel peuvent accueillir l'hydrogène ou le méthane ainsi produit et permettent donc leur stockage, leur transport et leur valorisation par mélange avec le gaz naturel.

◆ L'évaluation menée dans le cadre de GRHYD portera sur deux marchés :

- l'habitat et le logement, avec l'injection de proportions variables d'hydrogène dans le réseau de distribution de gaz naturel afin de satisfaire aux besoins des 200 logements d'un quartier neuf ;
- le transport, avec l'alimentation en Hythane®, mélange de 20% en volume d'hydrogène et de 80% de gaz naturel, d'une cinquantaine de bus fonctionnant au gaz.

Coordonné par GDF Suez, GRHYD est mis en œuvre par un groupement de partenaires qui rassemble McPhy Energy, la Communauté Urbaine de Dunkerque, GrDF, GINVERT, Cofely Ineo, le CEA, l'INERIS, le CETIAT, AREVA SE, CETH2 et la STDE. Ce projet est soutenu dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir géré par l'ADEME.

5.2 LE TRANSPORT ET LA DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ : VERS DES RÉSEAUX AUTO-CICATRISANTS

FONCTIONNALITÉS SMART GRID INTÉGRÉES PAR LES ACTEURS FRANÇAIS, AU NIVEAU DES RÉSEAUX DE TRANSMISSION ET DE DISTRIBUTION



- Visualisation avancée du réseau (T+D). Monitoring
- Gestion avancée des flux (T+D)
- Détection avancée des défauts

- Gestion des réseaux en courant continu maillés (supergrids)
- Interconnexion entre supergrid et les réseaux de transport à courant alternatif

- Commutation automatisée des lignes et réseau auto-cicatrisant
- Contrôles automatisés à distance de la tension et du réactif

Source: CODA Strategies

◆ Les réseaux français de transport et de distribution sont déjà dotés de capacité « intelligente », ceci étant le résultat d'une politique des opérateurs de réseau, combinée avec une offre adaptée provenant des équipementiers et des fournisseurs de services.

◆ L'auto-cicatrisation permet, à partir des estimations d'état du réseau, de réajuster automatiquement et à distance la fourniture de l'électricité en situation perturbée suite à des aléas climatiques de grande ampleur par exemple. Cette fonction du réseau électrique lui permet, dans un délai souvent réduit (de l'ordre de quelques minutes) et sans que le client ne s'en aperçoive, de maintenir la qualité de distribution du réseau en cas d'événement inattendu.

◆ Concrètement, lorsqu'un élément du réseau est défaillant, le réseau est capable de se reconfigurer afin de garder la qualité de fourniture pour le plus grand nombre de clients, en évitant temporairement l'utilisation de cet élément défaillant. Les réseaux français de transport et de distribution moyenne tension sont déjà auto-cicatrisants, et cela depuis plusieurs années. Le développement de capacités d'auto-cicatrisation se poursuit grâce à la modernisation du réseau de distribution basse tension et notamment le déploiement des compteurs communicants Linky (cf. le projet Greenlys ci-dessous et encadré Linky p. 10).

GREENLYS – DÉMONSTRATEUR URBAIN SMART GRID À GRANDE ÉCHELLE À LYON ET GRENOBLE

◆ Le projet Greenlys propose deux plateformes de démonstration à Lyon et à Grenoble impliquant plusieurs centaines de clients testeurs résidentiels et des sites tertiaires. Greenlys vise à tester le fonctionnement d'un Smart Grid en zone urbaine et dans sa globalité, du producteur au consommateur final. Il expérimente des solutions innovantes à tous les niveaux du système électrique, autour du compteur Linky d'ERDF. Ce projet propose également une analyse coûts/bénéfices sur toute la chaîne de valeur et entre tous les acteurs.

◆ Les objectifs de Greenlys sont les suivants :

- améliorer la performance et l'agilité du réseau grâce à des fonctions de pilotage avancées, à des outils de planification, à la communication en temps réel de l'état du réseau et à des fonctions « d'auto-cicatrisation » du réseau;
- intégrer massivement de nouvelles sources de production décentralisée d'électricité (photovoltaïque, cogénération...);
- piloter les nouveaux usages autour du véhicule électrique (recharge, stockage, etc);
- trouver des gisements de flexibilité dans la gestion de l'énergie en développant la fonction d'agrégateur;

- profiter de l'infrastructure de compteurs communicants Linky pour favoriser l'émergence de nouvelles offres et de nouveaux services pour les utilisateurs du réseau;
- installer chez les consommateurs des équipements innovants connectés à une plateforme de services via internet et les accompagner dans la prise en main de ces nouveaux outils;
- tester de nouveaux tarifs et services auprès des expérimentateurs et leur apporter des conseils personnalisés pour les aider à maîtriser leur facture d'énergie;
- mener des études sociologiques pour mieux comprendre les comportements et le niveau d'acceptation des consommateurs.

Le consortium projet est coordonné par ERDF et associé GDF Suez, Gaz Électricité de Grenoble, Grenoble INP, Schneider Electric, Atos Worldgrid, RTE, Alstom, CEA INES, Rhône-Alpes Énergie Environnement (RAEE), Hespul et le laboratoire CNRS LEPIHEDDEN (Économie du développement durable et de l'énergie). Labellisé par le pôle de compétitivité Tenergy, Greenlys est soutenu dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir géré par l'ADEME.

5.2.1 Des réseaux de transport intelligents

Développer des Supergrids

Capables de transporter de grandes quantités d'électricité sur de longues distances, ces réseaux électriques de transport de grande taille permettront de renforcer la mutualisation des ressources électriques à grande échelle, et donc d'optimiser l'utilisation des mix énergétiques sur de

larges zones. La France est un terrain d'expérimentation et de démonstration de ces Supergrids, comme le montre l'exemple du projet Twenties (voir encadré page 15), qui a vu RTE et Alstom s'engager dans le développement des éléments constitutifs d'un réseau à courant continu.

LES PROJETS D'ALSTOM DANS LES SUPERGRIDS

◆ Alstom est résolument engagé dans le développement des Supergrids, partout dans le monde, notamment avec ses solutions HVDC (High Voltage Direct Current, ou Courant Continu Haute Tension). Par exemple, la technologie HVDC MaxSine, le « convertisseur source tension » (Voltage Source Converter) d'Alstom Grid, est particulièrement adaptée à l'intégration des EnR, et notamment de l'éolien offshore. Visible dans le démonstrateur VSC de 25 MW d'Alstom à Stafford, au Royaume Uni, la technologie MaxSine sera utilisée dans le projet « South West Link » d'interconnexion HVDC entre deux villes de Svenska Kraftnät, l'opérateur du réseau de transport suédois. Cette même solution sera

également utilisée dans le cadre du projet d'interconnexion des réseaux norvégien et suédois. Alstom fournit également l'infrastructure de transport de l'énergie éolienne entre les installations offshore et le réseau continental dans le cadre du raccordement du parc éolien offshore DoWin.

◆ De plus, Alstom fournit la solution HVDC pour la plus longue ligne de transport du monde : la ligne Rio Madeira, au Brésil, aura une capacité de 3,15 GW et une longueur de 2375 km. Elle acheminera l'électricité produite par une centrale d'une capacité de 10 GW dans le bassin de l'Amazon, vers les centres de consommation autour de Sao Paulo.



Convertisseurs commutés par les lignes (LCC) – salle des valves – © Alstom

POST : PLATEFORME D'OPTIMISATION DES SUPERGRIDS TRANSCONTINENTAUX

◆ Les récentes innovations technologiques dans le domaine du transport en courant continu haute tension offrent de nouvelles possibilités pour les infrastructures des réseaux à courant continu notamment grâce aux liaisons multi-terminales de grande capacité. La position centrale de la France en fait naturellement une grande plaque d'échanges de l'électricité en Europe.

Coordonné par Artelys en partenariat avec l'INRIA (Institut national de recherche en informatique et en automatique), le projet POST vise à :

- mettre au point un modèle multi-échelles, c'est-à-dire des modalités d'agrégation spatiale et temporelle pour une représentation efficace des systèmes électriques;

• mettre au point une méthode d'optimisation d'investissement sous contraintes de risques. Dans un contexte de durées d'investissement de plusieurs dizaines d'années, il est primordial de tenir compte des différents facteurs de risques pour l'optimisation conjointe des capacités de transport et de production;

• définir de nouvelles méthodes de résolution de problèmes complexes d'optimisation par calcul parallèle sur des supercalculateurs.

POST est soutenu dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir géré par l'ADEME.

La numérisation des postes de transformation

La diversification des moyens de production d'électricité engendre de nouvelles contraintes sur les réseaux de transport et de distribution qui nécessitent de mettre en œuvre des fonctionnalités basées sur des échanges d'information en temps réel rapides entre les postes.

POSTES INTELLIGENTS : NUMÉRISATION DES SYSTÈMES DE CONTRÔLE-COMMANDE DES POSTES ÉLECTRIQUES & INTÉGRATION DE FONCTIONS AVANCÉES

◆ Le projet Postes Intelligents vise à mettre en service à l'horizon 2015 deux postes démonstrateurs (225 et 90 kV) composés d'équipements HT nouvelle génération. Le projet a un double objectif: optimiser la diffusion de la production éolienne dans une zone où celle-ci peut être plus importante que la consommation à certains moments, et améliorer la qualité d'approvisionnement.

◆ Pour ce faire, il s'agit dans un premier temps d'améliorer le monitoring du poste, en s'appuyant sur les nouvelles technologies d'information et de communication pour avoir une connaissance plus fine de l'état du réseau et de son environnement en temps réel (conditions météorologiques notamment). Dans un deuxième temps, le projet cherche à fournir aux opérateurs de réseaux des systèmes d'exploitation et de maintenance compatibles avec les nouvelles contraintes apportées par

l'insertion des énergies renouvelables et la gestion de la demande.

◆ Sur le plan technique Postes Intelligents verra le développement d'un système de contrôle-commande entièrement numérique optimisé intégrant des fonctionnalités d'autoanalyse et de reconfiguration dynamique (auto-cicatrisation), ainsi que d'une série de capteurs, notamment des capteurs de courant alternatif basés sur l'Effet Néel, et des capteurs magnéto-optiques basés sur l'effet Faraday.

Coordonné par RTE, le projet voit la participation d'ERDF, de Schneider Electric, de Neelogy, d'Alstom et d'Alcatel Lucent. Il est soutenu dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir géré par l'ADEME.



Drone effectuant un survol des pylônes pour repérer leur corrosion - © ROUX Lionel - RTE

Dispatching régional de la région Normandie Paris à Saint-Quentin-en-Yvelines - © COLOMBEL Vanessa - RTE

@Arnaud Bouissou MEDDE/MLETR

5.2.2 Des réseaux de distribution plus performants et intelligents

◆ L'automatisation des réseaux de distribution français est menée depuis une quinzaine d'années sous le leadership d'ERDF, le principal gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité en France et en Europe. Cette automatisation a permis une forte amélioration de la performance (réduction très forte du temps moyen de coupure, réduction des pertes, optimisation des coûts...) et a contribué à l'intégration de la majeure partie des énergies renouvelables variables raccordées depuis 2005.

◆ Cet important chantier a également permis aux acteurs français de consolider une offre et des solutions de modernisation des réseaux de distribution, fondée sur des technologies Smart Grids. Ces offres sont aujourd'hui portées en dehors du territoire français, dans le cadre de démonstrateurs européens, ou directement auprès des gestionnaires des réseaux, notamment sur des offres de pilotage (ex: amélioration du monitoring, du contrôle de tension à distance).

◆ Cette modernisation a montré également le savoir-faire des gestionnaires de réseaux dans l'intégration de ces nouvelles solutions aux bons endroits et dans

des conditions optimales grâce à une expertise dans la planification des investissements à moyen terme et l'optimisation des OPEX / CAPEX au regard de la performance attendue et de la progression des capacités de production ou des niveaux de consommations. Ce type de réflexion est d'ailleurs très bien illustré par le projet Smart Grid Vendée (voir encadré page suivante) ou encore Venteea (voir encadré page 15).

◆ Enfin les gestionnaires de réseaux ont développé des compétences et une expertise de premier dans la gestion opérationnelle des réseaux plus intelligents pour optimiser la conduite (gestion prévisionnelle, supervision, auto cicatrisation), pour assurer une exploitation et conduite optimales (réduction des pertes, maîtrise des OPEX...) et pour minimiser les impacts pour les utilisateurs (techniques avancées de maintenance comme les travaux sous tension, gestion des événements climatiques, etc.).

◆ Depuis plusieurs dizaines d'années le groupe EDF exporte ses savoir-faire à l'étranger, et plus particulièrement ERDF qui accompagne des gestionnaires de réseaux à travers le monde.

« Dans nos contacts nombreux avec nos homologues à l'étranger, je constate qu'ERDF est perçu par les sociétés de réseaux de distribution tout à la fois comme un leader technologique, dans le domaine des compteurs intelligents - avec son programme de déploiement de 35 millions de compteurs Linky - et celui des réseaux intelligents au travers de la quinzaine de projets « Smart Grids » déployés en France; mais également comme un leader mondial en tant qu'opérateur de réseaux: les niveaux de performance techniques, économiques et humains atteints par ERDF en France, constituent notre meilleure référence que ce soit en termes de fiabilité des réseaux, de niveaux de pertes électriques, de management et de sécurité de nos personnels.

ERDF a vocation à mettre à disposition partout dans le monde son savoir faire et ses compétences, sous forme non seulement de prestations de consultance mais également d'assistance technique long terme et de contrats de management - comme c'est le cas actuellement en Russie, en Chine ou au Congo-Brazzaville - aux sociétés de réseaux de distribution qui souhaitent augmenter durablement leurs performances.

Andreas Greim, Directeur du développement international, ERDF

LA SÉCURISATION DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DES ÎLES HOUAT ET HOËDIC

◆ ERDF expérimente en Bretagne une solution innovante dans le but de sécuriser l'alimentation électrique des îles bretonnes de Houat et Hoëdic, situées au large du Morbihan et cumulant 600 habitants. Ces deux îles sont alimentées par un câble électrique sous-marin venant du continent. En cas de défaillance de celui-ci, ERDF a mis en place une solution de secours novatrice, évitant une coupure totale par répartition de l'énergie disponible. Cette solution permet ainsi aux clients des deux îles de bénéficier d'électricité et d'éviter un investissement supplémentaire avec le doublement du câble.

◆ Trois solutions sont combinées pour sécuriser l'alimentation entre les deux îles: un groupe électrogène implanté sur l'île d'Hoëdic et télécommandé depuis l'agence de conduite régionale de Rennes. Il peut, en cas de défaillance du câble sous-marin, réalimenter en électricité l'île d'Hoëdic ou les deux îles; des automates sur le réseau moyenne tension (HTA) des deux îles, permettant à ERDF d'agir à distance; une modulation des puissances des consommateurs, en fonction de l'état du réseau et éventuellement en fonction de la production du groupe électrogène, via l'infrastructure de comptage intelligent Linky.

SOGRID – SYSTÈME DE COMMUNICATION CPL G3 POUR UN PILOTAGE EN TEMPS RÉEL DES RÉSEAUX DE DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ

◆ Afin d'améliorer le pilotage en « temps réel » des réseaux de distribution moyenne tension, ce projet vise à développer les composants d'une chaîne de communication « CPL » (Courant Porteur en Ligne). Le démonstrateur est centré sur l'utilisation du CPL pour renforcer les capacités d'observabilité et de « commandabilité » des réseaux.

◆ L'objectif de SOGRID est de tester en conditions réelles une architecture de communication CPL-G3 depuis le compteur jusqu'au poste source (voir encadré page suivante). Le protocole, adapté au traitement et à la transmission de plus gros volumes de données que le CPL-G1, offre une meilleure communication et une gestion en temps réel des

réseaux basse et moyenne tension. Le projet permet de travailler sur plusieurs aspects de l'architecture technique, dont principalement la spécification technique des nouveaux composants à prévoir et la conception, le déploiement et l'intégration de nouveaux composants (systèmes sur puce, concentrateurs, coupleurs, capteurs intégrés, compteurs électroniques).

SOGRID est coordonné par STMicroelectronics, en partenariat avec ERDF, Nexans, Sagemcom, Landis + Gyr, Capgemini, Trialog, Grenoble INP, le LAN, l'Ecole Polytechnique. Le projet est également soutenu dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir géré par l'ADEME.

SMART GRID VENDÉE : OPTIMISATION LOCALE DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION PUBLIQUE AU SERVICE DE LA COLLECTIVITÉ

◆ Smart Grid Vendée est un projet territorial déployé à la maille d'un département, la Vendée, sur un réseau de type rural, incluant des parcs éoliens et photovoltaïques en toitures raccordés aux réseaux BT et HTA. Le projet vise à améliorer l'observabilité et à diminuer l'incertitude géographique et temporelle relative à la production et à la consommation. Différents sites seront instrumentés, dont 6 des 35 postes sources de Vendée qui présentent la probabilité d'apparition des contraintes les plus fortes. Ces 6 postes sources concentrent environ 60% de la production électrique de Vendée.

◆ Le projet veut tester de nouveaux modèles d'affaires associés à une optimisation des réseaux publics de distribution incluant toutes les parties prenantes tout en tenant compte d'aspects techniques, économiques et sociétaux. Cette optimisation nécessite une coordination en amont (planification...) et en temps réel, sur de nouvelles interfaces entre les différents acteurs du réseau.

◆ Smart Grid Vendée se focalise sur trois axes de recherche appliquée: le pilotage dynamique des réseaux de distribution d'électricité HTA, via l'instrumentation et le développement d'outils innovants de prévision J-1, jusqu'au temps; l'accroissement de la capacité d'accueil des énergies renouvelables sur le réseau en développant de nouveaux modèles de raccordement et de pilotage des centrales EnR; le développement de nouveaux mécanismes pour favoriser l'effacement aux heures de pointe.



Éolienne, département de la Vendée –
© Laurent Mignaux MEDDE-MLETR

Le Consortium inclut le SyDEV, coordinateur du projet, ERDF, directeur technique, RTE, Actility, Alstom, COFELY INEO, Legrand et le CNAM. Smart Grid Vendée est soutenu dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir géré par l'ADEME.

IPERD – INSERTION DE PRODUCTIONS ET ÉQUILIBRE DES RÉSEAUX DE DISTRIBUTION

◆ IPERD expérimente plusieurs solutions de gestion de l'énergie facilitant l'insertion d'électricité d'origines renouvelables dans le réseau de distribution et la réduction des pointes de consommation :

- une gestion optimisée de batteries Li-ion (100 kW/200 kWh) connectées au réseau basse tension de l'Isle-Jourdain, et couplées à un parc photovoltaïque (PV) de 100 kWc (1) ;
- un système de communication entre le poste source et le gestionnaire de parcs PV, et le pilotage à distance de la production afin d'éviter des déconnexions totales (3,2 MWc instrumentés) (2) ;
- la mise en place, sur des unités de méthanisation de moyenne puissance (600 kW min.), de mécanismes de gestion dynamique et différée des productions issues de la cogénération (3).

◆ Les démonstrateurs (1 et 2) seront reliés au poste source de 1,5 MW de l'Isle-Jourdain sur lequel est raccordée une source de production d'électricité d'origine renouvelable d'environ 7 MW (photovoltaïque et biogaz).

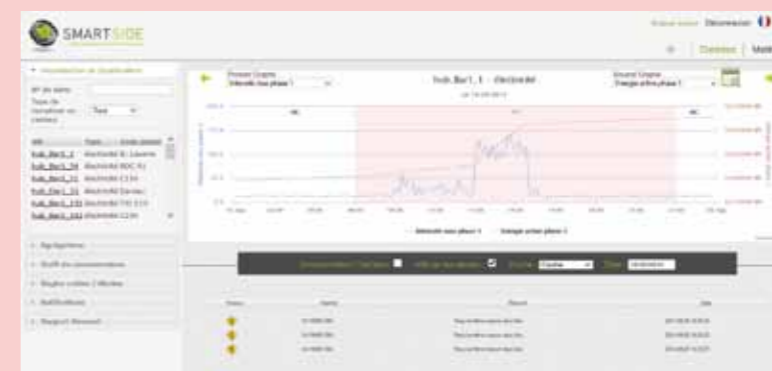
Le projet bénéficie de la complémentarité des compétences du CEA, du Groupe SECHÉ et du gestionnaire de réseau de distribution électrique, SRD Réseaux de distribution. IPERD est soutenu dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir géré par l'ADEME.

LE CPL G3 : UNE TECHNOLOGIE PERFORMANTE PORTÉE PAR UNE ALLIANCE FORTE

◆ Le CPL G3 est un protocole de communication par courants porteurs en ligne de nouvelle génération (OFDM) qui permet une communication rapide, performante et sécurisée en utilisant le réseau électrique comme support de communication. Les performances du CPL G3, et notamment sa robustesse, en font le CPL idéal adapté à la grande majorité des réseaux électriques. De plus, l'intégration, en natif, de l'adressage IPv6 garantit une forte évolutivité fonctionnelle. La technologie CPL G3 a été retenue pour le compteur communicant Linky qui sera déployé à 3,5 millions d'exemplaires en France à partir de 2015. D'autres distributeurs d'électricité, en Europe ou au Japon, ont également fait le choix du CPL G3, pour des applications de comptage.

◆ Depuis le 1^{er} septembre 2014, l'Alliance CPL G3 a ouvert un programme de certification mondiale de composants CPL G3 et d'une large gamme de matériels afin de garantir l'implémentation des spécifications, la performance et l'interopérabilité des produits CPL G3.

◆ Les tests de certification sont réalisés par deux sociétés indépendantes, membres de l'Alliance CPL G3 : LAN dans son centre d'essais en Europe (Tauxigny, France) et TÜV Rheinland dans son centre d'essais en Asie (Yokohama, Japon).



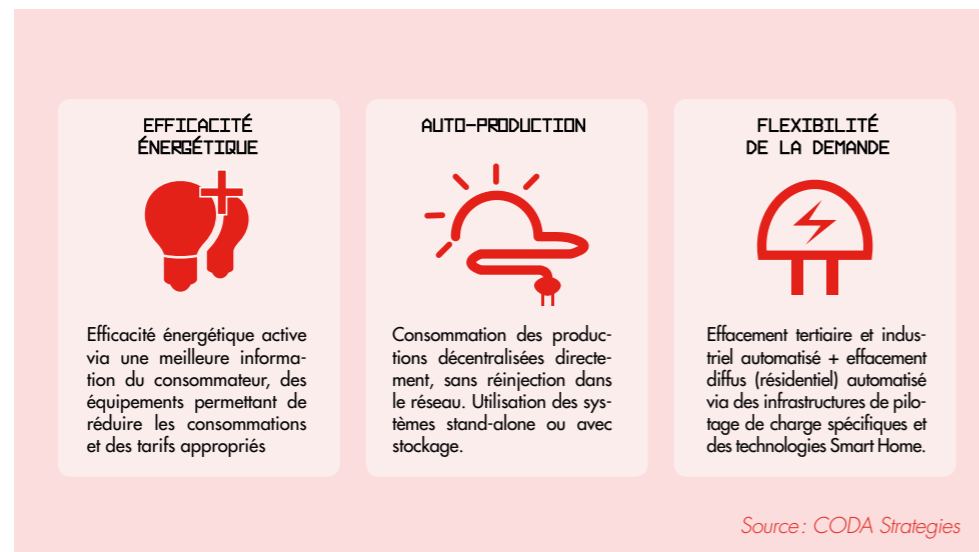
PLATEFORME SMARTENERGYCORE, SOLUTION LOGICIELLE DÉDIÉE AUX BESOINS DES GESTIONNAIRES DE RÉSEAU DE DISTRIBUTION LOCAUX

Développée par la société Smartside en collaboration avec des énergéticiens, cette solution vise à optimiser le retour sur investissement d'une infrastructure communicante et l'exploitation du réseau de distribution.

Positionnée à l'interface entre l'ensemble des capteurs et compteurs communicants déployés sur le terrain d'une part, et l'ensemble des Systèmes d'Information utilisant ces capteurs et compteurs d'autre part, la solution SmartEnergyCore permet d'automatiser à 100% et à moindre coût l'ensemble des transactions entre ces deux écosystèmes. Elle inclut toutes les fonctions pour le traitement des données issues de compteurs communicants, la supervision d'une infrastructure communicante, et la conduite centralisée de cette infrastructure.

5.3 UNE MEILLEURE VALORISATION DES FLEXIBILITÉS DÉCENTRALISÉES : LE CONSOMM'ACTEUR

Les Smart Grids offrent la possibilité de mieux interagir avec les consommateurs finaux, non seulement en intégrant leurs flux de production d'énergie, mais aussi en les accompagnant via de nouveaux outils d'information sur leurs consommations et de pilotage de leurs équipements. Les consommateurs, des participants passifs dans le cadre d'un réseau conventionnel, deviennent des participants actifs, ou « consomm'acteurs » dans le contexte d'un Smart Grid. Les acteurs français s'engagent aujourd'hui sur la totalité des briques techniques d'exploitation et valorisation des flexibilités décentralisées :



SOLENN : SOLIDARITÉ ENERGIE INNOVATION

◆ SOLENN a pour objectif de développer et tester auprès d'un échantillon de 975 habitants de Lorient Agglomération, une solution de mise à disposition de données électriques individuelles ou collectives issues du système de comptage communicant déployé auprès de 10 000 ménages et de dispositifs de sous-comptage.

◆ L'objectif est à la fois de développer une nouvelle dynamique collective auprès des ménages autour des enjeux de MDE (Maîtrise de la Demande en Énergie) s'appuyant sur les données Linky, mais également de proposer aux collectivités des outils évolutifs permettant une connaissance fine des caractéristiques énergétiques du territoire, ainsi que le suivi de l'impact de politiques énergétiques.

◆ Pour le réseau, il cherche à fournir une alternative au délestage en cas de contrainte forte sur le système électrique : l'écrêtement ciblé, c'est-à-dire une modulation de la puissance maximale appelable par un client résidentiel (via le compteur Linky) en situation d'incident ou de contrainte sur les réseaux après mobilisation des offres habituelles de marché.

Coordonné par ERDF, SOLENN regroupe les partenaires suivants : Lorient Agglomération, la Région Bretagne, RTE, PEB, UFC que Choisir, CSF, Aoen, Delta Dore, Niji, Vity et l'Université de Bretagne Sud. Le projet est soutenu dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir, géré par l'ADEME.

WATT & MOI

◆ Le projet Watt & Moi est une expérimentation menée conjointement par ERDF et Grand Lyon Habitat (Initiatives innovantes pour la ville de Lyon) sous l'égide de la CRE sur 1 000 clients équipés de compteur Linky. Il vise à sensibiliser les clients sur leur consommation d'électricité via l'accès libre à toutes les informations sur leurs consommations quotidiennes et mensuelles. Le portail web leur permet également de comparer leurs consommations avec celles d'autres clients et enfin d'être alerté - soit par SMS, soit par e-mail - en cas de

consommation plus élevée que les seuils qu'ils se sont fixés.

◆ L'objectif du projet est de permettre aux résidents de se familiariser avec leur consommation d'électricité via les informations fournies par le compteur communicant Linky et d'adapter leur comportement grâce à une meilleure matérialisation de leur consommation via un site internet sécurisé. L'élément technique majeur du projet est l'utilisation du compteur Linky et de ses infrastructures associées.

5.3.1 Déployer le compteur communicant

◆ Le déploiement du compteur communicant est une condition primordiale pour la participation des consommateurs au bon fonctionnement du réseau. Il permet, entre autres :

- d'assurer une facturation précise, basée sur des données de consommation réelles et télé-relevées,
- de réaliser des économies sur une multitude de services de l'opérateur du système de comptage (généralement, en Europe, le gestionnaire du réseau de distribution qui réalise des économies avec la télé-relevé, sur les délais d'intervention, etc.),
- aux fournisseurs de diversifier leurs offres (proposer des tarifications dynamiques et incitatives), de mieux informer les consommateurs sur leurs consommations et les accompagner pour réduire celles-ci,
- de détecter à distance les pannes et donc de réduire les temps de coupure, etc.

◆ Le déploiement du compteur communicant Linky (voir encadré en page 10) est un chantier d'envergure qui permet déjà aux acteurs français de proposer une multitude d'équipements de comptage avec les équipements et services associés, comme dans le cas du projet Smart Electric Lyon (voir encadré ci-dessous). Plusieurs projets et démonstrateurs s'articulent déjà autour de ce grand chantier, comme le projet SOLENN (voir encadré page précédente).

SMART ELECTRIC LYON

Expérimenter à grande échelle une gamme de produits et services « Smart Grids compatibles » aval compteur.

◆ Smart Electric Lyon est un programme d'étude des usages de l'énergie électrique. Il permet de sensibiliser 25 000 foyers expérimentateurs en mettant à leur disposition, via courrier et internet, un bilan de leur consommation en euros et kWh, des repères permettant de situer leur consommation par rapport à celle de logements comparables ainsi que des conseils personnalisés. En parallèle, des solutions techniques (systèmes de gestion d'énergie, afficheurs, chauffages électriques pilotés...) couplées à des offres tarifaires sont développées et testées sur près de 2 500 logements (maisons individuelles et logements collectifs publics et privés) et 100 sites tertiaires (public et privé). Ces expérimentations, intégrées à un programme de recherche multidisciplinaire, permettent une meilleure compréhension des comportements des consommateurs et de leur appétence pour de nouvelles offres tarifaires.

◆ Avec Smart Electric Lyon, les filières industrielles françaises de l'électricité et des télécoms se dotent

d'un outil collaboratif pour structurer l'offre aval compteur. Pour les clients, un accès simple à des données énergétiques et à des solutions performantes permet une plus grande maîtrise des dépenses énergétiques. À l'échelle du pays, le projet accélère le développement et la mise sur le marché de nouvelles technologies de gestion active de l'énergie. Enfin, Smart Electric Lyon facilite la structuration de la filière française grâce notamment aux actions de normalisation, prérequis incontournable pour accéder à certains marchés.

Le projet est coordonné par EDF, en partenariat avec Agro Campus Ouest, Armines, CSTB, Delta Dore, Dombax, Edelia, ERDF, Groupe Atlantic, Groupe Muller, Hager, Legrand, Mines ParisTech, Orange, Philips, SFR, Université de Lyon, Université François Rabelais de Tours, Université de Technologies de Troyes, Université de Lyon, Schneider Electric, Somfy, Panasonic. Smart Electric Lyon est soutenu dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir géré par l'ADEME.

PROLONGER LINKY VERS LE SMART HOME : LES TRAVAUX D'IGNES

◆ En partenariat avec le projet Smart Electric Lyon (voir ci-dessus), IGNES (organisation professionnelle des Industries du Génie Numérique, Énergétique et Sécuritaire), œuvre pour garantir la création du marché du Smart Grid aval compteur. Pour ce faire, IGNES propose de créer et de garantir de manière fiable et pérenne le lien radio entre le compteur électrique Linky et la Smart Home au moyen de l'Émetteur Radio Linky (ERL). Pour ce faire, il est indispensable que ce lien soit standardisé. L'ERL est construit sur une base de standards ouverts et sécurisés (KNX et Zigbee). Les premiers prototypes pour validation fonctionnelle de cet équipement seront disponibles en 2015. Cette validation sera réalisée dans le cadre du projet Smart Electric Lyon. L'ERL pourra être mis à disposition d'autres projets collaboratifs.



Mise en service du compteur Linky – © Arnaud Bouissou/MEDDE-MLETR

5.3.2 Renforcer l'efficacité énergétique active

Au niveau des acteurs tertiaires et industriels

- ◆ Afin d'améliorer la compétitivité de leurs produits ou services, les consommateurs tertiaires et industriels s'impliquent fortement dans des actions de maîtrise de l'énergie et d'amélioration de l'efficacité énergétique. L'offre de solutions d'efficacité énergétique est particulièrement forte, une multitude d'acteurs proposant aujourd'hui des systèmes de gestion de l'énergie, dédiés exclusivement aux consommateurs tertiaires et industriels.
- ◆ Par exemple, le projet de Schneider Electric à New York, auprès du Rockefeller Center (amélioration de la gestion technique du bâtiment du prestigieux gratte-ciel New-yorkais pour le rendre pilotable et programmation de routine de Demand/Response) a rendu le bâtiment capable de répondre aux programmes gouvernementaux d'effacement et de maîtriser sa consommation énergétique dans le temps. Il a été certifié LEED Gold+ en 2010.
- ◆ Le contrôle du bâtiment et le contrôle des process industriels sont des axes majeurs d'activité pour les acteurs français, notamment Schneider Electric, Delta Dore, Socomec et Legrand. On retrouve parmi ces acteurs de véritables leaders des marchés des systèmes de Gestion Technique des Bâtiments (GTB). En plus d'un nombre important d'implémentations, ces acteurs affichent également des démonstrateurs particulièrement ambitieux.
- ◆ Les équipementiers et les autres acteurs du Smart Grid français sont également fortement impliqués dans le développement du marché des Contrats de Performance Énergétique, et plus généralement pour ceux concernant les services énergétiques, comme l'atteste la forte activité sur ce domaine des grands groupes et PME françaises.

EXEMPLES DE SOLUTIONS



SOLUTION GREENPRIZ POUR LE SUIVI, LA GESTION ET L'OPTIMISATION DES CONSOMMATIONS D'ÉLECTRICITÉ

GreenPriz conçoit et développe une solution innovante pour les professionnels, du module DIN pour tableau électrique à la prise murale, qui apporte de manière simple, efficace et abordable la réponse aux problématiques de suivi, de gestion et d'optimisation des consommations d'électricité. Composée de modules autonomes ne nécessitant pas de connexion Internet ni de transmission radio permanente et sans aucun câblage supplémentaire, la solution GreenPriz s'adresse à tous types de bâtiments, publics ou privés.

Grâce à sa gamme de produits diversifiée, elle permet de réaliser jusqu'à 45% d'économies d'électricité avec un retour rapide sur investissement.



SOLUTION WATTSEEKER DE QUALISTEO

Qualisteo commercialise une solution propriétaire de mesure interprétée des consommations énergétiques permettant de réduire les factures jusqu'à 40%. Collectivités, professionnels et industriels figurent parmi ses principaux clients. Qualisteo a participé à 2 projets collaboratifs, OpeNRJ, constitution d'une communauté Open Data d'affichage des consommations énergétiques des bâtiments de 6 organisations pilotes et Premio +, plateforme de services énergétiques à l'échelle d'une ville, valorisant les données numériques générées et permettant la gestion de dispositifs de maîtrise de l'énergie. Qualisteo a reçu le prix SmartGrids France et le prix Européen de l'innovation ACES en 2013.



LONG-RANGE IOT STATION - KERLINK

Développée par Kerlink et dédiée aux solutions pour les Smart Grids, la Long-Range IoT Station est un produit qui s'adresse aux opérateurs de service de connectivité M2M et Internet-des-Objets voulant opérer leur propre réseau. Le produit intègre la technologie Long Range développée par Semtech, ainsi que de la connectivité 3G et Ethernet. Installée sur un point haut (BTS, château d'eau...), la Long-Range IoT Station peut établir des communications bidirectionnelles avec plusieurs milliers d'équipements intelligents (compteurs ou objets connectés) distants de plusieurs kilomètres. La Long-Range IoT Station simplifie grandement la mise en œuvre du réseau et le fonctionnement des end-points, réduit le coût de l'infrastructure (pas de répéteurs) et permet une compatibilité avec des protocoles existants (WMBUS, 6lowPan...)



Maquette fonctionnelle du show room de CIAC IT

SOLUTION MULTI-ÉNERGIES DE CIAC INTERNATIONAL TECHNOLOGIES

Spécialiste des technologies de l'information et de l'énergie, CIAC International Technologies a développé GO-IDEMS®, compatible avec les recommandations de la Commission de régulation de l'énergie (CRE), sur les normes ouvertes OSGP (ETSI) qui supportent multiples fabricants de compteurs. Ce système innovant utilise les compteurs électriques comme passerelles pour d'autres compteurs communicants (gaz, eau, thermiques) permettant le transfert bidirectionnel des données par une technologie CPL éprouvée chez 40 millions de clients en Europe et en Amérique. Après trois ans d'exploitation, les sites pilotes gérés par GAZELEC à Péronne (Somme) ont validé le système : récupération de 100% des consommations, relèves précises, changements de puissance, remontée des courbes de charge pour une meilleure gestion du réseau, contrôle de pertes non techniques, prédisposant ainsi au prochain déploiement.

Dans le secteur résidentiel

- ◆ Les acteurs français s'orientent également vers l'efficacité énergétique dans le résidentiel, leurs offres étant structurées par le pilotage des consommations dans le parc résidentiel, secteur fortement thermo-sensible (part importante du chauffage électrique entraînant de forts appels de puissance lors des jours les plus froids).
- ◆ En dehors des équipements agissant sur des systèmes individuels (par exemple, des thermostats permettant de réduire les consommations des équipements de chauffage), le secteur du « Smart Home » ou de la maison intelligente, est en plein développement. Les entreprises Schneider Electric, Ijenko, Somfy, Legrand ou Archos sont par exemple positionnées sur ce secteur.
- ◆ Le système électrique français a été le premier à introduire des tarifs dynamiques ou tarifs incitatifs. EDF a introduit les premiers tarifs horo-saisonniers dans les années 70 afin d'adapter la demande des consommateurs français aux conditions de production du système (reposant fortement sur le nucléaire). Aujourd'hui, ces tarifs dynamiques se développent encore grâce à l'arrivée des compteurs communicants qui vont permettre de compléter les différents tarifs résidentiels existant. L'accompagnement des consommateurs dans leur gestion est un enjeu important pour de nombreux équipementiers, fournisseurs de solutions d'affichage et même agrégateurs résidentiels. De nombreux grands groupes et PME françaises proposent des solutions d'efficacité énergétique dans le résidentiel, structurées autour d'équipements de mesure, d'affichage, de reporting et de conseil.

EXEMPLES DE PROJETS ET DE SOLUTIONS

TABLEAU DE BORD HABITAT (TBH) ALLIANCE

- ◆ Le projet TBH Alliance vise à mettre en évidence le potentiel d'économie d'énergie de divers dispositifs d'affichage et d'accompagnement des ménages autour de leur consommation d'électricité. Le projet permet de constituer et d'animer un panel de 3200 foyers répartis sur tout le territoire.
 - ◆ TBH Alliance doit ainsi permettre d'établir un graphe comparatif, sur le potentiel d'économies des différents dispositifs d'affichage et d'accompagnement, et de déterminer les fonctionnalités les plus efficaces en matière d'économies d'énergie selon les grandes configurations d'utilisation rencontrées. Plusieurs dispositifs d'affichage et d'accompagnement seront testés dans le cadre du projet : affichage local des consommations, affichage web des consommations, relevés manuels (MMR), consommations télé-relevées (AMR), décomposition des consommations par usages et éco-coaching (conseils personnalisés, sensibilisation via des concours en ligne, etc.).
- Coordonné par Eco CO₂, le projet rassemble le cabinet de conseil CGI Business Consulting, Fludia (technologies de récupération et d'analyse des consommations d'électricité), Archos (solutions Smart Home), et le laboratoire des Usages en Technologies d'Information Numérique (Lutin User Lab). Le projet est soutenu par le Programme des Investissements d'Avenir dont le pilotage est confié à l'ADEME.

I-JENKO - PLATEFORME DE SERVICES DE GESTION DE LA DEMANDE ÉNERGÉTIQUE RÉSIDENIELLE ET DE L'HABITAT INTELLIGENT

- ◆ S'appuyant sur une expertise approfondie des plateformes IP et sur l'utilisation d'objets communicants innovants, la société Ijenko créée en 2008, développe et commercialise une plateforme B2B de services de gestion de la demande énergétique résidentielle et de l'habitat intelligent. Cette solution de « Home & Energy Management » permet de fournir aux particuliers des services d'efficacité et de pilotage énergétique. Elle peut être proposée par divers acteurs (fournisseurs d'énergie, opérateurs télécoms...) afin de leur permettre de mieux piloter l'équilibre entre production et consommation d'énergie pour les particuliers.
 - ◆ La solution proposée par Ijenko est une double innovation. D'un point de vue technologique, elle permet un pilotage de l'énergie très fin dans un foyer au niveau de chaque appareil. D'un point de vue organisationnel, elle fait émerger une collaboration entre des « consommateurs citoyens » et un « écosystème d'opérateurs ».
- Cette société a été soutenue dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir, par le FCPR Fonds Ecotechnologies, aux côtés des actionnaires, I-Source, Bouygues Telecom Initiatives et Direct Energie.

LE PROGRAMME HOMES

Piloté par Schneider Electric, le programme « Habitat et bâtiment Optimisé pour la Maîtrise de l'Énergie et les Services » (HOMES) a regroupé de 2008 à 2012 treize partenaires industriels et acteurs de la recherche (CEA, CIAT, CSTB, Delta Dore, EDF, l'Institut National Polytechnique de Grenoble, Philips Lighting, Radiall, Schneider Electric, Somfy, STMicroelectronics, Watteco, Wieland Electric). Son objectif était de proposer des solutions opérationnelles à une large échelle pour permettre à chaque bâtiment d'atteindre la meilleure performance énergétique, sur l'ensemble du parc immobilier européen, qu'il soit neuf ou existant, résidentiel ou professionnel.

HOMES a permis d'étudier, d'améliorer et de tester des solutions d'efficacité énergétique active simples, efficaces, soutenables économiquement, et potentiellement créatrices d'emplois. Le programme a permis d'estimer que les solutions d'efficacité énergétique active : permettent d'économiser entre 20 et 60% de la facture globale d'un site ; ont un retour sur investissement entre 3 et 7 ans dans le tertiaire, entre 5 et 15 ans dans le résidentiel ; sont complémentaires des autres solutions d'efficacité énergétique à savoir l'enveloppe et les équipements du bâtiment.



Calybox 2020 WT - © Delta Dore

DES SOLUTIONS INNOVANTES POUR LE PILOTAGE ET LE SUIVI DES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES - DELTA DORE

Piloté par EDF, le projet Smart Electric Lyon est une expérimentation « Smart Grid » à grande échelle (voir encadré page 27). Associé à de nouvelles offres tarifaires EDF, Delta Dore propose aux participants de tester des solutions innovantes de gestion énergétique compatibles avec le compteur communicant Linky. Delta Dore met aussi à leur disposition des outils de suivi de consommations afin de leur permettre d'optimiser leurs factures énergétiques tout en préservant leur confort.



© GridPocket

PLATEFORME GRIDPOCKET

La plateforme proposée en marque blanche par GridPocket sous forme de software-as-a-service (SaaS), a été développée pour proposer aux clients résidentiels un espace sécurisé de visualisation de leurs consommations d'énergie. Le système récompense les ménages avec des EcoTroks™, des points d'efficacité énergétique pour des comportements responsables, qui peuvent être utilisés pour acheter des cadeaux. Cette tactique de jeu (gaming) permet l'engagement des consommateurs qui sont ainsi soutenus par des retours positifs sur leurs comportements.



© WattGo

SOLUTIONS WATTGO

WattGo développe des systèmes à haute valeur ajoutée pour mesurer, suivre et analyser la courbe de charge électrique résidentielle. L'action de WattGo s'articule autour de trois grands axes : la désagrégation de la courbe de charge électrique et temps réel (plusieurs brevets déjà déposés), les outils de simulation de la consommation électrique domestique sans capteur et une architecture big data permettant un traitement dynamique et intelligent des importants volumes de données issus des compteurs d'énergie et des objets connectés. Les travaux de WattGo s'appuient sur une base de données unique de mesures de la consommation électrique au pas de 5 secondes, issue du panel Powermetrix qui capte en permanence depuis deux ans la consommation d'un échantillon de 1.200 foyers français.

ISSYGRID

- ◆ Premier site pilote en France d'optimisation énergétique à l'échelle d'un quartier, IssyGrid s'organise autour de trois grands axes de travail :
 - la mesure de l'ensemble des consommations (bureaux, logements, commerces, équipements publics),
 - la mise en place de moyens de production d'énergies renouvelables et de stockage électrique,
 - le pilotage du réseau au niveau local et la gestion de l'équilibre entre production et consommation locale.
- ◆ Les problématiques telles que la recharge des véhicules électriques et la gestion de l'éclairage public sont traitées dans le cadre du projet. L'utilisation de l'énergie dans le résidentiel sera également ciblée : la volonté est de tester une infrastructure de monitoring et de pilotage des charges basées sur une solution technique Ijenko (box énergétique) et sur le compteur communicant Linky.

Le projet IssyGrid a été créé à l'initiative de la Ville d'Issy-les-Moulineaux et de Bouygues Immobilier, avec des acteurs qui réunissent l'ensemble des compétences stratégiques et techniques : Bouygues Immobilier, Alstom, Bouygues Telecom, Bouygues Energies & Services, EDF, Embix, ERDF, Microsoft, Schneider Electric, Steria, Total.

5.3.3 Flexibilité de la demande – d'importants gisements de capacité flexible

- ◆ L'intégration de la production d'énergie renouvelable, l'augmentation continue de la pointe électrique journalière notamment dans le cas français d'un système électrique particulièrement thermo-sensible et l'introduction de nouveaux usages, tous ces facteurs augmentent les besoins en flexibilité des systèmes électriques. La flexibilité de la demande ou Demand Response, qui implique l'utilisation des capacités des consommateurs à réduire ou augmenter leurs consommations en fonction de signaux du marché, constitue une opportunité pour la gestion des contraintes réseaux et une alternative aux renforcements.
- ◆ Les acteurs français travaillent sur ce sujet à l'échelle nationale et internationale, sur l'effacement tertiaire et industriel comme sur l'effacement diffus, sur les marchés déréglementés comme sur les marchés verticalement intégrés ou partiellement libéralisés. L'offre de ces acteurs dans le domaine du Demand Response est très vaste : fournisseurs d'équipement de pilotage des charges, agrégateurs (exploitation et valorisation), ou encore fournisseurs de solutions pour les utilities.

Le Demand Response tertiaire et industriel

- ◆ Les agrégateurs français (compagnies qui proposent des solutions de demand response en agrégeant les flexibilités d'un grand nombre de sites) sont aujourd'hui parmi les leaders européens dans la valorisation de capacités de flexibilité tertiaires et industrielles.
- ◆ Les acteurs français sont présents sur la totalité de ces structures, avec plusieurs milliers de MW de capacité et des modèles d'affaire permettant une valorisation de tout type de ressources (délais rapides, délais longs, etc.).
- ◆ Energy Pool, par exemple, est le principal agrégateur européen. Cette entreprise française gère plus de 1 500 MW de capacités flexibles, venant essentiellement de clients industriels et tertiaires. L'agrégateur est aussi présent à l'international, avec des projets au Royaume-Uni, en Belgique, au Japon... La présence d'Energy Pool sur plusieurs marchés est emblématique de la capacité des acteurs français à s'adapter à différents cadres de valorisation de la flexibilité de la demande et à proposer des produits parfaitement adaptés et compétitifs sur ces marchés. Entre autres acteurs de ce secteur, on peut également citer Actility, Smart Grid Energy, Alstom, ou EDF qui, par exemple, fait appel depuis plus de 15 ans à la flexibilité de ses clients pour des besoins internes. L'expérience française de l'effacement est également visible dans les compétences en termes d'architecture de marché, présentées dans le point suivant de ce document. Enfin, plusieurs projets de démonstration sont menés sur ce secteur, et notamment les projets RéFlexE et EnR Pool (page 12).

Les compétences en matière d'architecture de marché

- ◆ Les acteurs français, et notamment RTE, sont particulièrement compétents dans la conception des architectures de marché, ou market design, comme l'illustrent les évolutions récentes des structures de marché français : les mécanismes de valorisation des flexibilités décentralisées et surtout de l'effacement se sont développés depuis plusieurs années et permettent aujourd'hui aux consommateurs de contribuer directement à la sécurité du système électrique en monétisant leurs consommations dans les structures des services systèmes – notamment la réserve tertiaire rapide et complémentaire et le mécanisme d'ajustement. Les consommateurs peuvent également valoriser leurs capacités modulables directement sur le marché de gros, via le mécanisme NEBEF. La mise en place de ces mécanismes suit un processus rôlé : études de potentiel économique, concertation avec les parties prenantes et adaptation réglementaire, mise en place et suivi des mécanismes. À travers sa filiale RTE International, RTE assiste des opérateurs internationaux pour faire évoluer leur architecture de marché.

EXEMPLES D'OFFRES

ACTILITY – L'OPTIMISATION DES CONSOMMATIONS EN FONCTION DES CONDITIONS RÉSEAU

- ◆ Le business model d'Actility repose sur une valorisation optimisée des capacités flexibles des clients, en fonction des conditions réseau. Le moteur de modélisation d'Actility permet de valoriser des participations à la hausse ou à la baisse (effacement ou augmentation de la consommation). La proposition d'Actility est particulièrement adaptée aux secteurs où la modélisation des charges est nécessaire afin de maximiser les revenus d'effacement tout en assurant la continuité de l'activité des structures. Dans le domaine du traitement des eaux, par exemple, il est alors possible de moduler la consommation des systèmes d'aération sans risque pour le processus.
- ◆ Actility propose d'optimiser le fonctionnement des process en temps réel et en fonction des conditions du marché, afin de maximiser les revenus pour les consommateurs. L'agrégateur modélise la consommation du site et détermine le meilleur programme de fonctionnement des équipements en fonction des conditions réseau, valorisation à la fois des effacements à la hausse et à la baisse.
- ◆ Actility valorise aujourd'hui des capacités flexibles en France et développe ses activités dans d'autres pays Européens, dont la Belgique est la cible la plus récente.

E-TERRADRBIZNET : UN DRMS UTILISÉ DANS PRÈS DE 30 PAYS ET GÉRANT PRÈS DE 10 GW DANS DIFFÉRENTS PROGRAMMES D'EFFACEMENT – ALSTOM

- ◆ La plateforme e-terraDRBizNet est un Système de Gestion des Programmes d'Effacement (ou DRMS : Demand Response Management System), fondée sur des standards et conçue pour être indépendante de toute infrastructure de comptage intelligent ou de gestion de charges (par exemple, thermostats intelligents, systèmes de gestion des consommations, etc.). e-terraDRBizNet prend en charge tous les aspects liés à la gestion d'un programme de Demand Response : la création du programme, le tracking marketing et des performances, le recrutement des consommateurs, la gestion des équipements, l'activation, le suivi et le monitoring de la performance en temps réel, la mesure et la vérification de la performance, ainsi que toute tâche de reporting.
- ◆ La solution e-terraDRBizNet montre déjà ses capacités, notamment sur le marché PJM Interconnection – le plus grand marché pour le Demand Response, du monde – mais aussi sur d'autres structures de marché avec des cadres réglementaires différents. En tout, près de 10 GW de capacités d'effacement sont gérés sur près de 30 marchés différents (entièrement déréglementés, verticalement intégrés – comme dans le cas du marché Midwest ISO, ou partiellement libéralisés – comme dans le cas de California ISO).

L'EXPÉRIENCE D'ENERGY POOL AU JAPON

- ◆ L'expérience d'Energy Pool dans la valorisation de l'effacement est sollicitée par différents acteurs internationaux, notamment dans des cadres réglementaires où l'écosystème de l'effacement doit être développé. Energy Pool intervient par exemple au Japon avec un projet de développement des pratiques Demand Response. L'objectif de ce projet est d'étudier les possibilités d'effacement de consommation chez des industriels japonais, et d'initier les utilities japonaises au Demand Response. À partir de ses centres de contrôle à Chambéry et Tokyo, Energy Pool a effacé, depuis février 2014, plusieurs dizaines de MW de consommation industrielle, débutant seulement trois mois après le démarrage de son démonstrateur.
- ◆ L'objectif du projet fait suite au désir du METI (Ministry of Economics, Trade and Industry du Japon) de développer l'effacement afin de lisser la consommation en période de pointe dans un contexte énergétique très contraint causé par l'arrêt de toutes les centrales nucléaires de l'archipel. L'objectif final du projet est de tester divers services au réseau électrique grâce à l'effacement de 50 MW de capacités industrielles, soit l'équivalent de la consommation d'une ville de 200 000 habitants.

L'effacement diffus

- ◆ L'effacement diffus - ou résidentiel - présente des potentialités particulièrement importantes, et s'impose comme une solution prioritaire notamment dans des pays ayant des besoins importants de capacités flexibles, en complément des flexibilités tertiaires et industrielles. L'effacement résidentiel est moins développé que l'effacement tertiaire et industriel, la complexité de la solution technique et des modes de monétisation et de valorisation étant plus importante dans le cas du résidentiel.
- ◆ Les acteurs français répondent déjà à ces challenges techniques et commerciaux avec des

modèles d'affaire au niveau de la valorisation des capacités et de l'infrastructure technique. Le marché français de l'effacement résidentiel est aujourd'hui le marché leader pour ce genre de ressource en Europe. Plusieurs modèles d'affaire se développent aujourd'hui autour de la valorisation de ces flexibilités, portés à la fois par des fournisseurs comme dans le cas d'EDF avec EDELIA, de Voltalis, ou de Direct Energie dans le cadre du projet Modelec (voir encadré ci-dessous). Actility intervient également sur ce marché notamment à travers une plateforme de fourniture de services, dont des services énergétiques, dans le résidentiel.

EXEMPLES DE PROJETS ET D'OFFRES

MODELEC - OPTIMISER LA GESTION DES USAGES ÉLECTRIQUES RÉSIDENTIELS

- ◆ Modelec est un projet d'effacement des usages électriques auprès de foyers répartis dans plusieurs zones géographiques et équipés de différents équipements de mesure et de pilotage de la consommation (box, plugs, capteurs...) fournis par Ijenko.
- ◆ La plateforme développée pour le projet a pour objectif d'étudier le comportement des consommateurs face à différentes situations d'effacement, d'élaborer des modèles de valorisation et de définir les modalités techniques et économiques permettant d'assurer l'adhésion du consommateur. La plateforme offre également au consommateur un ensemble

de services liés à l'efficacité énergétique. Après deux ans d'expérimentation, plus de 500 testeurs équipés de Modelec ont fait l'objet de plus de 22000 effacements permettant ainsi de recueillir des enseignements sur l'acceptabilité de l'effacement qui s'avère très bonne pour les clients.

Le projet coordonné par Direct Énergie est formé du consortium d'entreprises suivant: Ijenko (plateforme de gestion), GES (entreprise locale de distribution) et le Centre d'Étude sur l'Actuel et le Quotidien (études sociologiques). Modelec a été soutenu dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir, géré par l'ADEME.

EDELIA - L'OFFRE DE GESTION DE FLEXIBILITÉ RÉSIDENTIELLE DU GROUPE EDF

- ◆ Créée en 2005, Edelia, filiale à 100% du groupe EDF, est un développeur de solutions de Maîtrise des énergies pour les consommateurs résidentiels. Aujourd'hui, Edelia développe un ensemble de services innovants autour:
 - de la collecte et de l'affichage de la consommation électrique du foyer, assortis de conseils permettant d'optimiser cette consommation,
 - du pilotage des appareils électriques domestiques.
- ◆ Dans l'effacement Edelia assure l'exploitation et la monétisation des capacités flexibles, en proposant aux

consommateurs l'utilisation de l'Énergie Box développée en interne, et qui, à distance, agit sur les équipements de chauffage et d'eau chaude sanitaire. Edelia valorise par la suite la flexibilité pour différents besoins, comme par exemple, la sécurité de la fourniture électrique en Bretagne, dans le cadre du projet «Bretagne d'Avance». Edelia propose ses équipements (fabriqués par l'équipementier français Sagemcom) directement aux consommateurs finaux, mais aussi aux bailleurs, ces derniers ayant l'opportunité de mettre en place un programme d'effacement sur l'ensemble de leur parc.

VOLTALIS - LE 1^{ER} AGRÉGATEUR RÉSIDENTIEL INDÉPENDANT EN EUROPE

- ◆ Avec plus de 100000 consommateurs adhérents, Voltalis est le 1^{er} opérateur d'effacement diffus européen, spécialisé dans la gestion des ressources de flexibilité résidentielle. Voltalis coordonne et agrège un grand nombre d'effacements répartis sur de très nombreux sites, tirant parti de leur foisonnement grâce à de puissants algorithmes et à sa technologie développée en France. Ces effacements, décidés par Voltalis en toute indépendance, notamment vis-à-vis des fournisseurs d'électricité, sont transparents pour les consommateurs qui se voient gratuitement mettre à disposition un outil de suivi de consommation détaillé et temps

réel. Voltalis se rémunère pour sa part en valorisant ces effacements sur les différents marchés de l'énergie (EpeX, Réserve Tertiaire administrée par RTE, réserves capacitaires...).

- ◆ Avec plusieurs centaines de mégawatts de capacité, des centaines de millions d'ordres d'effacement pilotés et six ans de recul opérationnel, Voltalis dispose d'une expérience unique en Europe et permet à la France de se positionner à la pointe de ce nouveau métier qu'une Directive européenne appelle à considérablement développer au cours des prochaines années.

5.4 AGIR SUR LES VEROUS TECHNOLOGIQUES ACTUELS

LE DÉVELOPPEMENT DU STOCKAGE À TOUS LES NIVEAUX DU RÉSEAU

- ◆ Le développement du stockage d'électricité est l'une des solutions de flexibilité à cibler pour l'évolution des systèmes électriques. Outre les capacités de stockage thermique des ballons d'eau chaude sanitaire (encadré page 9), la France est dotée d'une capacité d'électricité de 4,5 GW par le biais de stations de transferts d'énergie par pompage (STEP). À moyen et long terme, de nouvelles capacités de stockage doivent permettre de mieux intégrer les énergies renouvelables variables et de faciliter l'équilibre des systèmes électriques. Ces capacités paraissent nécessaires en complément d'autres options de flexibilité, comme le Demand Response. C'est dans cette optique multi-usages que les acteurs français se penchent sur la problématique du stockage, avec des démonstrateurs et des applications déployant des unités de stockage à différents niveaux du réseau (grid-scale), mais aussi en aval du compteur.
- ◆ L'utilisation du stockage pour améliorer les opérations des gestionnaires des réseaux de distribution est déjà visible dans le cadre de nombreux démonstrateurs comme Nice Grid (voir encadré page 7), Venteea (voir encadré page 15), ou Smart ZAE (voir ci-dessous), où les technologies de stockage sont utilisées surtout pour réduire les effets de la variabilité de certaines productions EnR.
- ◆ Le stockage joue également un rôle important dans l'amélioration de la qualité de fourniture dans les réseaux insulaires. Dans ce domaine, l'activité d'EDF SEI (Systèmes Électriques Insulaires) est une référence en matière d'utilisation du stockage pour l'amélioration de l'économie mais aussi de la sécurité de l'alimentation en électricité dans des systèmes électriques isolés. Différentes solutions de stockage sont utilisées, à la fois en amont (HTA) et en aval du compteur, comme dans le cas du projet Millener (voir encadré page 17).
- ◆ La maturité technologique du stockage électrochimique, en particulier, et la volonté des acteurs français d'intégrer ces technologies dans leurs modèles d'affaires, sont également visibles dans les offres d'autoproduction, qui cherchent à associer du stockage électrochimique, de petite capacité, aux auto-productions solaires afin de permettre une meilleure utilisation de ces dernières. Le fabricant de solutions de stockage SAFT, par exemple, est particulièrement actif dans ce domaine, notamment en Allemagne où le marché de l'autoproduction a commencé à se développer.

SMART ZAE : PERMETTRE À UNE ZONE D'ACTIVITÉ ÉCONOMIQUE DE MIEUX GÉRER SON ÉNERGIE

- ◆ Premier réseau électrique intelligent déployé à l'échelle d'une Zone d'Activité Économique, Smart ZAE est un site pilote Smart Grid basé à Toulouse sur un site de 1,5 hectare où travaillent 230 personnes. Baptisé Smart Grid Expérience, ce site est équipé de 300 kWc de photovoltaïque et de 60 kW d'éolien qui permettent d'assurer jusqu'à 50% de la consommation du site. Il comprend par ailleurs trois innovations technologiques majeures:
 - des unités de stockage d'électricité: 100 kWh de volants d'inertie à sustentation magnétique, développés par Levisys et 100 kWh de batteries;
 - des liaisons à courant continu entre stockages et sources de production d'énergie pour éviter les déperditions d'énergie;
 - des convertisseurs d'énergie à haut rendement.



Smart Grid Expérience - © Cofely Ineo Yerrick Canet

- ◆ L'objectif de Smart ZAE est de démontrer que grâce à des moyens de production d'énergie renouvelable associés à des capacités de stockage et un système de pilotage intelligent de l'énergie, la performance énergétique d'une zone d'activité peut être améliorée, sa consommation électrique optimisée et que cette dernière peut participer à la fourniture de services système au réseau.

Coordonné par Ineo SCLE SFE (entité de Cofely Ineo, Groupe GDF SUEZ) en partenariat avec le laboratoire LAPLACE, Levisys et CIRTEM. Ce projet est soutenu dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir, géré par l'ADEME.

FLYPROD - AVANCER LA RÉFLEXION TECHNOLOGIQUE DANS LE DOMAINE DU STOCKAGE VIA VOLANT D'INERTIE - LEVISYS

◆ Dans le prolongement du projet Smart ZAE, le projet FLYPROD vise à étudier la viabilité économique et industrielle d'une production optimisée de volants d'inertie. Coordonné par Levisys, FLYPROD comprend trois objectifs :

- augmentation de la puissance des volants d'inertie (de 10 kW à 40 kW);
- développement et construction d'une ligne pilote de production (100 volants/an);
- construction d'un site industriel dédié à la production optimisée des volants.

Flyprod est soutenu dans le cadre du programme des Investissements d'Avenir géré par l'ADEME.



Banc test volant d'inertie

SAFT - DES SOLUTIONS DE STOCKAGE D'ÉNERGIE À TOUS LES NIVEAUX DU RÉSEAU

◆ Précurseur dans les solutions de stockage d'énergie, Saft est un acteur majeur dans une multitude de projets Smart Grids en fournissant des systèmes de batteries Lithium-ion (Li-ion): Nice Grid, Millener ou encore VENTEEA, en France.

◆ En aval du compteur, que ce soit pour l'habitat résidentiel ou pour les bâtiments à usage industriel ou commercial, la batterie Li-ion de Saft associée à des panneaux photovoltaïques permet de maximiser l'autoproduction du client et d'optimiser globalement la production et l'utilisation de l'énergie électrique, en offrant la possibilité de revendre le surplus de production à des moments opportuns. Les démonstrateurs permettent de tester l'intégration de ces systèmes individuels dans les réseaux intelligents: moyennant des technologies de communication avancées, les batteries sont chargées et déchargées, en tenant compte des contraintes du réseau, permettant d'atténuer les pointes d'injection solaire et les pointes de consommation.

◆ Les batteries Saft sont également raccordées directement sur le réseau électrique et apportent de multiples services aux opérateurs, notamment l'écrêtage des pointes et la régulation de fréquence, contribuant ainsi au maintien de la stabilité du réseau. Enfin, associés directement à des parcs de production photovoltaïque ou éolienne, les systèmes de stockage conteneurisés de Saft permettent de stabiliser le niveau de puissance injectée au réseau, tout en renforçant la capacité de production.

◆ Fondés sur une technologie Li-ion de haute performance, les systèmes de batteries développés par Saft garantissent un stockage d'énergie très efficace et flexible pour supporter les cycles de charge et de décharge quotidiens très dynamiques propres aux énergies renouvelables, et ce pendant des durées de vie allant jusqu'à 20 ans.

GÉRER LE DÉVELOPPEMENT DU VÉHICULE ÉLECTRIQUE

◆ Le secteur de la mobilité électrique fait actuellement l'objet d'une forte mobilisation: les constructeurs, fabricants de batteries et fournisseurs d'infrastructures et de services associés s'impliquent fortement dans le développement de ce marché.

◆ Les véhicules électriques peuvent être considérés à la fois comme une opportunité, mais aussi un enjeu pour la stabilité et l'économie des systèmes électriques. Les acteurs français se positionnent aujourd'hui pour assurer une augmentation des taux d'utilisation de ces véhicules dans les meilleures conditions possibles d'utilisation du réseau électrique.

◆ Cette intégration du point de vue de la sécurité réseau est réalisée en proposant des technologies de recharge intelligentes, de contrôle d'accès / roaming, mais aussi en expérimentant des architectures techniques plus ambitieuses comme le véhicule-to-home qui vise l'utilisation de capacités de stockage des batteries pour réduire les appels de puissance d'un logement sur les réseaux électriques, et le véhicule-to-grid qui vise l'utilisation de capacités de stockage des batteries pour fournir des services aux réseaux électriques.

EXEMPLES DE PROJETS

ECO2 CHARGE - RÉDUIRE L'IMPACT DU RECHARGEMENT DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES SUR LE RÉSEAU

◆ ECO2 CHARGE est un projet visant à accélérer le déploiement des solutions de recharge des véhicules électriques en limitant les coûts d'infrastructure et d'exploitation et en minimisant l'impact sur le réseau de la demande électrique liée à la recharge des véhicules électriques. Il intègre aussi un volet important sur la qualité du service rendu aux usagers. L'objectif du projet est de :

- développer une distribution électrique optimisée grâce au raccordement évolutif des bornes et au pilotage de la distribution électrique à chaque borne selon l'état de charge des véhicules, les besoins des utilisateurs et le niveau d'énergie disponible sur le site;
- développer un système de stockage local d'énergie avec la réutilisation de batteries de véhicules électriques (dites « de seconde vie ») après leur usage automobile;

- piloter l'énergie du site en intégrant les besoins des bâtiments, l'apport des énergies renouvelables locales, le stockage temporaire d'énergie dans des batteries de seconde vie et l'interaction avec le marché de capacité;
- gérer des services aux utilisateurs tels que les fonctions d'information, de réservation et de facturation.

Le projet se déploie sur deux sites tertiaires majeurs dans la région de Saint-Quentin-en-Yvelines. Coordonné par Bouygues Energies&Services, le consortium du projet comprend également Nexans, Actility, le CEA, Renault, Alstom et Embix. Le projet bénéficie d'un soutien de l'ADEME dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir.



Smart Grid expérience - © Cofely Ineo Arnaud Févrie

Recharge d'un véhicule électrique de la flotte ERDF - © Olivier Guerrin - PVVP

VELCRI – VÉHICULE ÉLECTRIQUE À CHARGE RAPIDE INTÉGRÉE

◆ Développer les véhicules électriques, c'est répondre à deux enjeux majeurs de la recharge des batteries : la rapidité et la gestion de l'énergie d'un parc de systèmes de recharge. Le projet VELCRI a pour objectif de proposer une solution techniquement sûre, robuste et économiquement abordable, avec un système complet véhicule électrique-connexion au réseau électrique. Il utilise des batteries lithium-ion avec connectique externe adaptée, un chargeur intégré (moins de 15 mn de charge en mode « station », moins de 30 mn en mode « parking »), un système de gestion électrique/thermique de la batterie, un gestionnaire d'énergie, un système de recharge à domicile

(fournisseur d'électricité), et un dispositif de communication avec la borne de recharge. Le projet prévoit la réalisation de 3 véhicules pour fonctionner sur 2 plateformes de démonstration : une station de recharge rapide de Schneider Electric à Grenoble, une station de recharge bidirectionnelle du CEA à Chambéry.

VELCRI est piloté par Renault en partenariat avec Schneider Electric, JC-Saft, EDF, VALEO, Radiall, CEAlnes, CNRS-Pprime, Institut Telecom, Eurecom et Apojée. VELCRI est soutenu dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir, géré par l'ADEME.

CROME – DÉMONSTRATION FRANCO-ALLEMANDE TRANSFRONTALIÈRE D'UNE INFRASTRUCTURE DE CHARGE INTEROPÉRABLE POUR LA MOBILITÉ ÉLECTRIQUE

◆ Les infrastructures de charge mises au point ces dernières années ayant été conçues essentiellement à l'échelle d'un pays, il est particulièrement important de prouver que les frontières ne constituent pas un obstacle significatif à l'introduction de l'électromobilité en Europe. Interopérabilité, prix et sécurité sont les clés de la réussite.

◆ Dans ce contexte, le projet CROME synthétise et agrège les projets de démonstration de la mobilité électrique qui existent déjà à proximité de la frontière franco-allemande permettant de lancer une expérimentation transfrontalière sur une infras-

tructure de recharge modernisée et de nouveaux services aux clients. Grâce à l'expérimentation franco-allemande visant à créer une plateforme européenne interopérable sur l'électromobilité, le projet CROME permet de tester les véhicules rechargeables de différentes catégories et provenant de différents constructeurs automobiles.

CROME est coordonné par EDF, en partenariat avec PSA Peugeot Citroen, Renault, Schneider Electric et l'IFSTTAR. Le projet est financé dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir, géré par l'ADEME.



Showroom ERDF Paris Grenelle : véhicule en charge dans l'espace mobilité électrique – © Laurent Vautrin - PVVP

Recharge d'un véhicule électrique utilitaire – © Arnaud Bouissou MEDDE-MLETR

6 DÉVELOPPER LES SOLUTIONS DE DEMAIN

Le niveau de compétence des acteurs français sur les différents éléments de la chaîne de valeur des réseaux intelligents est, entre autres, le résultat de la forte mobilisation et de l'implication des pouvoirs publics français, en matière d'innovation et de soutien à la structuration des filières. Ces actions sont menées en partenariat avec les acteurs privés, à travers notamment les fédérations professionnelles actives dans le secteur des Smart Grids.

UNE FORTE MOBILISATION DES POUVOIRS PUBLICS POUR LA STRUCTURATION DE LA FILIÈRE SMART GRIDS FRANÇAISE

◆ L'État travaille depuis plusieurs années au développement et à la consolidation d'une filière française des Smart Grids. Pour ce faire, il mobilise ses services, établissements publics et autorités administratives, le Ministère en charge de l'industrie, le Ministère en charge de l'énergie, ainsi que l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) et la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE), qui travaillent à l'évolution du cadre juridique des réseaux électriques intelligents tout en animant un ensemble de dispositifs visant à renforcer à court et long terme l'écosystème français et l'innovation dont il est porteur.

◆ Avec la mise en œuvre de la politique de filières, l'État, anime en interaction avec l'ensemble des parties prenantes les travaux du comité stratégique de filière des éco-industries (COSEI). Le COSEI rassemble les professionnels du secteur, les organisations syndicales et les pouvoirs publics. Il a notamment pour rôle de renforcer les solidarités entre les entreprises, d'assurer les conditions d'une compétitivité accrue et d'aboutir à des engagements réciproques entre acteurs de ces filières et l'État.

◆ D'autre part, l'initiative « La Nouvelle France Industrielle » pilotée par le Ministère de l'industrie a placé ce sujet parmi ses priorités. Les « Réseaux électriques intelligents » constituent l'un des 34 plans industriels prioritaires lancés en septembre 2013 et qui visent à faciliter la constitution d'offres industrielles françaises intégrées et compétitives. Les axes de travail suivants ont été définis :

- À court terme, constituer « l'équipe de France des réseaux électriques intelligents » en fédérant la filière autour d'un « label » et d'une structure opérationnelle.
- À moyen terme, passer des démonstrateurs à un déploiement ciblé des solutions REI sur une zone géographique ciblée.
- A long terme, préparer la compétitivité de la filière à l'horizon 2020, en peaufinant la stratégie R&D des REI, en favorisant l'émergence de solutions imaginées notamment par les PME et jeunes pousses par la mise en œuvre d'une plateforme d'« Open Innovation », l'intégration par les opérateurs et le soutien par la filière.

« Le chemin vers les réseaux électriques intelligents est déjà largement tracé : le système électrique est déjà intelligent et va le devenir de plus en plus, notamment en s'appuyant sur les nombreux atouts français, parmi lesquels figurent déjà des leaders mondiaux dans les technologies concernées. Ensemble avec les acteurs du secteur, PME innovantes, jeunes pousses, grands groupes industriels, le régulateur, universitaires, opérateurs de réseaux, nous nous sommes donnés pour objectif de consolider cette filière prometteuse, désormais réunie sous une bannière unique de l'intelligence électrique sous le vocable international de « Smart Grids France ».

Dominique Maillard,
Chef de file du plan « Réseaux Électriques Intelligents » de la « Nouvelle France Industrielle »

LES ACTEURS PRIVÉS FÉDÉRÉS DU SECTEUR DES SMART GRIDS

THINK SMART GRIDS – L'EXPERTISE FRANÇAISE POUR LES RÉSEAUX INTELLIGENTS

◆ L'association professionnelle « Réseaux Électriques Intelligents – Smartgrids France » est le relais privilégié pour accéder à l'offre française Smart Grids à l'international. L'association rassemble les acteurs de la filière française, forte de leaders mondiaux dans les domaines de l'électrotechnique, des automatismes, des équipements de télécommunication, des systèmes d'information, des modèles de marché

et de régulation. La filière française s'appuie également sur des opérateurs nationaux de réseaux d'électricité qui font référence dans le monde ainsi que des start-ups, des PME innovantes, les pôles de compétitivité, des universités de renom et des centres de recherche. Elle est présente sur toute la chaîne de valeur des smartgrids et propose une offre complète.

GIMELEC - DES INDUSTRIELS AU SERVICE DE L'INTELLIGENCE ÉNERGÉTIQUE

◆ Groupement des industries de l'équipement électrique, du contrôle-commande et des services associés, le Gimélec rassemble 200 entreprises qui fournissent des solutions électriques et d'automatismes sur les marchés de l'énergie, du bâtiment, de l'industrie, des Data Centers et des infrastructures. Les entreprises du Gimélec emploient 69 000 personnes en France où elles génèrent un chiffre

d'affaires de plus de 12 milliards d'euros dont 57% à l'export. Leurs produits, équipements, systèmes et services assurent des fonctions essentielles suivantes : sécurité et intelligence des réseaux électriques, gestion active des bâtiments, productivité et sécurité des procédés, continuité et qualité de l'alimentation électrique.

IGNES - INDUSTRIES DU GÉNIE NUMÉRIQUE ÉNERGÉTIQUE ET SÉCURITAIRE

◆ Issu de la fusion de 4 syndicats de la construction électrique (Domergie, Gimes, Gisel, Sycacell), IGNES vise à définir et promouvoir une infrastructure énergétique, numérique et sécuritaire unifiée et efficace pour les bâtiments résidentiels et professionnels. IGNES fédère et

représente 60 entreprises industrielles de toute taille, basées en France et en Europe. Ces entreprises conçoivent, produisent et commercialisent des solutions pour l'infrastructure énergétique et numérique de tous les bâtiments résidentiels et tertiaires.

LES PÔLES DE COMPÉTITIVITÉ

◆ Clusters français pour la compétitivité et l'emploi, les pôles de compétitivité français catalysent la coopération entre entreprises, centres techniques, organismes de recherche, établissements de formation supérieure et organismes publics. 71 pôles de compétitivité ont été mis en place en France depuis le début des années 2000 sur tous les secteurs d'activité. Le fonds unique interministériel (FUI) est dédié au financement de projets collaboratifs labellisés par les pôles de compétitivité.

◆ Spécialisés sur le secteur des Smart Grids, dix pôles de compétitivité français mutualisent leurs travaux pour définir une stratégie coordonnée en faveur du développement des réseaux électriques intelligents et de la ville intelligente, en France et à l'étranger. Advancity, Alsace Energivie, Capenergies, Derbi, Images & Réseaux, Minalogic, S2E2, SCS, Systematic et Tenerdis ont signé une charte de partenariat et constituent ainsi un regroupement d'ampleur nationale avec des compétences transverses sur les Smart Grids : Smart Grids France.

ACTEURS PUBLICS

BUSINESS FRANCE

◆ Business France est l'agence nationale au service de l'internationalisation de l'économie française. Elle est chargée du développement international des entreprises et de leurs exportations, ainsi que de la prospection et de l'accueil des investissements internationaux en France.

Elle promeut l'attractivité et l'image économique de la France, de ses entreprises et de ses territoires. Elle gère et développe le VIE (Volontariat International en Entreprise). Business France dispose de 1 500 collaborateurs situés en France et dans 70 pays. Elle s'appuie sur un réseau de partenaires publics et privés.

LE SOUTIEN RENFORCÉ À LA R&D ET À LA DÉMONSTRATION

◆ L'Etat s'engage activement dans le soutien à la R&D et aux démonstrateurs Smart Grids, avec plusieurs programmes de financement, dont le plus important est le Programme des Investissements d'Avenir. Dans le cadre d'un grand emprunt national visant à encourager l'innovation et l'investissement en France, un programme spécifique a été confié à l'ADEME par l'Etat pour la mise en œuvre de projets de « démonstration » sur les Smart Grids. Ces projets de démonstration visent notamment l'expérimentation pré-industrielle de technologies innovantes. Ils permettent aux entreprises d'assumer une prise de risques technologiques et financiers en amont de la phase d'industrialisation.

◆ Afin de définir des « visions communes » de déploiement technologique tenant compte des contraintes et enjeux sociétaux, réglementaires et économiques, l'ADEME élabore des feuilles de route stratégiques en collaboration avec des groupes d'experts externes issus des secteurs de l'industrie, d'organismes de recherche publics et d'agences de financement et de programmation de la recherche. Ces feuilles de route définissent notamment des priorités de recherche et des besoins de démonstrateurs, voire des besoins nationaux de centres d'essais, et servent de base structurante lors de l'élaboration des appels à manifestations d'intérêt (AMI), dans lesquels l'ADEME définit le périmètre et les critères de sélection des projets.

« Dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir géré par l'ADEME, une vingtaine de projets innovants sont actuellement menés en France dans le secteur des Smart Grids. Ces projets témoignent du dynamisme de la filière française et ils ont plusieurs caractéristiques fortes :

- Leur ancrage territorial, tout d'abord, qui permet d'agir au plus près des besoins des collectivités, des industriels ou des consommateurs ;
- Le fait que les innovations couvrent un très large spectre de la chaîne de valeur des Smart Grids, pour rendre les systèmes électriques plus intelligents, faciliter l'insertion d'énergies renouvelables sur les réseaux, assurer une meilleure maîtrise de l'énergie ou encore expérimenter de nouveaux modèles d'affaires ;
- Enfin, le caractère partenarial de ces expérimentations, qui associent grands groupes, PME, organismes de recherche, universités et collectivités locales.

Ces démonstrateurs ont un effet structurant dans le paysage français des Smart Grids et contribuent à placer la France parmi les pays leaders dans ce secteur. »

François Moisan, Directeur exécutif de la Stratégie, de la Recherche et de l'International à l'ADEME

◆ En amont des démonstrateurs, l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) finance également la recherche via des appels à projets dédiés dans le domaine des réseaux électriques intelligents. Les acteurs privés sont également parties prenantes en

matière de R&D et sont particulièrement engagés dans le développement des technologies et pratiques Smart Grid – c'est notamment le cas d'EDF et de sa division R&D, comme le montre l'exemple suivant.

CONCEPT GRID : UNE PLATEFORME DE PREMIER PLAN POUR ACCOMPAGNER LA RECHERCHE SUR LES SYSTÈMES ÉLECTRIQUES

« Moderniser le système électrique en lui permettant de faire face à une plus grande variation de l'offre et de la demande, améliorer la qualité de desserte pour le client en optimisant les investissements sur le réseau, générer plus de valeur au travers de nouveaux services, tant pour les clients finaux que pour les autres acteurs du système : autant de défis sur lesquels les chercheurs d'EDF sont mobilisés pour tracer la nouvelle frontière du paysage électrique de demain, celle de l'efficacité énergétique. »

Bernard Salha Executive Senior VP EDF Group Corporate/ CEO of EDF R&D

◆ Concept Grid est un véritable réseau de distribution « intelligent » s'étendant sur 3 hectares sur le site EDF R&D des Renardières (Seine et Marne). Il intègre des moyens d'essais innovants mis en place spécifiquement pour préparer les évolutions des réseaux. En complément, son raccordement à d'autres laboratoires d'essais du site EDF R&D des Renardières rend possible l'étude de problématiques additionnelles. Le réseau de distribution Concept Grid réunit 3 km de réseau moyenne tension (20 kV) qui alimentent un réseau basse tension de 7 km. Des matériels électriques complémentaires - tels que des cellules RLC (Résistance Inductance Capacité), un amplificateur et un simu-

lateur - permettent de reproduire virtuellement les caractéristiques des réseaux de distribution de plus grande taille.

◆ Concept Grid constitue un moyen d'investigation et d'intégration qui réunit autour de lui les compétences et l'expertise des équipes d'EDF R&D. En s'appuyant aussi bien sur des partenariats dans la durée que sur des coopérations plus ponctuelles, Concept Grid a vocation à devenir un lieu de rencontres privilégié pour différents acteurs : universités, laboratoires, gestionnaires de réseaux, équipementiers et commercialisateurs.



CONCLUSION : LA VISION FRANÇAISE DU SMART GRID

La vision française des Smart Grids est influencée par une série d'avantages compétitifs, qui se sont développés à partir des années 70 et qui permettent aujourd'hui aux parties prenantes de dynamiser une transition vers des réseaux plus intelligents, avec un haut niveau de sécurité, tout en présentant une économie favorable et des externalités positives au niveau sociétal.

◆ Les acteurs français du Smart Grid œuvrent depuis plusieurs années afin de disposer d'un système hautement fiable, présentant des taux de disponibilité particulièrement élevés. Ce niveau de sécurité est le résultat de la maîtrise d'une série de déploiements complexes, et cela à l'échelle du système français. Le fait que ces performances se produisent dans un contexte d'équilibre coûts-bénéfices très favorable atteste de la compétence des acteurs français dans la planification et l'optimisation des CAPEX / OPEX.

◆ Pour assurer la compétitivité économique du réseau, les acteurs français du Smart Grid n'hésitent pas à faire appel à l'utilisation des flexibilités décentralisées, comme la production décentralisée, l'effacement ou le stockage d'électricité, à différents niveaux du réseau. Ces sources de flexibilité sont maîtrisées à la fois sur le plan technique et sur le plan de leur intégration marché, grâce à une importante expérience dans la gestion du marché et du market-design.

LES AVANTAGES COMPÉTITIFS DE LA VISION FRENCH SMART GRID

MAÎTRISE DE LA COMPLEXITÉ



Maîtrise historique de déploiement de systèmes complexes, à tous les niveaux du réseau électrique

DÉPLOIEMENT À GRANDE ÉCHELLE



Maîtrise historique de déploiement à l'échelle du territoire français : compteurs intelligents, équipements de pilotage, etc.

HAUTE DÉPENDABILITÉ



Système électrique fiable, hautement maintenable, présentant des taux de disponibilité et sécurité élevés.

Source : Coda Stratégies

LA MAÎTRISE DE LA COMPLEXITÉ

◆ Le système électrique français dispose de caractéristiques propres, à la fois au niveau du mix de production, de la nature des réseaux de transport et distribution, mais aussi au niveau des caractéristiques du parc de consommation (le système français étant particulièrement thermosensible en raison de l'importance du chauffage électrique au sein du parc). Depuis plus de 30 ans, les acteurs français œuvrent pour maîtriser ce haut niveau de complexité, et cela tout

au long de la chaîne de valeur de la fourniture électrique, qu'il s'agisse de complexité technique, ou de complexité dans le jeu d'acteurs.

◆ De par leurs activités dans le cadre du système électrique français, les acteurs du Smart Grid français sont amenés à réaliser des déploiements complexes, à plusieurs niveaux tels que, par exemple, la volonté d'agir de façon coordonnée sur la pointe d'électricité.

LA MAÎTRISE DU DÉPLOIEMENT À GRANDE ÉCHELLE

◆ Le système électrique français affiche déjà des succès en matière de déploiements massifs de technologie intelligente, et cela à plusieurs niveaux du réseau (automatisation des réseaux de moyenne et haute tensions). Ces déploiements à grande échelle sont réalisés à travers des actions coordonnées des acteurs publics et privés, ce qui garantit pour une large part leur succès.

◆ Ce modèle collaboratif et l'expérience des acteurs français dans la gestion de ces déploiements à grande échelle sont aujourd'hui très appréciés par un nombre d'acteurs internationaux. Les opérateurs de réseaux français RTE (via la filiale RTE International) et ERDF exportent aujourd'hui leurs compétences sous la forme d'un accompagnement des gestionnaires étrangers dans l'amélioration de la performance des réseaux, en s'appuyant notamment sur le déploiement des technologies Smart Grid.

LE RÉSULTAT : UN SYSTÈME À FORT TAUX DE DÉPENDABILITÉ

Le réseau français présente déjà un taux élevé de dépendabilité (sûreté de fonctionnement), taux qui devrait continuer à augmenter avec le développement des technologies et services du « Smart Grid ».

DÉPENDABILITÉ : QU'EST CE QUE CELA IMPLIQUE ?

- ◆ **Fiabilité** : réseau fiable, haut niveau de fonctionnement
- ◆ **Maintenabilité** : Maintenance économique, transition vers les réseaux auto-cicatrisants
- ◆ **Disponibilité** : Très haut taux de disponibilité, à la fois du parc de production et du réseau
- ◆ **Sécurité** : Limitation de risques de tout genre, notamment de black-out. Durabilité.

◆ Les investissements et la dynamique de l'offre font du réseau électrique national un des plus fiables et des plus disponibles au monde. L'augmentation de la qualité de fourniture reste une priorité, à la fois pour les opérateurs de réseaux, le régulateur et les acteurs publics. La capacité des offreurs de solutions techniques de soutenir cette augmentation devrait assurer des taux toujours plus importants de fiabilité et de disponibilité dans les années à venir.

◆ Le réseau français présente également un niveau de maintenabilité élevé. Les principaux acteurs de la filière se positionnent déjà pour réduire les coûts de maintenance et d'intervention. De nombreux démonstrateurs et déploiements technologiques ont été lancés afin de permettre une meilleure surveillance des réseaux (transport et distribution), et une plus grande adaptation des réseaux face aux défis de la transition énergétique.



Smart Grid expérience – © Cofely Ineo Arnaud Février



© Arnaud Bouisson MEDDE-MLETR



© Arnaud Bouisson MEDDE-MLETR



© Laurent Mignaux MEDDE-MLETR



© Sylvain Gignet MEDDE-MLETR



© Laurent Caillierez/ADEME

CONTACTS

INSTITUTIONS PUBLIQUES



Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE)
www.developpement-durable.gouv.fr



Ministère de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique
www.economie.gouv.fr



Ministère des Affaires étrangères et du Développement International
www.diplomatie.gouv.fr



ADEME - Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
www.ademe.fr



Club ADEME International
www.clubinternational.ademe.fr



Business France
www.businessfrance.fr



AFD - Agence Française de Développement
www.afd.fr



ANCRE - Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie
www.allianceenergie.fr



CRE - Commission de régulation de l'énergie
www.cre.fr

GESTIONNAIRES DE RESEAUX PUBLICS DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION



RTE
www.rte-france.com



ERDF
www.erdf.fr

ORGANISATIONS PROFESSIONNELLES ET FOURNISSEURS DE SOLUTIONS



Think Smart Grids - L'expertise française pour les réseaux intelligents
www.thinksmartgrids.fr



GIMELEC - Des industriels au service de l'intelligence énergétique
www.gimelec.fr



IGNES - Industries du Génie Numérique Énergétique et Sécuritaire
www.ignes.fr



CLUSTERS SPÉCIALISÉS DANS LES SMART GRIDS ET LES TIC

Smart Grids France www.smartgridsfrance.fr

L'union de 10 pôles de compétitivité spécialisés dans les Smart Grids et les TIC



LADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et du ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche.

www.ademe.fr

