
Smart Grids : Une vision systémique et intégrative de leur développement

Mach&Team délivre des conseils stratégiques et opérationnels sur la transition énergétique et sur la convergence de l'énergie et du numérique sur la base de 6 domaines d'expertise : Smart Cities, Smart Buildings, Smart Homes, Efficacité énergétique, Smart Grids et Smart Metering. Créée par Eric Morel, un vétéran des Smart Grids, elle offre à ses clients une gamme de services de conseil basés sur l'expertise et l'expérience et focalisés sur la création de valeur. Ses clients sont des villes, des fournisseurs et distributeurs d'énergie, des constructeurs électriques ou des établissements financiers.

Eric MOREL est ingénieur diplômé de l' Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (Paris - 1983). Il a plus de 30 ans de parcours professionnel dont plus de 20 au sein de Schneider Electric.

Il travaille dans le domaine des Smart Grids depuis 2000. Il a créé la première division Efficacité Energétique et Smart Grids de Schneider Electric et fut un des fondateurs de la Gridwise Alliance dont il a été membre du Board. Il a développé pendant plus de 10 ans des solutions, activités et sociétés focalisées sur les Smart Grids ; il a conduit de nombreux projets et est aujourd'hui expert de plusieurs grands décideurs publics.

Mach&Team - E. Morel

Le but de cet article est d'apporter une contribution très personnelle à la compréhension des enjeux colossaux qui émergent autour de l'évolution des réseaux de distribution électrique et de l'organisation nécessaire aux différents acteurs pour y répondre.

Il propose une vision systémique, c'est-à-dire globale et tenant compte de toutes les interactions entre les différentes composantes de la situation, pour atteindre une « méta vision », reliant l'ensemble des visions exprimées sur le sujet, les rendant complémentaires et non antagonistes.

Cette vision est née progressivement, au fil de plus de 10 ans consacrés au Smart Grid, qui m'ont permis d'être acteur de nombreuses initiatives couronnées de réussite ou d'échec, observateur de nombreuses autres, interlocuteur de centaines d'acteurs de référence, accompagnateur de certains d'entre eux.

1- Les réseaux de distribution électrique doivent faire leur révolution

Les réseaux électriques ont été développés au siècle dernier, d'abord dans les pays industrialisés, avec du matériel électrotechnique (disjoncteurs, sectionneurs, transformateurs, condensateurs) rustique, robuste. De ce fait, le renouvellement de ce matériel a été peu fréquent, surtout dans les postes de distribution secondaires, loin en aval dans le réseau de distribution.

Son évolution a été très lente; il a longtemps été conçu autour de sa fonction première : couper, protéger, transformer, évoluant pour « seulement » devenir plus compact, plus performant grâce à une technologie de mieux en mieux maîtrisée. Cette évolution a rarement été suffisante pour en justifier le remplacement sur le terrain.

Ce n'est que depuis 20 ans que l'adjonction de fonctions de communication a progressivement transformé ce matériel : on peut désormais le commander à distance et, de ce fait, agir de manière dynamique sur le réseau électrique pour en optimiser les performances ou pour assurer une meilleure continuité de service. Par ailleurs, il s'est transformé en capteur d'informations relatives au matériel lui-même ou au courant qui le traverse. Ainsi, des algorithmes particuliers permettent de traiter ces informations et de leur donner un sens par rapport aux appareils alimentés par les réseaux : l'analyse d'un courant permet par exemple de surveiller la performance d'un procédé industriel ou de détecter les premiers signes de faiblesse d'une machine, annonciateurs d'une défaillance prochaine.

Le recours à ces nouvelles fonctionnalités se justifie, d'une part, chez les consommateurs principaux (gros tertiaire, industrie), d'autre part, sur la partie « autoroutière » du réseau de distribution, dans les postes primaires que les régies de distribution électrique ont cherchées très tôt à commander à distance. Plus en aval dans le réseau de distribution, le matériel a rarement évolué. De ce fait, les équipements des réseaux électriques des pays occidentaux ont globalement un âge moyen élevé.

Les pays émergents ont, par contre, développé plus récemment leur réseau de distribution électrique avec du matériel plus sophistiqué et il n'est pas rare de voir, en Inde ou en Chine, des portions de réseaux étonnamment modernes.

Dans tous les cas, ces réseaux distribuent l'électricité produite par des unités toujours plus modernes, plus importantes pour répondre aux besoins croissants de capacité. La taille croissante des unités de production a accentué la topologie hiérarchisée des réseaux de

distribution articulée autour de lignes de transport à la tension toujours croissante (de 110kV en 1912 en Allemagne à 1150kV au Kazakhstan en 1985¹)

Les réseaux électriques, tels que je viens de les décrire, ne sont plus adaptés aux enjeux d'aujourd'hui, encore moins aux enjeux de demain. En voici les principales raisons :

- Protocole de Kyoto:

En imposant des limites aux émissions de CO², le protocole de Kyoto a inévitablement contraint l'évolution des réseaux électriques :

- o Moins de pollution au niveau de la production par le développement du recours aux énergies renouvelables
- o Moins de pertes d'énergie²
- o Moins d'unités de production grâce à un meilleur lissage de la demande
- o Une meilleure utilisation de l'énergie
- o Une consommation réduite, chaque fois que possible.

- Les réseaux électriques ont révélé de graves lacunes, aux conséquences lourdes sur la sécurité et la fiabilité de l'approvisionnement en énergie électrique.

Le blackout de 2003 aux Etats-Unis a valeur de symbole : 55 millions d'abonnés privés d'électricité pendant une durée variant de 6 heures à 2 jours, des conséquences chiffrées à 6 milliards de dollars. Tout çà pour un contact entre un arbre et une ligne de transport qui a entraîné une cascade de réactions sur le réseau de transport isolant en l'espace de 2 heures une région couvrant le nord-est des Etats-Unis et le sud-est du Canada.

Le rapport d'enquête officiel stigmatise un bug du système de conduite du réseau. Soit. Sans remettre en cause la qualité de l'investigation, cette analyse procède d'une logique linéaire. Dans une logique plus systémique, ce black-out traduit la non maîtrise globale d'un réseau très complexe, doté d'un management centralisé sur lequel se reporte toute la complexité. N'est-on pas là en face d'un symptôme inévitable de la complexité qu'on cherche à surmonter par la centralisation ? Algorithmes de plus en plus complexes, machines de plus en plus performantes ne suffisent pas à suivre une logique sans fin.

Ce black-out, pour emblématique qu'il soit, n'est pas le seul. D'autres, moins médiatiques quoique tout aussi importants, ont révélé les mêmes symptômes (Italie en 2003, Indonésie en 2005, Brésil-Paraguay en 2009)

- Besoin d'énergie de qualité

Certaines industries sont très sensibles à la qualité de l'énergie électrique et exige un service de plus en plus pointu que tous les fournisseurs ne peuvent pas forcément apporter.

La papeterie, les hôpitaux, la micro électronique sont parmi les secteurs exigeants en matière de qualité d'énergie dans lesquels les acteurs se protègent des perturbations éventuelles venues du réseau par des dispositifs privés destinés à garantir le niveau de propreté nécessaire de leur énergie électrique.

2- Les enjeux de l'évolution des réseaux électriques

¹ D'après Wikipédia

² ABB cite dans « Toward a smarter grid » une augmentation des pertes de 5% en 1970 à 9,5% en 2001

Le manque de fiabilité croissant des réseaux électriques, la sensibilité voire la dépendance de plus en plus importante de l'économie vis-à-vis de l'énergie électrique, l'impérieuse nécessité d'une sauvegarde environnementale de la planète, soumettent les dit réseaux à la nécessité absolue et urgente d'évoluer très fortement dans les années qui viennent. Les enjeux de cette évolution sont multiples :

Une meilleure efficacité:

L'efficacité à prendre en compte ici est globale. Elle s'entend à la fois comme une optimisation du rendement technique et du rendement économique des réseaux.

L'efficacité technique conduit à :

- Une consommation la plus faible possible pour répondre à un besoin fonctionnel donné des différents utilisateurs de l'énergie électrique
- Un minimum de perte sur l'énergie produite
- Des réseaux moins hiérarchisés, plus maillés pour des reconfigurations plus rapides, voire dynamiques

L'efficacité économique conduit à :

- L'utilisation optimale des capacités de production en réduisant les variations de la demande et donc l'écart entre les pics de demande et la consommation « normale »
- La réduction de l'impact environnemental des dispositifs de production et de distribution d'énergie électrique
- L'optimisation de la durée de vie des équipements

Fiabilité, sécurité

La fiabilité des réseaux électriques s'entend d'abord en termes de continuité de service:

- Moins de dépendance vis-à-vis d'un système de conduite central
- Moins de dépendance vis-à-vis d'un producteur unique
- Plus de possibilités de reconfiguration du réseau pour faire face à la défaillance d'un tronçon du réseau
- La qualité de l'énergie se doit de pouvoir être garantie
- Une maintenance prédictive des équipements afin de prévenir les défaillances prédictibles
- Une surveillance des paramètres révélateurs des défaillances les plus fréquentes

La sécurité est d'autant plus sensible que l'énergie est une source importante pour la vie économique et sociale. Elle s'entend :

- Vis-à-vis des intrusions possibles sur le système de contrôle
- Vis-à-vis des vols éventuels d'énergie

Flexibilité

La flexibilité correspond plus à une capacité de réponse qu'à un état caractéristique du réseau. Le besoin est une auto-réaction, un auto-ajustement, une auto-configuration du réseau pour s'adapter à des événements imprévus et assurer la continuité de service nécessaire. Limiter les interventions humaines aux opérations majeures est un gage de performance.

Il est nécessaire pour cela que le réseau soit supervisé et, en partie, auto-supervisé en permanence.

Environnement

La production, distribution et consommation d'électricité sont au coeur des préoccupations environnementales.

En plus de ces enjeux de performances, trois facteurs d'évolution « techniques » influent désormais très fortement sur ce que doit devenir la topologie des réseaux électriques :

- L'émergence de ressources distribuées : les nouvelles énergies renouvelables donnent lieu à l'installation d'unités de production beaucoup plus petites, plus nombreuses et réparties sur le réseau. Elles doivent pouvoir injecter leur production sur le réseau, là où elles se trouvent, sans générer de perturbation.
- Les véhicules électriques, promis à un développement prochain, nécessitent une infrastructure de charge inexistante à ce jour.
- Le stockage d'énergie électrique, actuellement inexistant ou presque, doit trouver des réponses pour favoriser les réponses à ces enjeux.

Chaque acteur aborde le Smart Grid par un premier enjeu :

Une régie de distribution d'électricité n'est pas forcément confrontée aujourd'hui à tous ces enjeux ; un pays non plus. Chaque pays a ses priorités, ses caractéristiques qui le rendent plus sensible à tel ou tel enjeu : la priorité de certains est de se doter des capacités de production nécessaire ; pour d'autres, il s'agit d'améliorer la fiabilité de la distribution d'électricité ; pour d'autres encore, de développer des sources de production vertes ou de réduire les vols d'électricité ou bien encore de réduire les demandes pic pour limiter les investissements sur le réseau.

Chaque acteur a une définition du Smart Grid influencée par son enjeu actuel

La diversité des situations explique les différents angles de vue sous lesquelles les acteurs regardent la nécessaire évolution des réseaux électriques. Ainsi chacun donne une définition relative à sa vision et à ses propres enjeux.

Certaines visions ont des tendances hégémoniques; certains auteurs assimilent par exemple de façon péremptoire, les besoins des réseaux électriques au développement d'une infrastructure de compteurs intelligents.

D'autres ont une tendance à l'image facile, très réductrice: le but serait ainsi de bâtir l'internet des réseaux électriques!

La diversité et les particularités de chaque situation, auxquelles se rajoutent des habitudes locales, ont conduit au rejet prématuré d'offres, développées pour répondre à une situation locale précise, par des acteurs d'autres pays auxquels elles étaient présentées sans vérification préalable de leurs priorités. Ces déconvenues commerciales ont, malheureusement, induit dans les esprits l'idée de besoins différents suivant les clients et les régions. En fait, il n'en est rien et il serait bien dommage de se priver, sur un sujet aussi complexe, d'échanges d'expériences et de solutions.

Mais à l'avenir, tous les enjeux seront d'actualité

Toutefois, à plus ou moins court terme, chaque acteur, chaque pays sera confronté à l'ensemble de ces enjeux et devra trouver une réponse globale.

C'est pourquoi il est capital aujourd'hui de se doter d'une vision globale afin que toute solution mise en œuvre pour répondre à un premier enjeu soit évolutive et puisse demain se combiner avec les réponses aux autres. Des millions d'euros ou de dollars sont à économiser pour les régies de distribution électrique.

Des buts poursuivis très ambivalents :

Parmi tous ces enjeux, certains se traduisent par un besoin de conformité réglementaire, car les autorités publiques font valoir leur engagement environnemental, certains relèvent d'une simple adaptation aux évolutions du réseau comme la prise en compte des ressources distribuées, d'autres visent une certaine productivité des régies électriques mais rares sont ceux qui sont créateurs de valeur.

Ce paradoxe pèse sur l'évolution des réseaux car, en l'absence de valeur créée, la réponse aux enjeux se fait, la plupart du temps, a minima. Quelques rares acteurs se préparent un avenir plus brillant en saisissant l'opportunité offerte par ces évolutions pour identifier et développer des sources supplémentaires de revenus.

3- Qu'est ce que le Smart Grid?

L'ensemble des réponses à apporter à ces besoins d'évolution et à ces enjeux se retrouve aujourd'hui sous trois bannières différentes. Elles sont néanmoins indissociables car complètement interdépendantes.

Les « Réseaux intelligents », (ou Smart Grids) consistent à développer des réseaux de transport et de distribution d'électricité, adaptés aux évolutions de demain (plus d'unités de production réparties, véhicules électriques), intelligents c'est-à-dire capables de s'auto-surveiller, s'auto-ajuster et de s'auto-commander pour des besoins de sécurité, de qualité, de flexibilité et pour assurer une adéquation dynamique de la production d'électricité à la demande.

L'« Efficacité énergétique » (ou Energy Efficiency) relève de l'optimisation du transport, de la distribution et de la consommation d'énergie électrique; c'est consommer mieux et moins, moins gaspiller et moins perdre. Plusieurs leviers d'action pour cela: choix des appareils, planification d'usage, comportements, mise en place de garde fous et de sécurité. Les actions regroupées sous ce vocable sont plus à déployées du côté des consommateurs, même si ce n'est pas une vérité absolue.

Les « Energies renouvelables » répondent principalement à produire différemment, de manière plus écologique, avec moins ou pas d'émission de gaz à effet de serre. Elles permettent aussi un investissement reparté et plus de sécurité d'approvisionnement.

A juste titre, d'un de vue technique, le Smart Grid est vu comme une amélioration ou un enrichissement des réseaux actuels par introduction d'« intelligence » ou d'« informatique ».

Il consiste effectivement à développer et introduire :

- De la maintenance prédictive
- De la supervision avancée des réseaux
- Du contrôle commande étendu
- De l'auto-configuration du réseau par exemple en cas d'indisponibilité soudaine d'un tronçon

- De l'auto-réaction du réseau par exemple en cas de détection d'une dérive à la hausse de la consommation
- De programmes de délestage à mettre en œuvre en cas de pic de consommation

Mais la caractéristique la plus structurante et la plus marquante des Smart Grid est que ce sont des réseaux totalement intégrés, ou plutôt décloisonnés.

- Horizontalement, les producteurs, distributeurs et consommateurs d'électricité doivent échanger des informations en temps réel : par exemple, la consommation mesurée aux compteurs permet de configurer plus rapidement le réseau pour répondre à la demande et de prévoir, à chaque instant, de façon plus précise les besoins excédant la capacité de production disponible.
- Verticalement : le traitement de l'information collectée au niveau des capteurs et du matériel électrotechnique doit pouvoir être effectué soit localement soit, si nécessaire, de manière semi-centralisée.

Ce décloisonnement des réseaux se traduit par le développement de liens, entre les différentes applications, les différentes données, les différents acteurs et une interpénétration des matériels et des logiciels de toute nature.

Ainsi, les frontières du réseau dépassent le réseau lui-même et englobent désormais les unités de production et l'installation des consommateurs. De même, le matériel fait partie du système d'information et les couches architecturales classiques n'ont pu de raison d'être.

Cette caractéristique, fondamentale, définit toute la complexité de la mise en œuvre des Smart Grids.

4- Comment chaque type d'acteur comprend le Smart Grid aujourd'hui ?

Rares sont les acteurs qui, à ma connaissance, ont la compétence d'une approche globale et complète d'une problématique Smart Grid à résoudre lors des prochaines années. Leur compétence et leur positionnement ne sont calqués sur les besoins du marché mais sur leur offre existante. Ainsi leur communication commerciale, présentée sous des aspects de pédagogie, introduit des biais importants dans la manière de développer les Smart Grid.

- Les grands constructeurs ont, pour beaucoup, perdu l'intimité nécessaire avec le marché pour développer une vision pertinente. Ils sont de plus dépendants de leur offre et, par nécessité commerciale, réduisent le Smart Grid aux problématiques qu'ils peuvent adresser à travers leur catalogue produit. Pire, leur approche est généralement une projection de leur organisation : certains sont peu aptes à délivrer des solutions, d'autres renvoient au marché leur cloisonnement interne, aucun n'a de vraie capacité à conseiller un client. Il leur manque souvent un point de vue neutre les confrontant aux frontières de leur terrain de réflexion.
- Les grands intégrateurs sont soit issus du monde électrique et pèchent par manque de compétence informatique et d'architecture d'offre soit en provenance du monde des systèmes informatiques, manquent de connaissance métier et ont des difficultés plus ou moins importantes à intégrer le matériel comme partie de leur système. Ils n'ont malheureusement pas toujours la capacité à valoriser une alliance avec les manufacturiers.
- Les géants venus d'autres mondes, Microsoft et Cisco en tête, manquent de connaissances métier, quelquefois d'accès au marché, souvent de compétences de

consulting.

- Les régies électriques sont partagées :
 - o Les plus petites sont étrangères aux enjeux qui se profilent ; elles n'ont ni les compétences ni les moyens de se doter des solutions nécessaires. Elles seront tôt ou tard prises dans des mouvements de concentration
 - o Les plus grandes font face à plusieurs types de difficultés : leur organisation est très cloisonnée, par spécialité et les projets transverses entre production, distribution et vente sont difficiles à mettre en œuvre. Ces difficultés sont renforcées par la dérégulation qui sépare souvent ces métiers dans des entités juridiques différentes. Il y a de plus dans ces organisations une grande distance entre les décideurs et les experts nécessaires à l'élaboration de la vision puis des solutions
 - o Les moyennes (entre 50000 et 1000000 clients) sont celles parmi lesquelles on trouve les visions les plus élaborées et les projets les plus avancées grâce à la taille de leur organisation permettant plus facilement la conduite des projets transverses et à la plus grande proximité des décideurs et des experts.
 - o Pour les régies, le Smart Grid est cependant une vraie rupture à laquelle elles ne sont pas toutes préparées. C'est la raison pour laquelle beaucoup d'avancées se sont produites ces dernières années poussées par des offreurs plus que tirées par des régies, au détriment de leur pertinence. Elles ont besoin d'éclairage complémentaire pour affiner leur stratégie et la recherche de valeur à créer, pour s'extraire de leur culture souvent très technique et pour manager la transformation qui se présente à elles.

La vision qu'un offreur a du Smart Grid, à défaut d'être globale, est souvent influencée par les expérimentations, les percées, les offres labellisées Smart Grid et assimilée à une application verticalisée.

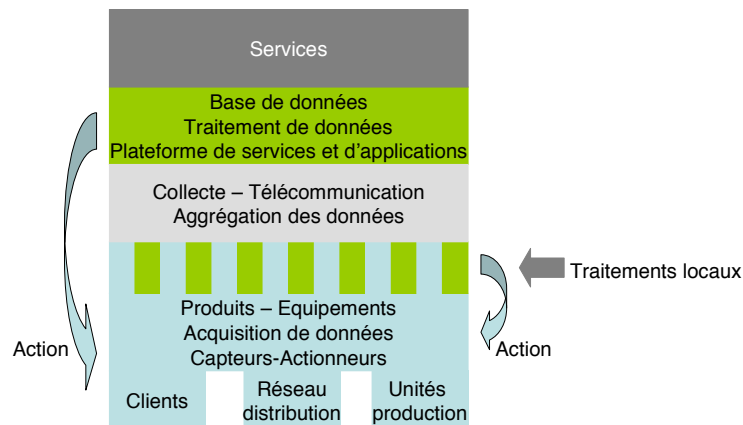
Le Smart Grid et l'évolution des réseaux électriques sont une bulle de croissance gigantesque, clairement identifiée ; elles attirent un grand nombre d'offeurs dont certains, très opportunistes, apporte une valeur ajoutée très limitée et contribue à la confusion régnant sur le sujet.

La difficulté la plus importante que j'ai constatée chez la plupart des acteurs reste la difficulté à décroisonner leur organisation pour traiter un sujet avant tout décroisonnant !

5- Architecture d'un Smart Grid

La vision des Smart Grid que j'ai développée au point 3 s'appuie sur la nécessité de développer des solutions s'inscrivant dans l'architecture suivante et d'adresser les enjeux qui en découlent.

La représentation habituelle d'une architecture par couche trouve ici ses limites car l'enjeu, à travers la distribution et la répartition de l'intelligence, est l'interpénétration des couches entre elles.



Une notion reste cependant à préciser et risque de faire l'objet de rudes batailles : la propriété des données, notamment en provenance des sites clients. En effet, ces données ont une valeur pour l'ensemble des acteurs dans une optique d'optimisation de leur activité, de maximisation de leur performance. Elles permettront enfin le développement de services ajoutés à forte marge.

Cette propriété peut être revendiquée par le consommateur lui-même car elle représente une donnée qu'il peut, dans certains cas, considérer comme privé (voir plus loin), par le distributeur, installateur et quelquefois propriétaire du compteur, par le revendeur d'énergie, quelquefois propriétaire du compteur ou par l'installateur.

6- Un schéma d'organisation des acteurs et d'évolution du Smart Grid

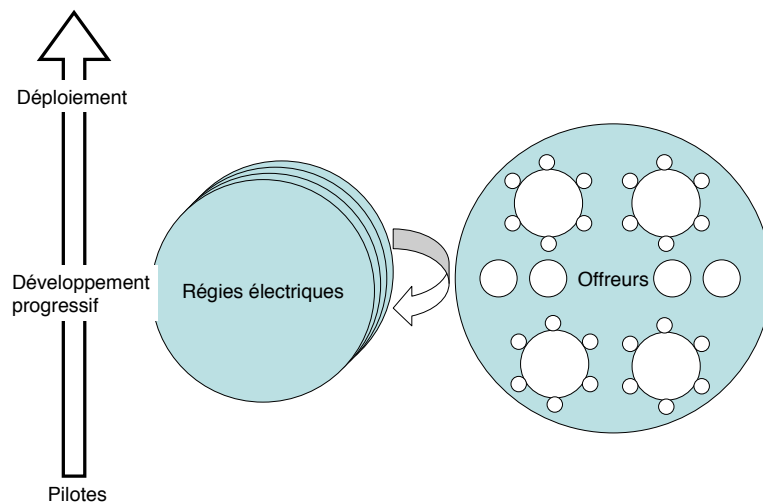
Compte tenu du paysage que je viens de décrire, les points clés suivants me semblent être les fondements du succès des régies électriques à adresser ce challenge sans précédent :

Les régies doivent prendre le leadership face aux offreurs et s'organiser

- Elles doivent collaborer pour exprimer ensemble leurs besoins aux offreurs et orienter les solutions développées. Les offreurs doivent être invités à leurs travaux mais ne pas les diriger.
- La prolongation naturelle de cette collaboration est la supervision des grandes initiatives de standardisation et de normalisation du Smart Grid. Une puissante alliance des régies pour le Smart Grid offrant à la fois un terrain de réflexion commune, un levier d'orientation des standards et des développements technologiques nécessaires me semble très utile.
- Chacune d'elles doit définir son infrastructure cible de communication et de traitement de données compatible avec sa vision et se doter d'un planning de déploiement
- Chacune d'elles doit trouver des pistes de création de valeur associées au déploiement des Smart Grid et aux données désormais disponibles

Les offreurs doivent également s'organiser

- Les grands manufacturiers doivent avoir la possibilité de couvrir tous les besoins produits soit directement soit par alliance
- Des alliances sont nécessaires pour développer l'interpénétration des produits et des logiciels et pour pouvoir répondre au besoin de distribuer les architectures
- Dans certains cas, des groupements ou des consortiums dans lesquels chaque brique d'offre est représentée, sont nécessaires. Ils permettent, en outre, de réfléchir un partage de la valeur entre les différents offreurs. Deux ou trois grands groupements, partenaires de quelques régions particulièrement innovantes, permettraient de structurer une progression harmonieuse et efficace de l'écosystème.
- Les grands offreurs doivent s'appuyer sur un réseau de start-ups pour développer des parties innovantes de leur offre. Ils ont besoin pour cela d'être plus présents pour orienter les développements.



Le décloisonnement progressif des applications doit être géré à partir d'expérimentations

- La complexité des enjeux est telle qu'aucun déploiement ne peut être envisagé avant la réalisation de centaines de pilotes s'enrichissant les uns les autres et permettant une mise au point graduelle des stratégies de décloisonnement des applications
- Les expérimentations doivent être proposées et évaluées par les régies électriques
- Ce dispositif est également nécessaire pour le développement des solutions d'Energy Efficiency ; dans ce cas, le pilotage est souvent conjoint entre une régie et un consommateur ou son représentant.
- Un partage d'expérience annuel serait le bienvenu : il devrait se différencier des colloques habituels en sélectionnant précisément les présentations pour leur qualité, en excluant toute promotion commerciale directe et en veillant au respect de la dimension systémique.