

## Les laboratoires réseaux dédiés aux smart grids

LES RÉSEAUX EXPERIMENTAUX PEUVENT ÊTRE SOUMIS À DE MULTIPLES PERTURBATIONS CONTRAIREMENT AUX RÉSEAUX RÉELS

Un smart grid est un réseau de distribution d'électricité « intelligent » qui utilise des technologies informatiques afin d'optimiser la production, la distribution et la consommation. Un laboratoire réseau est une plate-forme d'essais structurée autour d'un réseau de taille réduite mais paramétrable pour être représentatif d'un réseau réel. Conçu pour tester des solutions smart grids dans une approche « systémique », en préalable à une insertion sur le réseau réel, il constitue le chaînon manquant entre :

- les essais unitaires de matériels sans vision des interactions avec le système,
- les démonstrateurs dans les réseaux existants, qui ne peuvent tester, par exemple, les multiples perturbations affectant un système électrique.



Le laboratoire réseau offre donc la possibilité de mener des campagnes d'essais complexes qu'il serait impossible de réaliser sur un réseau réel. Il est possible d'étudier l'intégration de certains systèmes en conditions réelles, tout en gardant la main sur les contraintes qu'on désire leur faire subir.

**Jean-François FAUGERAS, directeur délégué programme réseaux à EDF R&D**

### Des laboratoires réseaux européens très « smart »

L'évolution des réseaux de distribution n'est pas qu'une préoccupation française. Comme EDF avec Concept Grid, des laboratoires tels que RSE (Italie), Kema (Pays-Bas), PowerLabDK (deux sites DTU au Danemark) et Ustrat - University of Strathclyde (GB) ont créé des réseaux expérimentaux afin d'anticiper les évolutions à venir. Le projet européen DERri (Distributed Energy Ressources Research Infrastructure) regroupe un grand nombre d'initiatives dans ce domaine.



## Une nouvelle étape vers les réseaux intelligents

Les smart grids sont l'une des réponses technologiques à l'objectif des « 3x20 » du Paquet Energie Climat 2020 de l'Union européenne : 20 % d'énergies renouvelables, d'économies d'énergie et de réduction des émissions de gaz à effet de serre. L'insertion efficace des productions renouvelables de nature intermittente (éolien et photovoltaïque) et des nouveaux usages de l'électricité (pompes à chaleur, véhicules électriques...) dans le système électrique nécessite la conception d'équipements « intelligents », grâce notamment aux nouvelles technologies de l'information et de la communication. Un enjeu majeur est d'intégrer ces équipements issus de « mondes technologiques » différents mais convergents (tels que systèmes de comptage communicants, capteurs, convertisseurs...) dans un contexte industriel exigeant en termes de qualité, sûreté, sécurité et coût. Les laboratoires réseaux ouvrent de multiples possibilités d'expérimentations de solutions smart grids afin de préparer les évolutions des réseaux de distribution et de mettre au point de nouvelles offres de services d'efficacité énergétique.

## DU CONCEPT AU RÉSEAU

# Des réseaux miniatures pour des essais d'envergure

## LES LABORATOIRES RÉSEAU DOIVENT ÊTRE REPRESENTATIFS DES RÉSEAU DE DISTRIBUTION

EDF R&D a construit sur 3 hectares de son site des Renardières (Seine-et-Marne) un laboratoire réseau, Concept Grid, qui constitue un moyen d'investigation et d'intégration unique.

### Un outil inédit en Europe

Par rapport aux autres laboratoires sur les smart grids, Concept Grid d'EDF a des caractéristiques inédites :

- Des réseaux électriques 20 kV et basse tension (BT) paramétrables permettant de représenter 120 km de réseau 20 kV.
- Une source électronique flexible de grande puissance apte à injecter ou absorber des perturbations pilotées par ordinateur, et couplée à un simulateur temps réel.
- Différents régimes de neutre 20 kV (y compris électronique).
- Un contrôle-commande aux nouveaux standards (CEI 61-850), et des réseaux de communication dédiés contrôle-commande et mesures...
- Un raccordement direct à des laboratoires spécialisés (photovoltaïque, pompes à chaleur, batteries, maisons intelligentes...) et à un quartier de maisonnettes avec micro-éoliennes, photovoltaïque bâti, compteurs intelligents, bornes de recharge...

### Un réseau représentatif

Le centre névralgique du réseau expérimental est situé sur un plateau comprenant un poste de conduite dédié au pilotage du laboratoire, un bâtiment abritant les principaux équipements électriques et le quartier d'habitations témoins. La représentativité de l'aspect réseau n'a pas été négligée : Concept Grid comporte des liaisons souterraines et aériennes HTA (20 kV), deux postes de distribution publique et des circuits basse tension (BT). Pour allonger artificiellement le réseau 20 kV, les 120 km de réseau aérien et



**Concept Grid : bobine pour régime de neutre actif.**

souterrain sont représentés au moyen d'une association de résistances, d'inductances et de condensateurs (cellules RLC) insérés dans les circuits 20 kV. Des sources et des charges représentatives des nouveaux usages, et réparties en différents endroits du site, sont raccordées à Concept Grid. L'intégration des sources d'énergie renouvelables est matérialisée par de nombreux panneaux photovoltaïques et deux micro-éoliennes. Les usages sont représentés par cinq maisons témoins équipées d'équipements domestiques tels que des pompes à chaleur ou des bornes de charges pour véhicules électriques. Concept Grid alimente en outre des plates-formes d'essais, et un bâtiment de bureaux. L'ensemble est complété par la source de puissance BT et un groupe tournant pouvant fonctionner comme une source ou comme une charge. Une large gamme de perturbations peut être créée.

## LA RECETTE

Se procurer des sources :

- 1 transformateur d'alimentation 63 kV/20 kV de 20 MVA.
- 20 kVA de panneaux photovoltaïques.
- 2 micro-éoliennes (10 kVA).
- Un amplificateur BT 120 kVA (en générateur).

Ajouter des charges :

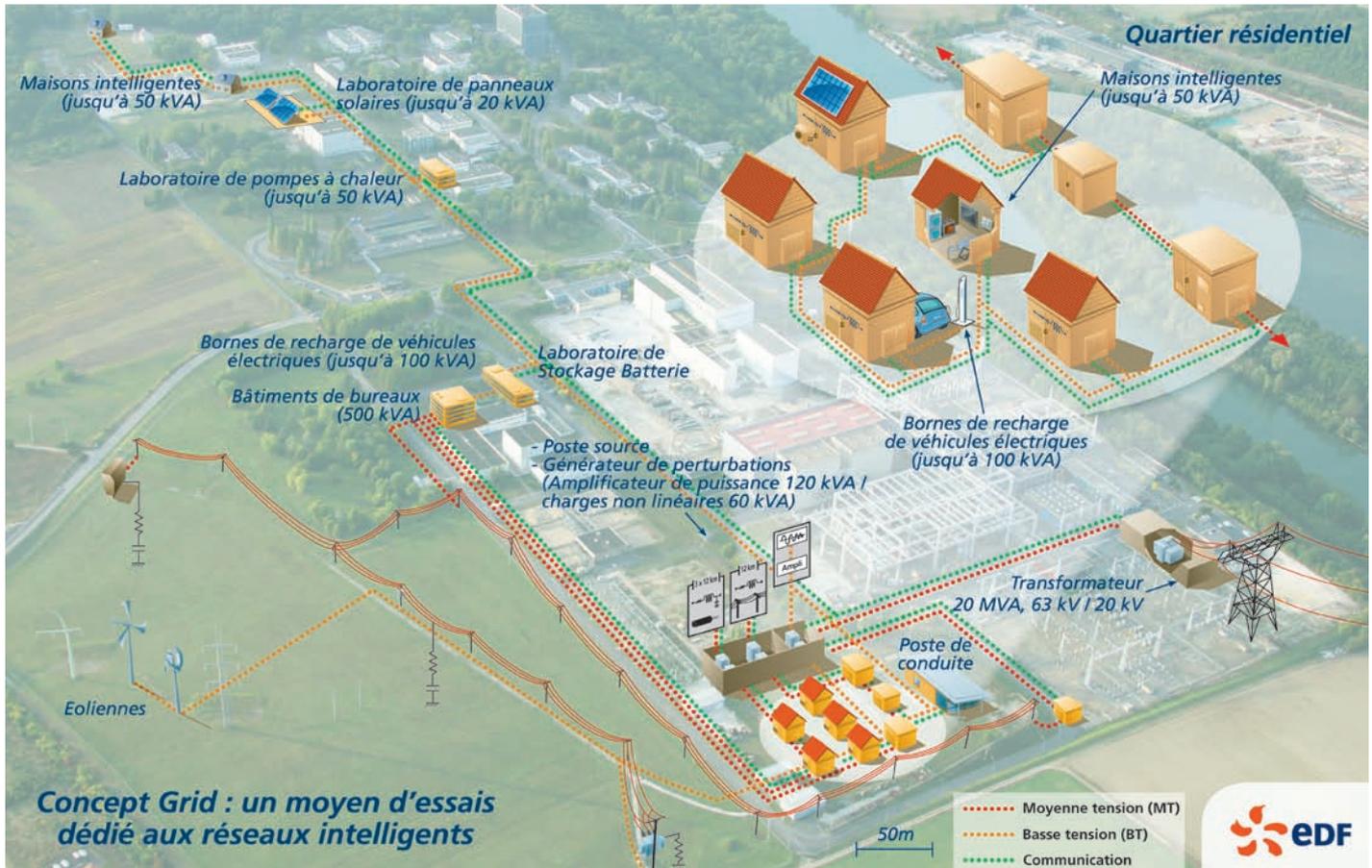
- 1 bâtiment de bureaux de 500 kVA.
- 5 maisons témoins équipées des usages domestiques (50 kVA).
- Des pompes à chaleur jusqu'à 50 kVA.
- Des bornes de charges pour véhicule électrique jusqu'à 100 kVA.
- Un amplificateur BT 60 kVA (en récepteur).

Lier le tout avec :

- 3 km de liaisons souterraines et aériennes HTA (20 kV).
- 120 km de réseau 20 kV simulés par des cellules RLC.
- 7 km de circuits BT.
- 2 postes de distribution 400 kVA.
- 3 régimes de neutre 20 kV, dont un neutre électronique totalement innovant.
- Un groupe tournant 50 kVA.

Conseil du chef :

**Accompagner ce laboratoire réseau de compétences et de savoir-faire dans le domaine des réseaux.**



## LE SAVIEZ-VOUS ?

En 2030, le réseau de distribution français pourrait avoir les caractéristiques suivantes :

- Plus de 4000 installations éoliennes.
- 2 millions d'installations photovoltaïques.
- 600 000 km de réseau moyenne tension (MT).
- 675 000 km de réseau basse tension (BT).
- Plus de 2200 postes sources.
- 30 agences de conduite.
- Plus de 60000 organes télécommandés.
- 8 millions de véhicules électriques.
- 33 millions de clients BT et 100 000 clients MT.

Source : ERDF

### Des réseaux très perturbés

Le réseau expérimental se double d'un réseau de télécommunication par fibres optiques et par radio qui intègre des fonctions de types smart grid et permet le suivi et le pilotage des expérimentations. Une installation de contrôle commande assure le pilotage et la supervision du réseau depuis le poste de conduite. Il est possible de créer à volonté toutes les situations perturbées susceptibles d'être rencontrées sur le réseau réel et d'étudier le comportement des matériels (de contrôle commande et de comptage par exemple) dans ces situations. Des campagnes systématiques de défauts, notamment à la terre, peuvent y être menées pour mesurer leurs conséquences en termes de courants et de surtensions. Les exploitants de réseaux peuvent reproduire un vrai défaut et étudier les parades possibles. Le réseau BT peut être alimenté, au choix, par le réseau 20 kV via deux postes ou par la source à électronique de puissance pilotable. De nombreux aiguillages permettent de modifier la structure du réseau et de changer sa longueur, donc sa puissance de court-circuit. La source

électronique pilotée permet d'évaluer le comportement en situation perturbée de matériels installés dans les habitations ou placés sur les plates-formes d'essais : perturbations de la tension, fréquence variable, harmoniques... On peut évaluer l'impact des différents types de consommation ou de production BT, notamment les perturbations émises, dans différentes configurations de réseau réel. Avec la source électronique BT, couplée à un simulateur, on simule un réseau alimentant des charges réelles ou une charge alimentée par le réseau réel. Le réseau 20 kV intègre trois régimes de neutre, dont un à base d'électronique de puissance qui, en réduisant le courant de défaut à la terre, rend possible une exploitation du réseau, même en présence d'un défaut. Des tests spécifiques (fonctions smart grid, sécurité informatique...) sont possibles. La validation d'outils de simulation se fait grâce à la comparaison des résultats de la simulation avec le comportement réel mesuré. Le laboratoire est évolutif : une liaison multi-terminale à courant continu est prévue et un stockage de grande capacité est à l'étude.

# Perspectives

Concept Grid d'EDF a pour ambition de devenir un laboratoire de référence pour les études et les expérimentations relatives aux réseaux de distribution du futur. Il vient compléter les moyens d'essais smart grids qui existent déjà en Europe.

## Un outil évolutif

Grâce à ses caractéristiques originales (représentativité, modularité, souplesse d'exploitation), Concept Grid invite à entreprendre des investigations grandeur nature dont les résultats sont directement exploitables. C'est le lieu de rencontre de différents acteurs (universités, laboratoires, gestionnaires de réseaux, constructeurs, commercialisateurs...) travaillant dans différents domaines. Toutes les dispositions ont été prises dès sa conception pour que Concept Grid soit évolutif. Des essais pourront être réalisés dans le cadre de partenariats plus larges ou pour des besoins ponctuels. L'équipe Concept Grid peut étudier la faisabilité des expérimentations envisagées et proposer la réponse la mieux adaptée. Chaque expérimentation nécessite une organisation et un matériel particuliers.

## Les expérimentations

De nombreuses expérimentations seront menées sur Concept Grid, répondant à des problématiques fort variées. Par exemple, des campagnes de défauts sur la boucle souterraine moyenne tension permettront de tester les systèmes de reconfiguration automatique de boucle. L'application de ce principe sur un réseau réel réduirait de manière très importante la durée de coupure des clients en cas d'avarie, améliorant ainsi la continuité de fourniture. Autre exemple : quel est l'impact d'une charge rapide de véhicule électrique sur le reste du réseau ? Concept Grid permettra d'étudier cette question ainsi que les pistes d'amélioration envisageables. Des systèmes de pilotage de ce type de charge peuvent également être développés et testés avant leur généralisation. Ces exemples d'expérimentations, aux périmètres différents, donnent un aperçu des possibilités qu'offre Concept Grid.

**Pierre MIGAUD, expert**  
**Michel ODDI, chercheur senior**  
**Benoît PULUHEN, responsable opérationnel Concept Grid,**  
**EDF R&D**

# Lexique

## Amplificateur de puissance :

dispositif constitué de composants électroniques capables de produire (source) ou d'absorber (charge) un courant électrique dont la forme et les caractéristiques (amplitude, tension, fréquence, harmoniques) sont contrôlées informatiquement.

**Contrôle commande :** ensemble des équipements basse tension de protection, de surveillance et de commande d'un système électrique (poste, réseau...).

**Défaut :** contact accidentel entre un conducteur et la terre et/ou entre conducteurs.

**Poste de distribution :** point de passage de l'énergie électrique entre le réseau 20 kV et le réseau basse tension (BT). Il comporte un transformateur 20 kV / BT encadré par des appareils d'aiguillage et de protection.

**Protection :** organe destiné à détecter un défaut et à déclencher les actions nécessaires à son élimination.

**Régime de neutre :** mode de connexion à la terre du point neutre d'un réseau triphasé, parmi les quatre suivants : direct à la terre, isolé, par impédance de faible valeur, compensé (bobine de Petersen).

**Régime perturbé :** situation d'un réseau dont les caractéristiques électriques sortent des conditions normales de fonctionnement (niveau de tension, fréquence, harmoniques...).

**Smart grid :** réseau d'énergie électrique qui utilise les technologies d'échange d'information et de commande, l'informatique distribuée et les capteurs et actionneurs associés, pour intégrer le comportement et les actions des utilisateurs du réseau et des autres parties prenantes, et fournir efficacement une alimentation en électricité durable, économique et sûre (définition de La Commission électrotechnique internationale).

## > pour en savoir plus

Distributed Energy Resources Research Infrastructure (DERri) : <http://www.der-ri.net>

Commission électrotechnique internationale (CEI) : <http://www.iec.ch>

### Les principaux laboratoires réseaux en Europe

- Concept Grid : <http://innovation.edf.com>
- DTU Electric Lab (situé à Lyngby) et Syslab (situé à Risoe) : <http://www.powerlab.dk>
- Power Networks Demonstration Centre : <http://www.strath.ac.uk>
- Laboratorio Test Facility di Generazione Distribuita in bassa tensione : <http://www.rse-web.it/laboratori/laboratorio/32>
- Flex Power Grid Laboratory : <http://www.flexpowergridlab.com> et <http://www.kema.com>

N'imprimez que si vous en avez l'utilité.

**EDF**  
22-30 avenue de Wagram 75382 Paris Cedex 08  
FRANCE

SA au capital de 924 433 331 euros - 552 081 317 R.C.S. Paris

[www.edf.fr](http://www.edf.fr)

**Publication EDF R&D** - 1 av Général de Gaulle 92141 Clamart Cedex  
Directeur de la publication : **Stéphane ANDRIEUX**  
Secrétaire de rédaction : **Florence METGE-LAYMAJOUX**  
Le contenu de cette publication n'engage que son auteur et en aucune manière la responsabilité d'EDF.

© 2012 EDF

Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'auteur.  
Crédits photos : Benoît PULUHEN, EDF R&D

Le groupe EDF est certifié ISO 14001

### Contact :

[communication-rd@edf.fr](mailto:communication-rd@edf.fr)  
<http://innovation.edf.com>