



Contrôle-commande d'un poste source de distribution

Une composante essentielle au cœur des systèmes électriques intelligents

Le paquet *Energie Climat 2020* de l'Union Européenne (20 % d'énergies renouvelables, 20 % d'économies d'énergie et 20 % de réduction des émissions de gaz à effet de serre) a conduit au développement rapide de la production à partir d'énergies intermittentes (éolien, solaire photovoltaïque), certainement le phénomène le plus marquant de l'évolution des systèmes électriques ces cinq dernières années. En France, la puissance installée du parc éolien est passée de 3,5 GW début 2009 à près de 8 GW fin 2013. Sur la même période, la puissance photovoltaïque installée a été multipliée par 50 (4,5 GW en 2013).

L'émergence des énergies renouvelables, mais aussi celle des nouveaux usages de l'électricité (pompes à chaleur, véhicules électriques), la maîtrise des pointes de consommation et la volonté de toujours améliorer la qualité de fourniture ont conduit à développer de nouveaux systèmes intelligents, en particulier dans les réseaux de distribution.

Il s'agit de la **gestion avancée des réseaux de distribution**, composante essentielle des *smart grids* (réseaux intelligents). Elle concerne aussi bien leur fonctionnement en temps réel que l'anticipation de situations critiques.

La gestion avancée des réseaux de distribution

QUAND LES RESEAUX DE DISTRIBUTION S'ADAPTENT EN TEMPS REEL A LA PRODUCTION DECENTRALISEE ET AUX SITUATIONS D'URGENCE

Que ce soit en France ou dans le monde, la gestion avancée des réseaux de distribution se développe notamment pour :

- réduire les temps de coupure, en réalimentant au plus vite le maximum de clients après un incident ;
- accroître la capacité des réseaux à accueillir la production d'électricité renouvelable, tout en maintenant la tension d'alimentation dans sa plage réglementaire.

Si le premier objectif peut paraître limpide, le second demande un peu plus d'explications.

La production d'électricité à partir d'énergies renouvelables a deux caractéristiques importantes : d'une part, elle varie au gré des conditions météorologiques ; d'autre part, elle est très dispersée sur le territoire, et raccordée majoritairement

sur les réseaux de distribution moyenne tension (20 000 V, dite HTA) et basse tension (230 V, BT), cela dans un système électrique conçu historiquement pour accueillir la production plus en amont, sur le réseau de transport. Or toute production d'électricité élève la tension des réseaux là où elle est raccordée. Si l'on n'y prenait garde, cela conduirait à des fluctuations inacceptables de la tension d'alimentation des clients, voire des coupures. La gestion de la tension devient donc désormais un enjeu à part entière des réseaux de distribution.



Des réseaux déjà smart !

En France, ERDF a automatisé en 2009 le pilotage des réseaux HTA pour réduire les durées de coupure après incidents. Et l'effort se poursuit : le groupe EDF garde une longueur d'avance par ses travaux de recherche et ses plates-formes sur les systèmes électriques intelligents, et participe activement à des démonstrateurs smart grids grandeur nature, pour tester de nouveaux systèmes avancés facilitant l'intégration de la production décentralisée.

Olivier DEVAUX, chargé de mission au programme Réseaux, EDF R&D, directeur adjoint de l'institut RISEGrid.

LES PRINCIPES DE LA GESTION AVANCÉE DES RESEAUX DE DISTRIBUTION

Des réseaux électriques encore plus intelligents

A L'IMAGE DES POSTES D'AIGUILLAGE FERROVIAIRES, LES AGENCES DE CONDUITE DES RESEAUX DE DISTRIBUTION SURVEILLENT ET PILOTENT LES RESEAUX ÉLECTRIQUES.

Réduire les durées de coupure après un défaut

Les réseaux de distribution HTA sont composés de multiples faisceaux de lignes aériennes ou câbles enterrés (des «départs») issus des postes sources, entrecoupés de postes de distribution publique et d'interrupteurs. Si l'on poursuit la métaphore ferroviaire, les agences de conduite des réseaux de distribution pilotent les interrupteurs du réseau comme autant d'aiguillages pour modifier les schémas d'alimentation. Ainsi, pour alimenter un poste de distribution publique et les réseaux BT qui en partent, il existe plusieurs schémas d'alimentation possibles. En cas de défaut sur le réseau (court-circuit par exemple), il est possible de réalimenter une grande partie des clients en manœuvrant ces interrupteurs. L'automatisation de la recherche du meilleur schéma – dite reconfiguration optimale – (respectant de multiples contraintes telles que les dispositifs de protection et le courant maximal des conducteurs) et des manœuvres pour y parvenir est une technique assez récente qui a permis de diminuer notablement les durées de coupure, et de réagir plus efficacement en cas de tempête, lorsque les incidents se succèdent plusieurs heures durant et sur un large territoire. La reconfiguration optimale offre encore des possibilités d'évolution importantes, telles que la recherche des meilleurs schémas d'alimentation en présence de production décentralisée, ou l'optimisation des flux de puissance avec les réseaux de transport.

Gérer la tension pour accroître la capacité d'accueil

Le raccordement d'un site de production augmente localement la tension sur le réseau. Pour éviter de dépasser les tensions contractuelles, le raccordement d'un producteur en HTA peut nécessiter

la création d'un départ supplémentaire – dit départ dédié – à partir du poste source. Le coût de l'opération peut toutefois être assez élevé en fonction de l'éloignement du site, mais s'avérer inévitable lorsque les départs existants n'ont pas la capacité suffisante pour accueillir un volume de production trop important.



Dans la panoplie des fonctions smart grid, la gestion avancée de la tension offre une solution alternative intéressante en augmentant la capacité d'accueil des départs existants, alimentant déjà d'autres clients. Pour maîtriser la tension, l'agence de conduite est équipée d'un système intelligent et centralisé, agissant sur différents leviers :

- abaisser la tension du poste source pour compenser l'augmentation due au producteur, mais cela affecte la tension de tous les autres départs (action A sur le schéma) ;
- demander au producteur d'absorber de la puissance réactive : cela abaisse la tension localement au point de raccordement. Par contre cela augmente les pertes électriques sur le réseau (action B sur le schéma) ;

REPÈRES

Années 60 : asservissement des chauffe-eau à des signaux tarifaires «heures creuses» transmis via le réseau électrique : un premier pas vers les smart grids.

2010 : déploiement par ERDF des *Fonctions Avancées de Conduite*, les *FAC*, automatisant la réalimentation des clients après un défaut.

2012 : lancement du démonstrateur *Flexible Plug and Play* au Royaume-Uni.

2013 : lancement du démonstrateur *VENTEEA* en France, dans l'Aube.

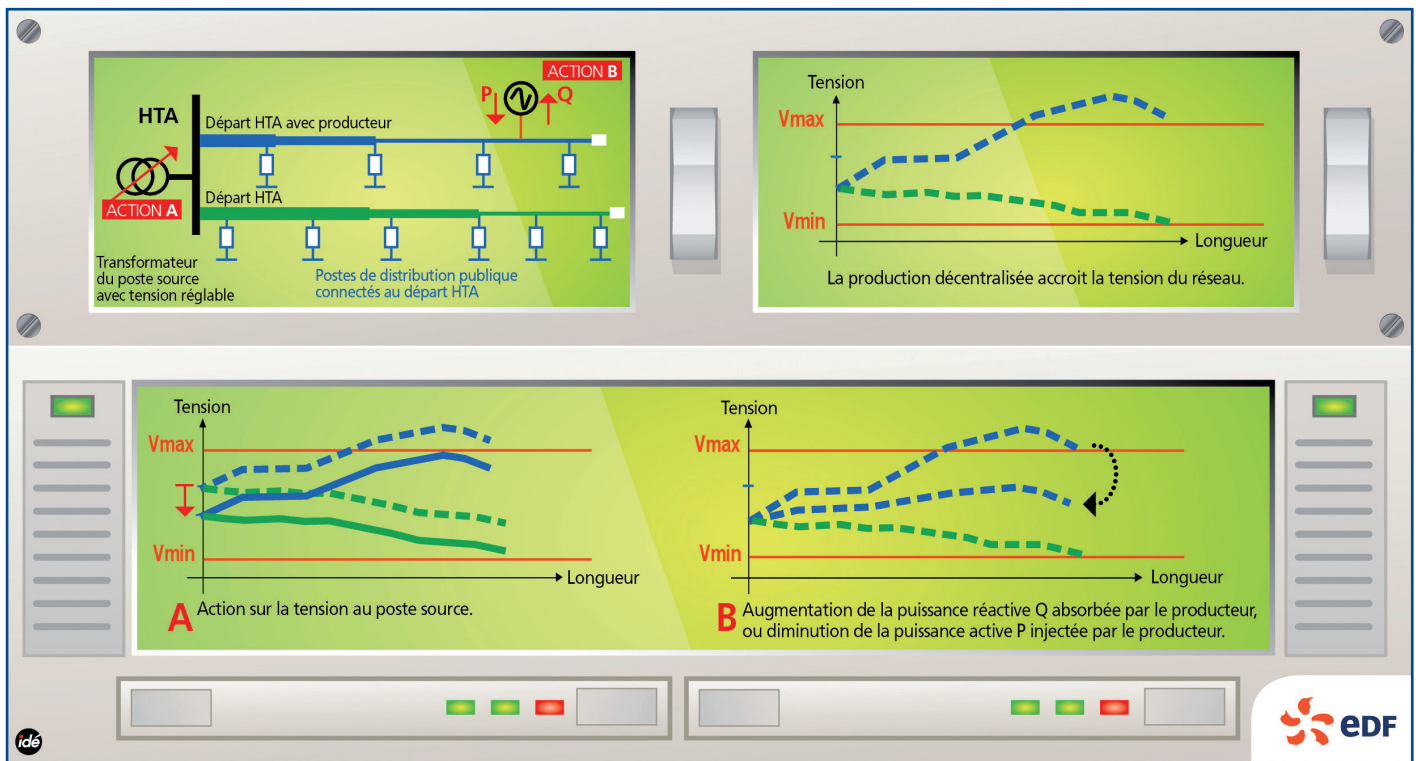
LE POINT DE VUE D'ERDF

Le déploiement de la reconfiguration automatique a transformé la conduite des réseaux de distribution HTA. L'évolution se poursuit : dans le démonstrateur *VENTEEA* coordonné par ERDF, nous testons la régulation centralisée de la tension pour faciliter l'intégration des énergies renouvelables. Demain, la gestion prévisionnelle, que nous développons dans certains démonstrateurs, répondra à l'évolution des usages (véhicules électriques, effacements, ...) et des énergies locales. Les compteurs communicants Linky sont également une véritable opportunité pour de nouveaux outils avancés de conduite et d'exploitation.

Les progrès en cours et à venir sont le résultat de nos programmes de R&D et de la capacité de nos équipes techniques à conduire des projets innovants.

Pierre MALLET, Directeur Innovation et Stratégie technique à ERDF.

La gestion centralisée de la tension sur les réseaux moyenne tension



LE SAVIEZ-VOUS ?

En France, les réseaux de distribution ont une longueur totale cumulée de 1 250 000 km.

Dans ces réseaux, l'électricité est transportée depuis les postes sources (reliés au réseau à très haute tension) sous une tension de 20 000 V (dite moyenne tension), puis abaissée à 400 V en triphasé (c'est-à-dire 230 V entre les deux conducteurs de votre prise électrique) pour desservir les clients en basse tension à partir des postes de distribution publique.

Au 30 septembre 2013, il y avait en France 1187 sites de production éolienne raccordés principalement aux réseaux de distribution en moyenne tension, pour une puissance installée totale de 7821 MW. Et 309 929 sites de production PV pour 4478 MW, essentiellement sur les réseaux BT.

- demander au producteur de baisser la puissance active injectée : cela abaisse également la tension, mais au détriment de l'énergie produite (action B sur le schéma).

Grâce à cette nouvelle fonction intelligente, le raccordement en départ existant devient possible, pour un coût bien inférieur à celui du départ dédié. L'efficacité de la fonction est renforcée lorsque les producteurs participent au réglage de la tension.

Pour implémenter cette gestion centralisée de la tension, et calculer les consignes à envoyer aux différents leviers, il faut équiper le réseau électrique de capteurs de tension. Mais multiplier les capteurs pour avoir une image complète de la tension serait économiquement irréaliste. Pour cela, une nouvelle fonction avancée vient à notre secours : l'estimation d'état.

L'estimation d'état des réseaux de distribution

Cette fonction pourrait être la paire de jumelles de l'agence de conduite, lui permettant de scruter la tension en tout point du réseau. Mais elle est plus que cela : à partir d'un nombre limité de capteurs, elle est capable de reconstruire l'image de la tension sur l'ensemble

des départs du poste source, en tenant compte des erreurs de mesure. Bien qu'elle utilise des algorithmes mathématiques complexes, EDF R&D a démontré la faisabilité de cette fonction avancée nouvelle dans les réseaux de distribution : nous sommes aujourd'hui capables d'estimer la tension de l'ensemble du réseau d'un poste source, avec une erreur inférieure à 1 %.

Expérimenter en grandeur nature avant de déployer

Pour tester le *Smart Grid* de demain, le groupe EDF participe à de multiples démonstrateurs. On en citera ici deux qui s'intéressent plus particulièrement à la gestion de la tension et à la participation des producteurs :

- le démonstrateur VENTEEA en France, piloté par ERDF, avec le soutien de l'ADEME. Installé dans le poste source de Vendevre sur Barse, dans l'Aube, il teste les fonctions d'estimation d'état et de régulation de tension, avec la participation d'un producteur éolien ;
- le démonstrateur «Flexible Plug & Play» au Royaume-Uni, dans la région du Cambridgeshire, avec le soutien de l'Ofgem. Il teste la modulation de la puissance active injectée par les producteurs, pour contrôler la tension.

La gestion avancée des réseaux intelligents promise à un bel avenir

Si les smart grids sont déjà pour partie une réalité, les énergéticiens et les opérateurs de réseaux ont dans leurs cartons de nouvelles fonctions intelligentes pour relever les défis des énergies intermittentes et de l'augmentation de la consommation électrique. Dans les prochaines années, la gestion avancée des réseaux de distribution se dotera de nouveaux outils :

- la gestion prévisionnelle : elle viendra s'intercaler entre les systèmes de conduite du réseau, qui contrôlent le réseau en temps réel, et les études de planification, qui préparent l'évolution des réseaux à long terme (10 à 20 ans). La gestion prévisionnelle permettra de détecter des situations critiques plusieurs heures ou jours à l'avance et proposera automatiquement des solutions. Elle facilitera également la préparation des travaux quelques semaines ou mois à l'avance ;
- la gestion de la demande : maîtriser les pointes de consommation est essentiel, car ce sont elles qui dimensionnent le système électrique et donc son coût pour la collectivité. Les premiers systèmes de pilotage de la demande remontent aux années 60 avec les chauffe-eau asservis aux tarifs «heures creuses». Une nouvelle génération de solutions de pilotage de la demande, plus flexible, pourrait voir le jour grâce au comptage communicant Linky. Par exemple, dans les zones résidentielles où la production photovoltaïque accroît la tension des réseaux BT, le déclenchement des chauffe-eau pourrait être synchronisé avec la production solaire.
- Enfin, le développement annoncé du véhicule électrique devrait accroître encore la demande et les contraintes sur les réseaux de distribution. La gestion des différents modes de recharge (rapide ou lente, plages horaires) pourrait donc devenir également une nouvelle fonction avancée.
- La gestion du stockage par batteries : encore à ses débuts, le stockage électrochimique pourrait prendre une place importante dans les réseaux, en particulier dans les îles. EDF a ainsi lancé en 2011 le démonstrateur Millener pour tester de nouvelles fonctions *Smart Grid* associant panneaux photovoltaïques et batteries en Corse et à La Réunion. En métropole, le démonstrateur NiceGrid développe le concept de quartier solaire intelligent, intégrant du stockage électrique.

Lexique

Watt (W) : unité internationale de puissance. Correspond à la quantité d'énergie consommée ou produite par unité de temps. 1W = 1 joule par seconde.

Mégawatt (MW) : 1 million de Watts. Correspond à la consommation de 100 000 ampoules basse consommation de 10 W.

Gigawatt (GW) : 1 milliard de Watts. Correspond à la puissance électrique moyenne fournie par un réacteur de centrale nucléaire.

HTA : niveau de tension dit «moyenne tension», 20 000 V en France.

BT : niveau de tension dit «basse tension», 400 V triphasé / 230 V monophasé.

Poste source : installation électrique moyenne tension, constituée de transformateurs connectés au réseau de transport et abaissant la tension à 20 000 V pour alimenter les réseaux HTA. Il y a 2200 postes sources en France.

Poste de distribution publique : installation électrique constituée d'un transformateur connecté au réseau HTA et abaissant la tension pour alimenter les réseaux BT. Il y en a 750 000 en France.

Interrupteur en réseau : dispositif de coupure pour les réseaux HTA. En France, il y en a 105 000 commandables à distance depuis les agences de conduite.

Puissance active : en courant alternatif, c'est la puissance électrique réellement utilisable (convertible en énergie mécanique par exemple). Elle correspond à la composante du courant alternatif en phase avec la tension, multipliée par cette dernière.

Puissance réactive : il s'agit d'une puissance fictive. Elle correspond à la composante du courant alternatif en quadrature avec la tension, multipliée par cette dernière. L'injection ou la consommation de puissance réactive tend à faire augmenter ou baisser la tension.

> pour en savoir plus

Démonstrateur VENTEEA : <http://www.venteea.fr>

Démonstrateur Flexible Plug and Play : <http://www.flexibleplugandplay.co.uk/>

Démonstrateur Millener : <http://www.millenercorse.com>

Démonstrateur NiceGrid : <http://www.nicegrid.fr>

Laboratoire systèmes électriques intelligents Concept Grid : <http://chercheurs.edf.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 930 004 234 euros - 552 081 317 R.C.S. Paris

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.

© 2014 EDF

Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'auteur.
Crédits photos : EDF - Philippe ERANIAN, EDF - Bruno CONTY,
EDF - Marc DIDIER.

Le groupe EDF est certifié ISO 14001

Contact :

communication-rd@edf.fr
<http://chercheurs.edf.com>