

Des « Smart Grids », pour quoi faire ?

Patrick MICHAILLE

*Smart [sma:t], a. 1. Cuisant, cinglant ; 2. Vif ; 3. Débrouillard, ingénieux ; 4. Chic, élégant ;
... mais aussi : « smart practice » : escroquerie [Harrap's, dictionnaire anglais-français, 1980]*

Jean-Luc THOMAS, Professeur du Conservatoire national des arts et métiers, a donné une conférence sur le sujet au Visiatome de Marcoule le 13 mars 2014. Les illustrations sont tirées de sa présentation.

1. RÉSEAUX HIÉRARCHISÉS, RÉSEAUX MAILLÉS

Pour nous alimenter en électricité, il y a deux réseaux : 1°) le réseau de **transport** sous haute tension (HT), qu'on voit passer dans les câbles des « autoroutes électriques », qui peut atteindre en France 400.000 volts et en Chine 1 MV. Cette très haute tension (THT) est en effet nécessaire pour transporter l'électricité sur de grandes distances, en limitant les pertes par effet Joule (pertes thermiques du fait de la résistance des câbles électriques).

Ces lignes électriques, qui défigurent les paysages près des grandes villes, ont longtemps été associées par les antinucléaires à la production centralisée des réacteurs nucléaires : de fait, leur puissance nécessite un réseau performant pour évacuer l'électricité produite. Mais il en est bien sûr de même pour les autres formes de production d'électricité concentrée : barrages hydroélectriques, centrales thermiques à combustion (charbon, lignite, gaz, bois), parcs éoliens. Les Allemands redécouvrent cette vérité première, et s'opposent à la création de lignes nouvelles pour évacuer la surproduction de leur puissance éolienne située près de la Baltique, vers la Bavière où le déficit électrique augmente du fait de la mise à l'arrêt des réacteurs.

2°) Le réseau de **distribution** sous basse tension (BT : 1000 V maxi en alternatif), pour des raisons de sécurité, est le réseau qui alimente nos maisons.

En Europe de l'ouest, il est discret, car le plus souvent enterré en site urbain. C'est toujours une surprise quand on voyage dans d'autres régions du globe de découvrir ces paquets de fils qui s'enchevêtrent, et resurgissent inévitablement sur les photos des monuments !

Outre les gammes de tension, il existe une différence fondamentale entre ces deux réseaux : le réseau de transport comporte des sources (les centrales de production) et des puits (les grosses industries et les réseaux BT), dont l'équilibre doit être réalisé à tout moment. Le gestionnaire de ce réseau **maillé** (cf. Figure 1) est en France RTE (Réseau de transport de l'électricité), qui appelle les producteurs chaque demi-heure pour connaître les capacités de fourniture pour faire face à la demande que RTE anticipe pour la demi-heure suivante. Dans les segments de ce réseau maillé, l'énergie peut circuler dans les deux sens. Le réseau de distribution ne comporte quant à lui que des puits (les consommateurs, ménages et petites industries) : il s'agit donc d'un réseau hiérarchisé, purement passif, en **structure étoilée**, avec des transformateurs répartis dans les quartiers. (cf. Figure 2). Ce réseau n'a pas été conçu pour que l'énergie y circule dans les deux sens.

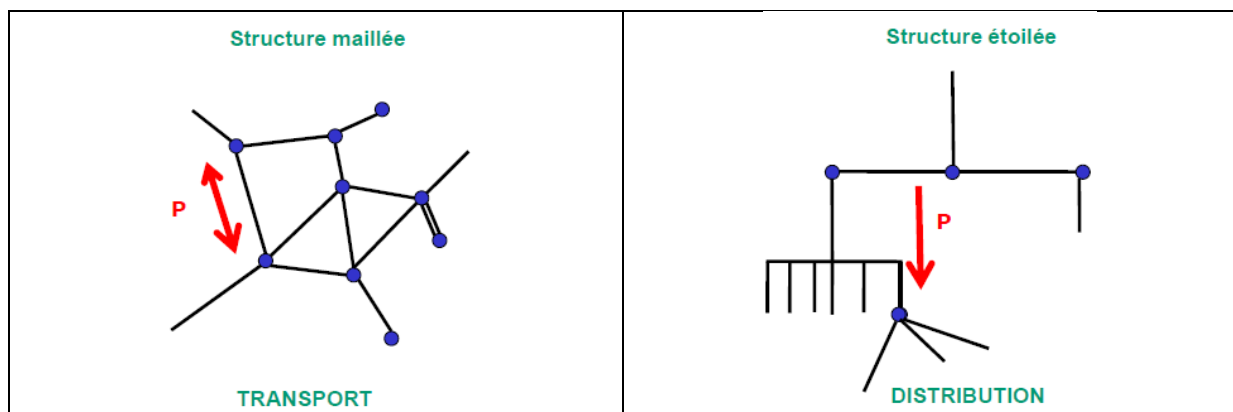


Figure 1 : Structure du réseau de transport

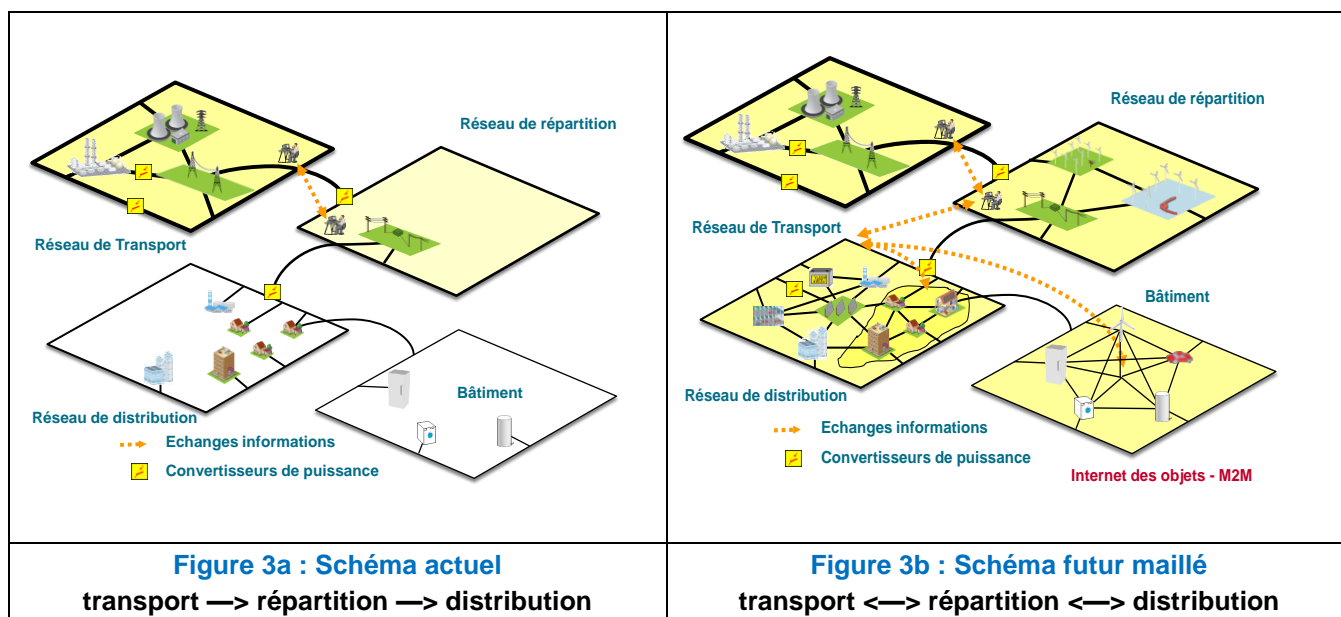
Figure 2 : Structure du réseau de distribution

2. LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Elle vise à faire entrer dans le réseau de distribution des sources de production électrique renouvelable, éolienne, photovoltaïque, qui ont deux caractéristiques : 1°) elles sont délocalisées (sauf les gros parcs ou ZDE : zone de développement de l'éolien), et s'insèrent donc *a priori* sur le réseau de distribution, pour limiter les investissements en lignes de transport ; 2°) elles sont intermittentes, ce qui nécessite de gérer le déséquilibre entre production et consommation qui, au-delà d'une certaine valeur, pourrait induire une panne généralisée du réseau de transport (« black out »)¹.

Pour ajuster une offre aléatoire avec la consommation, il va falloir modifier le réseau de distribution et lui donner de la souplesse : pas seulement que l'offre suive la demande, mais aussi que la demande essaye de s'adapter à l'offre, et cela au moyen de compteurs programmés et communicants pour lisser les pics de consommation en déconnectant certaines applications secondaires (chauffage de l'air ou de l'eau) en vue de préserver celles qui sont indispensables (fonctionnement du frigo, par exemple). En outre, le compteur servira à envoyer des informations sur l'état du réseau, au gestionnaire qui assure la stabilité du réseau. C'est pourquoi le système « Smart Grid » est basé sur le développement des compteurs « intelligents ».

Ainsi, le « smart home » du XXI^{ème} siècle sera-t-il truffé de capteurs, de contrôleurs pour optimiser l'utilisation des équipements et élaborer des indicateurs, d'écrans pour visualiser le tableau de contrôle du « consomm'acteur » qui sera partie prenante dans cette optimisation, puisqu'il sera lui-même (petit) producteur grâce à ses panneaux solaires, stockeur grâce à ses batteries de voiture, et consommateur suivant les heures. Le *nec plus ultra* sera de faire dialoguer les objets entre eux, sans intervention humaine, grâce à « l'internet des objets », des objets communicants (M2M) !



Du point de vue matériel, ce réseau sera dans un premier temps classique, mais dimensionné et régulé pour assurer la réversibilité. Pour le futur, on imagine des réseaux de distribution réversibles en continu : côté production, le photovoltaïque produit du courant continu ; côté utilisation, nombre de nos appareils (ordi, télé, batteries d'accus) fonctionnent en courant continu, ou le peuvent (résistances chauffantes). Cela demandera des efforts considérables de normalisation, et d'investir dans des convertisseurs continu-continu coûteux, pour ajuster la tension de distribution à la tension domestique.

Donc la Smart Grid, telle que définie par J-L.THOMAS, c'est :

- le réseau de distribution BT modifié pour être réversible
- qui dessert des petits « consommacteurs » (foyers familiaux, PME)
- qui comporte des sources d'énergies renouvelables intermittentes (éolien, solaire, courants de marée) ou disponibles à la demande (biomasse, hydraulique de faible puissance)

¹ Il s'en est produit en 2003 aux USA (14 août) et en Italie (28 septembre), qui ont chacun touché de l'ordre de 50 millions d'habitants, mais le plus spectaculaire eut lieu en Inde fin juillet 2012, touchant plus de 300 millions de personnes !

- qui gère des stockages d'électricité, également de faible capacité et dispersés²
- qui utilise les compteurs d'électricité des consommateurs comme moyens de surveillance et de contrôle de la consommation des foyers ou des petites entreprises

3. À QUOI BON DÉVELOPPER LES SMART GRIDS ?

Nous identifions 3 sortes d'enjeux.

1° Les enjeux idéologiques : ENR contre nucléaire ?

Il faut souligner que ces technologies ne sont pas contradictoires : le nucléaire présente dans les réseaux européens assez de souplesse pour faire face aux importantes variations de consommation journalières, et a fortiori à l'intermittence des éoliennes.

En Allemagne, la puissance installée fin 2013 en éolien (34,26 GW) et photovoltaïque (35,5 GW) représente plus que la puissance installée du parc nucléaire français (63 GW). Fin 2012, où l'éolien représentait en Allemagne 31,3 GW et le photovoltaïque 32,2 GW, leur production (45 et 28,5 TWh, avec des facteurs de charge de 16 % et de 10,1 % respectivement) ne totalisait que 73,5 TWh (soit 12 % de la production allemande - 617 TWh), moins que le parc hydroélectrique français qui a produit 75,7 TWh en 2013, et 5,5 fois moins que les réacteurs nucléaires français (404,9 TWh en 2012) !

Supprimer le nucléaire conduira inévitablement à une augmentation des émissions de GES (Gaz à effet de serre) en France, car l'hydroélectricité ne pourra complètement se substituer aux manques de vent la nuit ou l'hiver, quand un anticyclone recouvre l'Europe de l'ouest. Par contre, maintenir le nucléaire permet d'éviter d'investir dans des installations de stockage très coûteuses.

2° Les enjeux sociétaux

Avoir un capteur à domicile qui relève, mais aussi révèle, toutes les habitudes de consommation électrique du foyer, fait penser à « Big Brother » : déjà, chaque clic pour rechercher un produit révèle les désirs de consommation et entraîne un déluge de publicité sur l'écran, alors qu'en sera-t-il quand on saura tout de nos habitudes domestiques ? Tout ça pour remplacer une énergie maîtrisée, fiable et non émettrice de GES – le nucléaire – par d'autres systèmes non moins émetteurs de GES mais aléatoires dans leur fonctionnement, et en grande partie importés ? Les citoyens devraient pouvoir se prononcer entre l'acceptabilité des risques nucléaires, avec les parades prévues pour faire face à un accident grave, et l'acceptabilité d'un système de surveillance à domicile. Pour ma part, je préfère une formule de délestage automatique contractualisée du type « effacement en jour de pointe ».

3° Les enjeux technologiques

Mettre en place un réseau de distribution piloté et réversible coûtera cher, mais permettra de développer une industrie électronique de puissance, qui sera nécessaire à la France au XXI^{ème} siècle pour exporter son savoir-faire en matière d'énergie et de transport.

Pour le particulier, on lui fera miroiter des baisses de quelques % de sa facture d'électricité. Dans les pays où ce discours fonctionne (Allemagne, Royaume-Uni), il faut savoir que le prix de l'électricité est environ 2 fois plus élevé qu'en France pour le particulier :

la belle affaire de réduire la facture de 10 %, après qu'elle aura augmenté de 100 % !

² Mais le coût d'une batterie reste très élevé (200 à 300 €/kWh), et sa durée de vie est en moyenne de 1000 cycles de charge/décharge : pour l'instant, le seul moyen économique de stocker l'électricité sont les STEP (stations de transfert d'énergie par pompage).