

DOSSIER

Les réseaux d'électricité, outils essentiels de la future neutralité carbone

Christian Gondard

Invité par la SFEN Bourgogne, Sauvons le Climat et l'ARCEA de Valduc, Georges Sapy, ingénieur Arts et Métiers et Supélec, a présenté, lors d'une conférence qui s'est tenue le 13 octobre au lycée Carnot de Dijon, les réseaux d'électricité, outils essentiels de la future neutralité carbone. Il a bien voulu nous résumer son intervention.

La neutralité carbone en 2050 ! Pour l'atteindre, l'électricité sera la principale source d'énergie utilisable car elle peut être produite à partir de nombreuses sources d'énergies primaires, c'est-à-dire disponibles dans la nature et bas carbone : l'énergie nucléaire - la moins carbonée de toutes avec l'hydraulique - d'une part, et les énergies renouvelables d'autre part. Pour être utilisée en masse, cette électricité requiert des réseaux de transport à longue distance et de distribution locale. La biomasse, autre énergie primaire bas carbone, sera utilisée en complément, pour notamment produire de la chaleur.

Les quatre fonctions des réseaux publics d'électricité

Relier les producteurs aux consommateurs, **secourir** les zones en déficit par les zones en excès, **mutualiser** les moyens de production grâce au foisonnement des consommations et ainsi diviser par 5 environ les puissances de production nécessaires et **optimiser** les coûts de production grâce aux effets de taille des moyens de production.

Les réseaux des pays européens sont fortement interconnectés. L'organisation ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity) qui regroupe les gestionnaires de réseau de 39 pays du continent européen - dont RTE en France - est chargée de coordonner, d'optimiser et de sécuriser le fonctionnement commun des réseaux de ces pays et de faciliter les échanges via les marchés de l'électricité.



Pour les réseaux électriques qui fonctionnent en courant alternatif, tout déséquilibre entre consommation et production se traduit par des variations instantanées de fréquence et de tension imposées par les lois de la physique, et qui tendent à rétablir "automatiquement" cet équilibre. Ce comportement résulte de l'inertie mécanique de la plupart des moyens de production d'électricité qui utilisent des machines tournantes (les alternateurs), qui transforment l'énergie mécanique de la vapeur en énergie



électrique. Mais cette compensation ne fonctionne que dans des plages très réduites, notamment pour la fréquence du réseau qui ne peut varier que de ± 1 Hz au maximum autour de la valeur nominale de 50 Hz. Au-delà, ces variations de fréquence induisent des contraintes exagérées sur les moyens de production qui provoquent leur déconnexion automatique du réseau. Ces déconnexions accentuent le déséquilibre production-consommation qui conduisent à la déconnexion des autres moyens de production du réseau : c'est ce que l'on appelle une situation de "black-out" qui peut survenir en quelques dizaines de secondes après le début de la séquence. Or l'introduction croissante dans les réseaux de moyens de production dont la production est variable et intermittente, comme l'éolien et le solaire photovoltaïque, change la donne pour deux raisons :

- Ces sources introduisent une variabilité nouvelle dans la production, qui n'existait pas auparavant, et rendent plus difficile le respect de l'équilibre production = consommation ;
- Elles ne sont plus couplées au réseau par des alternateurs, mais par de l'électronique de puissance qui n'apporte aucune inertie. Il en résulte une diminution globale de l'inertie du réseau qui rend ce dernier moins stable.

Cette stabilité peut être caractérisée par la vitesse de variation de la fréquence en cas d'incident de variation brutale de puissance, quantifiée par le RoCoF (Rate of Change of Frequency) exprimé en Hz/s. Ce dernier est proportionnel à la variation de puissance ΔP et inversement proportionnel à l'inertie du réseau, mesurée par son énergie cinétique. Dans une étude récente, l'ENTSO-E a alerté sur le fait que le RoCoF du réseau européen ne devait pas dépasser 1 Hz/s sous peine de rendre l'équilibre de ce réseau non maîtrisable en cas d'incident grave de variation de puissance. Le remède préconisé par l'ENTSO-E est de maintenir une inertie suffisante pour remplacer les moyens synchrones classiques qui auront été arrêtés (notamment ceux fonctionnant aux énergies fossiles, mais aussi nucléaires pour les pays qui veulent l'abandonner) en ajoutant des moyens de production synchrones supplémentaires utilisant des énergies bas carbone, obligatoirement complétés par des systèmes passifs qui apportent uniquement de l'inertie.

Selon les connaissances actuelles, l'atteinte de la neutralité carbone en 2050 nécessite soit un **recours majoritaire au nucléaire**, complété par des énergies renouvelables, soit un **recours exclusif aux sources renouvelables**, majoritairement variables et intermittentes car les seules à disposer encore d'un potentiel de développement important.

Deux incertitudes majeures apparaissent cependant pour cette dernière solution :

→ Le fonctionnement stable et sûr d'un réseau comportant 100 % de sources renouvelables est très loin d'être démontré et garanti à ce jour ;

→ L'existence d'un parc de production d'électricité exclusivement renouvelable implique des capacités installées considérables en éolien à terre, éolien en mer et photovoltaïque. L'Allemagne, par exemple, qui a fait ce choix par refus du nucléaire, prévoit de doubler sa production d'électricité d'ici 2050. Elle devra multiplier par plus de 5 son parc actuel, qui est pourtant déjà le plus important d'Europe ! Où mettra-t-elle ses éoliennes et ses panneaux solaires ? Elle devra - en outre - construire des capacités très importantes de production et de stockage d'hydrogène - produit par électrolyse pour être bas carbone - dont une grande partie sera importée faute de pouvoir être produite sur son sol, ainsi que des moyens pilotables fonctionnant à l'hydrogène pour pallier les manques de productions éoliennes (périodes avec vents très faibles) et solaires photovoltaïques (durant les nuits).

Le choix allemand et plus généralement européen du 100% renouvelable apparaît donc comme un saut dans l'inconnu extrêmement risqué pour un système d'importance aussi vitale que le système électrique d'un pays développé. Ce n'est fort heureusement pas le choix de la France.

