

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

La SFEN Bourgogne, Sauvons le Climat et l'ARCEA Valduc ont invité Georges Sapy, ingénieur Arts et Métiers et Supélec, pour une conférence sur ce thème le jeudi 13 Octobre au Lycée Carnot de Dijon.

Pour atteindre la neutralité carbone en 2050, l'électricité sera la principale source d'énergie utilisable car elle peut être produite à partir de nombreuses sources d'énergies primaires (disponibles dans la nature) bas carbone : l'énergie nucléaire (la moins carbonée de toutes avec l'hydraulique) d'une part, et les énergies renouvelables d'autre part. Mais pour être utilisée en masse, l'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.

Georges Sapy : *« les réseaux publics d'électricité ont quatre fonctions : ils permettent de relier les producteurs aux consommateurs, de secourir les zones en déficit par les zones en excès, de mutualiser les moyens de production grâce au foisonnement des consommations ce qui permet de diviser par environ 5 les puissances de production nécessaires et enfin d'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.

Georges Sapy : *« Les réseaux, qui fonctionnent en courant alternatif triphasé, exigent de maintenir en permanence des paramètres (fréquence f , tension U , et leurs moyens de réglage) dans d'étroites limites. La plage normale de fonctionnement pour f est $50 \text{ Hz} \pm 0,5 \text{ Hz}$ et 1 Hz de moins seulement constitue une situation critique pouvant conduire à un « black-out » si l'indispensable équilibre permanent entre production et consommation n'est pas rétabli en urgence ».*

Or, l'introduction croissante dans les réseaux de sources d'électricité renouvelable variable et intermittente, d'origine éolienne et/ou 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 leRoCoF (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.

Georges Sapy : « *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, qui seront majoritairement variables et intermittentes car ce sont les seules qui disposent encore d'un potentiel de développement important* ». Mais cette dernière solution se heurte à deux incertitudes majeures :

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

- Disposer d'un parc de production d'électricité exclusivement renouvelable implique des capacités installées considérables en éolien à terre, éolien en mer et photovoltaïque : par exemple l'Allemagne, qui a fait ce choix par refus du nucléaire et prévoit de doubler sa production d'électricité d'ici 2050, 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.

Quelques questions ont surgi concernant en particulier la raison pour laquelle une production 100 % nucléaire n'était pas retenue ou la possibilité d'utiliser les batteries des voitures électriques pour le stockage de l'électricité.

Anne-Marie Goube