

Quels futurs pour les réseaux électriques ?



Hervé Laffaye
Président d'ENTSO-E

té dans les usages finaux, en substitution des énergies fossiles, sans compter les besoins bruts mondiaux d'électrification des zones et des populations non alimentées à ce jour. Personne n'en conteste les bénéfices en termes de confort, d'hygiène de vie, de santé, d'éducation via l'éclairage notamment, jusqu'à des enjeux macro-économiques de régulation des flux migratoires par création de richesse et d'emploi et de participation à la lutte contre le réchauffement climatique.

augmentation significative de l'électricité (+35 %) par substitution.

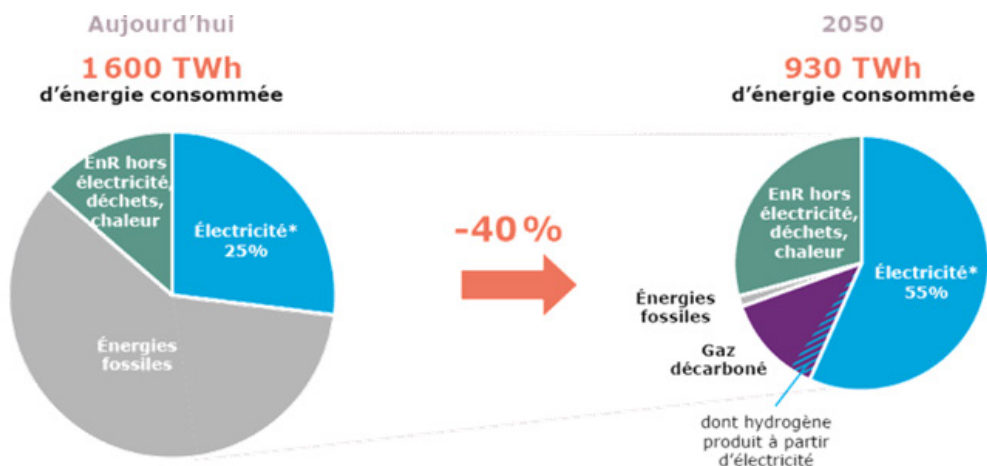
Toutefois ces chiffres donnés pour un horizon lointain appellent à une certaine prudence. En effet, les incertitudes selon les scénarios restent fortes : la fourchette de consommation potentielle est située entre 550 et 750 TWh !

Néanmoins on peut d'ores et déjà être certain d'une chose : les futurs seront électriques.

Pour la France, RTE a publié en début d'année une étude portant sur les futurs énergétiques à l'horizon 2050. Le graphique de la figure 1 montre le type de scénarios caractérisés, sous la motivation d'atteinte des objectifs ambitieux de diminution des émissions de gaz à effet de serre et notamment le CO₂, par une réduction de l'énergie finale consommée (-40 %), avec toutefois une

Face à cette augmentation attendue des consommations, nous entrons dans une période de transition énergétique, c'est-à-dire de transformation fondamentale des sources d'énergie avec l'électricité comme vecteur ou médium énergétique central. Et avec en conséquence pour les réseaux électriques, le rôle critique et réaffirmé de connecter en sécurité et à des coûts soutenables ces sources de

Quel avenir pour l'électricité ? Tous les signaux aujourd'hui promettent un avenir radieux dans le sens d'une plus grande pénétration de l'électrici-



* Consommation finale d'électricité (hors pertes, hors consommation issue du secteur de l'énergie et hors consommation pour la production d'hydrogène). Consommation finale d'électricité dans la trajectoire de référence de RTE = 645 TWh

Figure 1 : Evolution de la consommation énergétique en France – (source RTE).

production en pleine évolution aux lieux et exigences de consommation eux-mêmes revisités.

L'évolution des réseaux va devoir faire face à plusieurs enjeux

Le premier est un enjeu géographique traditionnel, mais qui est fortement impacté par les nouvelles implantations des sources de production. Le meilleur exemple aujourd'hui est l'éolien offshore. Le développement attendu de l'éolien offshore pour 2050 en Europe est de 300 GW en mers du Nord et Baltique, soit presque un tiers de la capacité de la totalité des centrales de production actuellement en exploitation.

Ce développement offshore ouvre des perspectives nouvelles et des enjeux techniques renouvelés. Compte tenu des distances à traverser en sous-marin, les liaisons électriques doivent utiliser le courant continu (DC), et non le courant alternatif (AC) utilisé pour la plus grande part des réseaux électriques. Pour ce type d'utilisation, la technologie du courant continu est maintenant bien maîtrisée pour un raccordement radial, c'est-à-dire de point à point. Mais compte tenu de la densité des implantations des centrales éoliennes, émerge l'idée de faire des réseaux électriques maillés (voir figure 2).

“ Face à cette augmentation attendue des consommations nous entrons dans une période de transition énergétique, c'est-à-dire de transformation fondamentale des sources d'énergie avec l'électricité comme vecteur ou médium énergétique central. ”

On s'achemine donc vers des réseaux électriques sous-marins maillés, hybrides associant le courant continu et le courant alternatif, assurant la collecte de la production offshore et aussi la consommation locale d'îles artificielles puisque plusieurs projets envisagent la production d'hydrogène au plus près des éoliennes.

Ces réseaux offshore posent de nombreuses questions techniques, d'interopérabilité de manière générale, sans oublier qu'ils formeront un tout avec les réseaux terrestres auxquels ils sont raccordés. Les exemples de liaisons à courant continu dites 'multi-terminal' sont encore rares et n'ont pas la complexité d'un maillage serré.

Le développement de ces réseaux représente d'énormes investissements. Je dois avouer que je suis parfois perplexe devant l'écart entre le cycle de vie des réseaux et celui des moyens de production. Les réseaux sont souvent conçus pour durer de nombreuses décennies, voire un siècle.

D'un autre côté, les mix énergétiques peuvent changer radicalement de types de technologies et de situation géographique, et ce en 30 ans !

Une réflexion doit être menée pour imaginer raccorder les dispositifs de production d'électricité de l'« après », et créer les moyens de l'interopérabilité du raccordement.

Le réseau électrique, tout comme le réseau télécom est par essence un réseau interconnecté mondial.

Vers un accroissement des périmètres d'interconnexion

Commençons par l'Europe. Même s'il s'agit d'un basculement de l'interconnexion russe à l'interconnexion européenne, nous avons l'exemple des pays baltes d'une part, et de l'Ukraine et la Moldavie d'autre part. Ces derniers réseaux - déjà raccordés ●●●

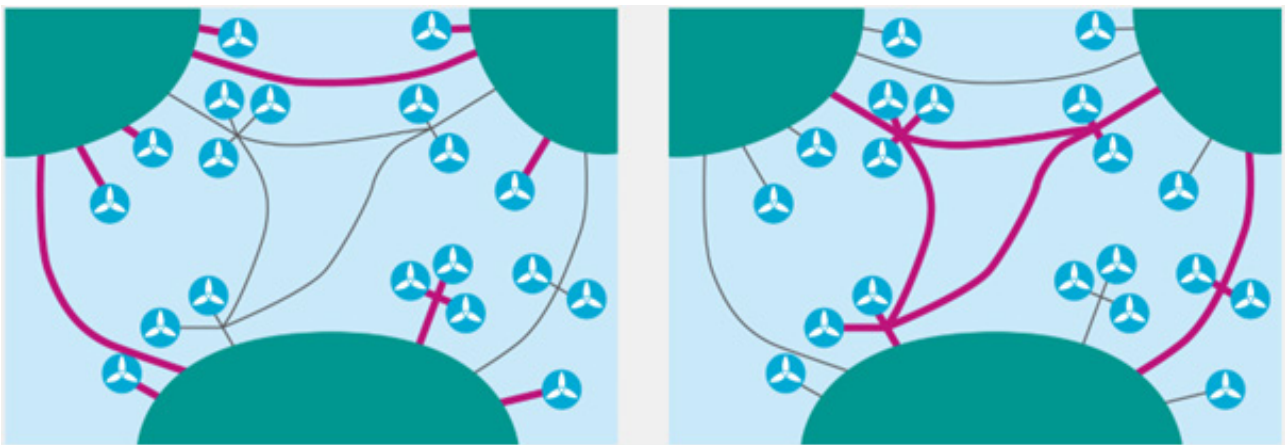


Figure 2 : à gauche, raccordement radial (en rouge) – à droite, réseaux maillés – Source : ENTSOE.

- en urgence en mars dernier - vont être raccordés en connexion synchrone pérenne, c'est-à-dire en courant alternatif, avec le réseau ouest-européen. Le réseau européen est d'ores et déjà connecté à deux autres continents. D'une part avec l'Afrique via les liaisons Espagne - Maroc et d'autre part à l'Asie via la Turquie.

Le projet *e-highway2050*, projet de recherche européen, avait déjà montré toute la valeur ajoutée d'un renforcement des interconnexions à l'échelle continentale pour l'Europe.

Au-delà de l'Europe, les résultats d'une étude menée par CIGRE montrent également toute la valeur ajoutée du développement de ces interconnexions à l'échelle mondiale. Beaucoup sont d'ailleurs basés sur des liaisons sous-marines de grande longueur. On y retrouve des enjeux techniques et technologiques majeurs, notamment la grande profondeur pour les câbles, et pour l'éolien offshore.

Certaines de ces initiatives reçoivent un fort soutien politique et financier. C'est

“ Incontestablement le courant continu regagne du terrain, à la fois sur les niveaux de tension supérieurs, et par ailleurs par la multiplication des usages finaux y faisant appel. L'avenir sera certainement un réseau de plus en plus hybridé. ”

le cas de *One Sun One World One Grid* (OSOWOG) fortement poussé par l'Inde mais également par certains gouvernements occidentaux comme le Royaume-Uni.

Quelles caractéristiques pour les futurs réseaux électriques ?

J'ai exploré jusqu'à présent le devenir possible des réseaux électriques dans leurs dimensions horizontale et géographique.

Abordons maintenant la dimension « verticale », celle des niveaux de tension, depuis la très ou ultra haute tension néces-

saire pour le transport de longue distance, jusqu'aux quelques volts des usages finaux. En effet cette énorme machine qu'est un réseau électrique dans son ensemble, depuis les liaisons de collecte de la production et de transport longue distance, jusqu'aux alimentations des clients finaux, puis leur propre réseau, est un ensemble indissociable et de plus en plus fonctionnellement intriqué.

C'est tout d'abord la pénétration de la production électrique, photovoltaïque principalement, à des niveaux de tension non habituels et jusqu'ici conçus dans une vision hiérarchisée des fonctions assurées, qui modifie profondément la

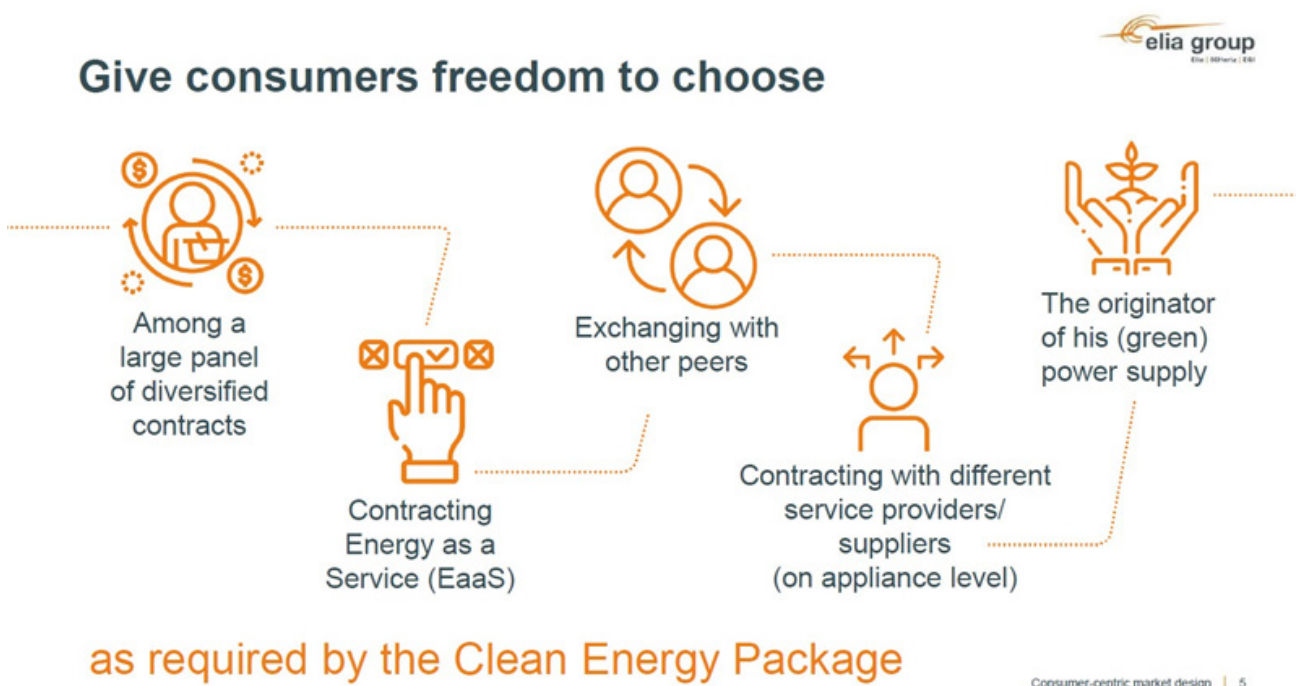


Figure 3 : Concept « customer centric » - Source: Elia.

dynamique d'interaction entre les différentes couches.

Quelques mots d'un débat presque contemporain entre courant continu et courant alternatif, et les figures historiques de ce qui a été appelé « la guerre des courants ». Où en sommes-nous aujourd'hui ? Incontestablement le courant continu regagne du terrain, à la fois sur les niveaux de tension supérieurs, et par ailleurs par la multiplication des usages finaux y faisant appel. L'avenir sera certainement un réseau de plus en plus hybride.

Enfin le dernier enjeu dont je voudrais parler est celui (en mauvais français) de la digitalisation. Là encore les tendances semblent irréversibles. Toujours plus d'instrumentation de captage de données de plus en plus précises, toujours plus d'organes télécommandables à tous les niveaux de l'architecture du système électrique.

Le premier défi, croissant en termes de criticité, est celui de la vulnérabilité de cette couche supplémentaire. Certes, les opérateurs des réseaux ont développé des réseaux privés protégés, mais toute une partie de cette infrastructure reste vulnérable.

Avec cette capacité de plus en plus prononcée à observer en temps réel jusqu'à des granularités de plus en plus fines qui pourraient aller un jour jusqu'aux appareils domestiques, et la possibilité de contrôler leur interaction avec le réseau, que ce soit en consommation ou en fourniture, on assiste à une transformation du rôle du client.

La figure 3 montre une planche autour du concept « centré sur le client » extraite d'une présentation d'Elia, le gestionnaire du réseau de transport d'électricité en Belgique.

Ce concept peut paraître un peu galvaudé, mais il est le signe d'une sorte de renversement de paradigme. Jusqu'ici le rôle des réseaux était d'asservir la production à la consommation, notamment grâce au lien synchrone qui permettait par la mesure de la fréquence d'avoir un signal naturellement réparti de l'état de l'équilibre entre production et consommation.

Aujourd'hui, sous le terme *flexibilité*, on assiste à ce renversement qui consiste à asservir partiellement la consommation à la production. Avec comme corollaire, d'avoir une énergie de moins en moins contrôlable, marquée par la pénétration des énergies « fatales », et la nécessité de ne pas perdre de l'énergie « déversée ».

Cette tendance s'observe aussi au niveau du marché de l'électricité, et plus particulièrement pour la fonction de responsable d'équilibre. On est passé, en effet, de la maille nationale, lorsque les responsables d'équilibre étaient les acteurs intégrés nationaux ou régionaux, à une multiplication des acteurs, avec des périmètres hybrides entre points de mesure et transactions commerciales. Ira-t-on jusqu'au niveau des particuliers ? La question sous-jacente porte sur le type de contrats qui prévaut et sera proposé aux consommateurs. Quelle exposition aux prix qui risquent d'être de plus en plus volatils ? Quelles formes d'agrégation, compte tenu de

L'auteur

Hervé Laffaye, 63 ans, ingénieur de formation (Ecole Centrale de Paris) a une expérience internationalement reconnue dans le domaine des réseaux de transport électrique. Il est aujourd'hui membre du comité exécutif de RTE, en charge des affaires européennes et de l'international, et a la présidence non-exécutive de la filiale de vente de prestations RTE-International. Il est également Président de l'association ENTSO-E (Réseau européen des gestionnaires de réseau de transport d'électricité) et vice-président de l'association MED-TSO. Il a participé à la création de RTE en 2000, en occupant une succession de responsabilités opérationnelles : directeur du dispatching national français de 2000 à 2007, puis directeur de la Direction Transport de 2007 à 2012 et enfin directeur de l'ensemble des activités opérationnelles (maintenance, exploitation, développement et ingénierie) de 2012 à 2015.

toutes les possibilités apportées par les données de plus en plus précises ? agrégation d'usages, par exemple, que l'on voit se dessiner avec le véhicule électrique.

En conclusion : la transformation énergétique, dont les enjeux principaux sont le bouleversement d'un côté des sources d'énergie, de l'autre de leurs modes de consommation ne doit pas faire oublier que les réseaux électriques dans leur ensemble sont confrontés à des défis considérables en termes d'extension de leur périmètre géographique jusqu'à un système pan-continentale, on- et off-shore, et en termes de caractéristiques physique et fonctionnelle (hybridation AC et DC, synergies multiples avec d'autres systèmes via la numérisation).

Autant de défis technologiques exaltants, depuis la R&D jusqu'à l'implémentation en sécurité 24/7, qui, je l'espère, susciteront les vocations nécessaires pour... les 200 ans à venir ? ■

“ Jusqu'ici le rôle des réseaux était d'asservir la production à la consommation, notamment grâce au lien synchrone qui permettait par la mesure de la fréquence d'avoir un signal naturellement réparti de l'état de l'équilibre entre production et consommation. ”