

Les enjeux réglementaires du numérique dans les systèmes électriques

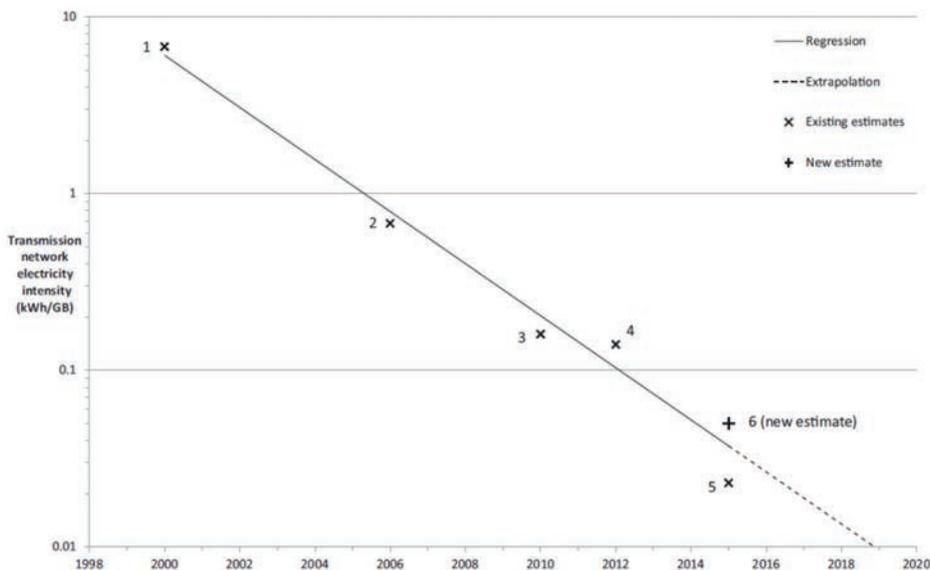
Par Ivan FAUCHEUX

Ingénieur général des mines, membre du collège de la Commission de régulation de l'énergie (CRE)

Numérique et énergies, une symbiose qui reste à faire

Des promesses de valeur fortes

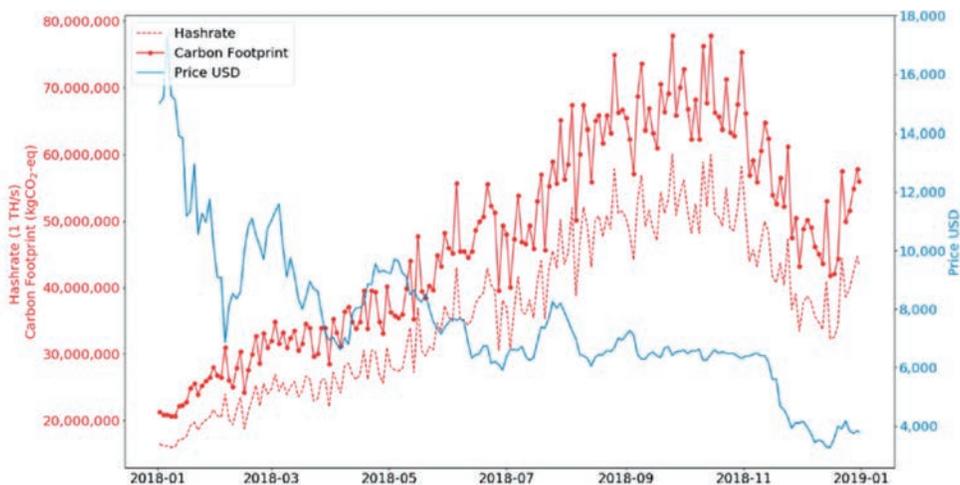
Le numérique et l'énergie électrique sont liés par des relations qui semblent symbiotiques : si l'énergie est indispensable pour faire fonctionner les systèmes numériques, les technologies de l'information sont présentées comme des leviers pour rendre encore plus efficace le système énergétique. Ainsi, tout serait pour le mieux dans le meilleur des mondes si l'on s'arrêtait là, considérant que la loi de Moore rend par nature les systèmes numériques toujours plus sobres et que la transition énergétique a un besoin absolu de numérique, que ce soit pour contrôler la production intermittente des énergies renouvelables ⁽¹⁾, pour gérer des réseaux soumis à des fluctuations toujours plus complexes, pour assurer un marché de l'énergie toujours plus sophistiqué dans ses produits et enfin pour offrir au consommateur les moyens de piloter sa consommation en aval. De la sorte, la consommation énergétique pour la transmission des données diminue en moyenne d'un facteur 2 tous les deux ans, nous permettant pour nombre de données constantes d'envisager un avenir radieux concernant les liens entre énergie et numérique.



Source : Joshua Aslan, 2017

(1) Par exemple par des modèles météorologiques toujours plus fins, hypothèse étant faite que l'essentiel des énergies renouvelables utilise l'énergie mécanique du vent ou radiative du soleil...

Cependant, il arrive que les relations soient moins vertueuses qu'imaginées. Pour reprendre l'exemple du Bitcoin, et sans se prononcer sur la question des cryptomonnaies, à cause des calculs informatiques complexes qu'elles nécessitent (le minage, ou le nombre de *hash* nécessaire pour atteindre une résistance suffisante de la validation des transactions, et ainsi recevoir la part de cryptomonnaie correspondante), chaque transaction en Bitcoin a besoin d'environ 215 kilowattheures (kWh) d'énergie, soit plus que la consommation d'un ménage français pour deux semaines. Et cette part est en constante augmentation avec une augmentation corrélative du besoin en énergie et des émissions de gaz à effet de serre :



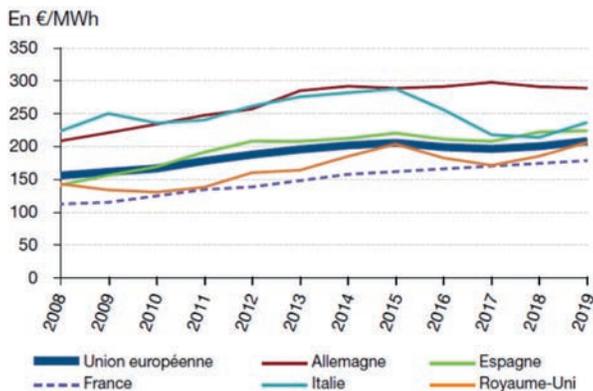
Source : Susanne Köhler, 2019

Mais des différences majeures de dynamiques

De même que les promesses du numérique dans le domaine de l'accroissement du PIB sont encore l'objet de débats, et que l'enjeu de l'urgence à réaliser la transition énergétique ne cesse de croître, trois différences majeures doivent, en termes de régulation et d'interaction entre ces deux secteurs, être pointées.

La première touche au fait que le prix de l'énergie reste dans le temps en relative croissance, tout du moins en Europe. Ce prix est constitué en France pour un tiers du coût de fourniture de l'énergie, pour un tiers du coût d'utilisation des réseaux et pour un bon tiers de taxes. Si la transition énergétique peut inclure une promesse de baisse de coût à terme pour la composante énergétique, l'investissement dans les réseaux est lui une composante en forte croissance structurelle (100 milliards d'euros sont prévus dans les plans d'investissement de RTE et d'Enedis pour les quinze prochaines années pour assurer leur renouvellement, mais aussi pour accompagner l'inclusion toujours croissante de sources décentralisées d'énergie non pilotable ⁽²⁾). Quant aux taxes, l'état des finances publiques en France et dans les pays de l'OCDE à la suite des plans de relance ne permet pas d'envisager raisonnablement une baisse importante dans les années qui viennent. Si le secteur veut continuer à contribuer à la croissance, il est condamné à faire plus de services avec moins d'énergie, compte tenu de la contrainte budgétaire. Le numérique est un des leviers d'une efficacité accrue, mais qui peine à se concrétiser.

(2) La maîtrise du coût pour le consommateur final de cette masse d'investissement est aujourd'hui envisageable dans un contexte de taux modérés et donc de rémunération du capital investi moins importante que par le passé.



Source : https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2020-06/datalab_essentiel_217_prix_electricite_france_ue_2019_juin2020.pdf

La deuxième est une capacité d'adaptation des systèmes électriques : les déviations de fréquence autorisées sont faibles là où, dans les télécoms, des baisses de débit sans que la perte de qualité de service ne soit ressentie de façon importante par l'utilisateur final sont possibles. L'équilibrage entre offre et demande en électricité est devenu un métier à part entière des gestionnaires de réseaux de transport à des échelles européennes. La stabilité de la fréquence de la « plaque » Europe du Nord est le fruit d'une coopération renouvelée entre tous les gestionnaires de réseaux de transport.

Enfin, les temps critiques entre les deux secteurs sont très différents. Là où une unité de production d'énergie dure entre vingt ans pour les premières installations d'énergies renouvelables à une durée encore indéterminée pour les anciennes installations, et les installations de chauffage durent entre quinze et quarante ans⁽³⁾, le renouvellement des équipements numériques est beaucoup plus rapide. Un *smartphone* ou un ordinateur ne dure guère plus de sept ans sauf pour les quelques rares réfractaires qui tentent encore d'utiliser leur Bi-Bop⁽⁴⁾ (le premier téléphone portable en France)...

Trois exemples de convergence difficile

Le compteur électrique intelligent : une promesse de valeur encore en suspens

Sans doute l'équipement le plus emblématique, parmi les plus polémiques, mais pas forcément le plus visible⁽⁵⁾ de l'irruption du numérique dans le secteur de l'électricité, a été le compteur Linky. Cet équipement a fait l'objet de nombreuses études sociologiques quant à son acceptabilité. Il a fait l'objet par ailleurs d'une attention toute particulière de la CNIL quant au consentement des utilisateurs et à la durée de conservation des données par les fournisseurs d'énergie⁽⁶⁾, preuve de la sensibilité exacerbée du sujet en regard d'autres systèmes de collecte des données personnelles (compte Google, géolocalisation des *smartphones*, etc.) qui offrent sans doute des potentiels d'exploitation plus grands que la mesure des données de consommation énergétique pour des acteurs malveillants ou intrusifs.

Cependant, si nous sommes tous collectivement à la fois enclins à abandonner nos données personnelles dans le cadre des équipements numériques sans poser beaucoup de questions et si attentifs aux mesures de nos données de consommation énergétique, c'est sans doute lié à deux facteurs majeurs :

- Le premier est que le monde numérique offre une palette de services immense, là où Linky et la mesure de la consommation énergétique restent aujourd'hui limités en termes de services

(3) Source : <https://www.fedene.fr/wp-content/uploads/sites/2/2018/05/sypemi-guide-duree-de-vie-conventionnelle-biens-equipements-vf.pdf>

(4) En vain, à chaque fois que j'essaie...

(5) Sauf si vous avez décidé de le faire trôner au milieu de votre salon, entre deux tableaux.

(6) <https://www.legifrance.gouv.fr/cnil/id/CNILTEXT000043133217>

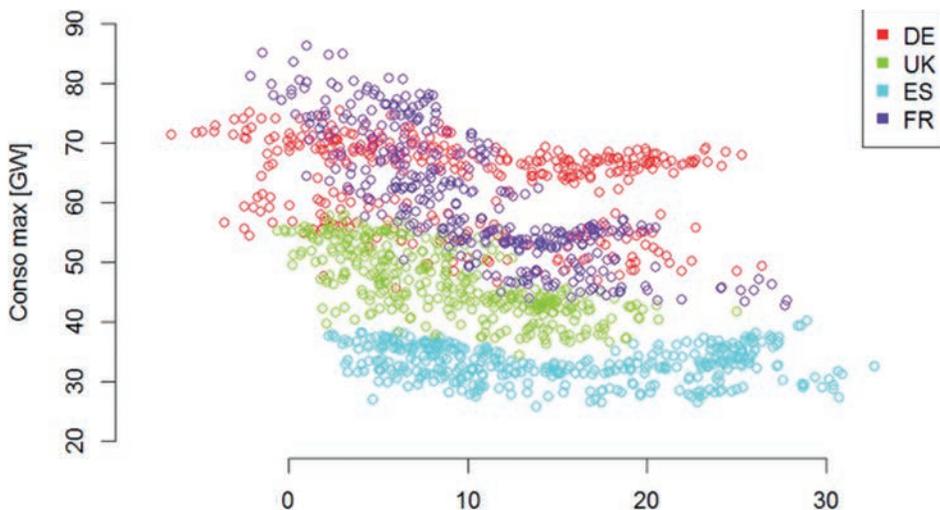
additionnels au plaisir de pouvoir suivre sur son *smartphone* sa facture énergétique en temps réel. La vraie question est de savoir ce que le comptage intelligent peut apporter comme services aux consommateurs finals.

- Le second, plus d'ordre sociologique, est que l'énergie reste un monde encore difficile à appréhender dans son lien entre énergie consommée et services offerts. Hors quelques technophiles, peu de monde sait à quoi correspond un kWh, quelle quantité d'électricité il faut mettre dans une voiture (électrique...) pour faire 100 km, etc. À l'inverse, hors quelques réfractaires, tout le monde connaît la taille d'une vidéo de bonne qualité en Mo, voire le débit nécessaire sur son téléphone ou sa *box* pour pouvoir envoyer des fichiers importants, regarder une vidéo en *streaming*. Bref, le monde de l'énergie reste aujourd'hui muet au sens sociologique du terme sur ce qu'il apporte aux consommateurs.

Finalement, tout se passe comme si l'énergie était devenue si naturelle pour le consommateur final que sa remise en cause, sous l'effet notamment de l'urgence du changement climatique, et ses évolutions numériques étaient des grandes inconnues.

La météorologie, un acteur fortement consommateur de numérique devenu indispensable pour le secteur électrique

Historiquement, la météorologie était et représente encore un enjeu majeur du système électrique national, car la France se caractérise, au niveau européen, par un recours relatif très important à l'électricité aux fins de chauffage, lié à l'importance de la production d'électricité nucléaire, à l'ancienneté de son utilisation à des fins domestiques, et non uniquement industrielles, et enfin à l'état de son parc immobilier en termes d'isolation. Cette spécificité française entraîne en conséquence une très forte thermosensibilité du système électrique français, de l'ordre de 2,3 GW par degré Celsius en hiver, soit deux tranches nucléaires par degré, soit la moitié de la thermosensibilité européenne, de l'ordre de 5 GW/°C⁽⁷⁾.



Thermosensibilité de quatre pays européens (Allemagne, Royaume-Uni, Espagne et France) pour l'année 2015⁽⁸⁾ ; Source : <https://www.energy-alternatives.eu/2019/05/24/variabilite-de-la-consommation-electrique-et-thermo-sensibilite.html>

(7) Robin Girard, 24 mai 2019, « Variabilité de la consommation électrique et thermosensibilité » : <https://www.energy-alternatives.eu/2019/05/24/variabilite-de-la-consommation-electrique-et-thermo-sensibilite.html>

(8) Analyse issue des recherches de Robin Girard, déjà cité.

Cette spécificité de la thermosensibilité française crée des contraintes supplémentaires pour le réseau d'électricité, qui doit faire face à d'importantes pointes de consommation le matin et autour de 19 heures, et à des soutirages très supérieurs en période hivernale. Pour les gérer efficacement, des renforcements du réseau sont nécessaires. Ceux-ci, coûteux (de 21 à 57 euros par kW selon l'étude sur la modernisation des réseaux électriques dans le G7⁽⁹⁾), sont financés par les consommateurs d'électricité, *via* les ressources issues du tarif d'utilisation du réseau public d'électricité (TURPE).

Par ailleurs, compte tenu de la variabilité des énergies renouvelables électriques et du caractère très sensible à la température de la consommation énergétique française, les prévisions météorologiques permettent de mieux en mieux à RTE d'assurer l'équilibre entre offre et demande à différents pas de temps (infrajournaliers et journaliers), et d'optimiser les besoins en réserves. Les données météorologiques constituent également un enjeu important pour les exploitants de centrales photovoltaïques ou éoliennes, qui assurent le rôle de « responsable d'équilibre ».

Enfin, à moyen terme, les données météorologiques sont nécessaires pour optimiser la disponibilité des centrales de production. Les prévisions météorologiques allant de la semaine à quelques mois donnent, sous forme probabilisée, de la visibilité aux exploitants de centrales pour programmer les opérations de maintenance au moment où la demande d'énergie sera probablement le plus faible (ainsi que son prix). Ces prévisions, régulièrement actualisées, sont établies par les services météorologiques, notamment à partir de l'observation des océans et de leur réchauffement en surface. Enfin, sur une échelle de temps plus longue, les données de vents et les cadastres solaires sont également indispensables pour que les développeurs optimisent l'implantation, et donc le potentiel productif, des nouvelles centrales d'énergies renouvelables.

Tous ces éléments conduisent le système électrique européen, et tout particulièrement français, à être consommateur de données météorologiques dont la précision et la fiabilité s'appuient sur des puissances de calcul toujours plus élevées, conduisant les opérateurs météo à se doter de supercalculateurs en propre, mais aussi et surtout à des besoins accrus en énergie pour faire récupérer les données d'observation, et faire fonctionner ces équipements.

Les *datas centers*

Avec le développement de services hébergés sur le *cloud*, ou encore des solutions de type *software-as-a-service*, les centres de calculs qui étaient encore anecdotiques il y a quelques années (en 2014, la consommation électrique des *data centers* représentait 1 % du secteur tertiaire) montent en puissance. Ainsi, sur 182 *data centers*, dont 42 en Île-de-France, raccordés au réseau électrique en 2017, RTE prévoit une hausse de plus de 86 % d'ici 2025, pour des puissances moyennes appelées de 5 MW par unité. L'ATEE (Association technique énergie environnement) considère que, sur une durée de vie de dix ans, 49 % du coût global des *data centers* est imputable à ses OPEX (ou dépenses d'exploitation, de l'anglais *operational expenditure*) pour son alimentation énergétique. C'est pourquoi les solutions qui accompagnent leur efficacité énergétique sont des leviers importants d'optimisation des coûts et de compétitivité.

Selon une étude menée par l'Agence internationale de l'énergie, Green IT, Négawatt, France Stratégie, l'Ademe et The Shift Project, entre 2017 et 2018, la consommation des TIC (Technologies de l'information et de la communication) représentait 3,7 % des émissions de CO₂ mondiales, en croissance constante. En 2017, d'après The Shift Project, les *data centers* représentent 19 % de la consommation d'énergie dans le paysage du numérique, et leur nombre est en croissance constante au niveau mondial : le fort développement des modèles numériques du *pay-per-use*, conduisant à ne plus démultiplier les logiciels au niveau des unités individuelles, mais à remonter

(9) (2018), « Modernisation des réseaux électriques dans le G7 », rapport de la présidence canadienne du G7.

les capacités de calcul et de traitement des données sur des ordinateurs centraux auxquels ont accès les clients *via* des API (des interfaces de programmation), accélère encore cette croissance.

Quels effets sur la régulation ?

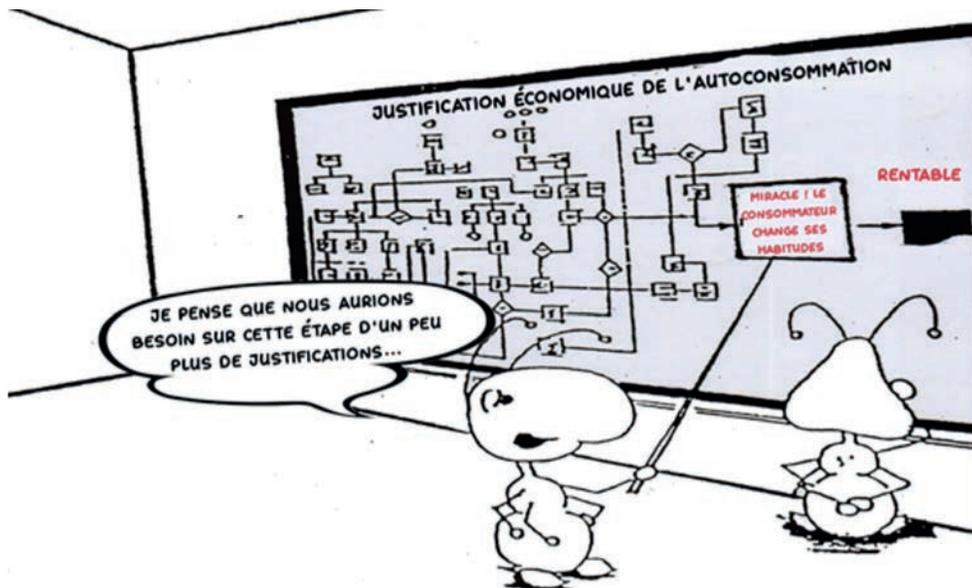
Il est aujourd'hui infiniment compliqué d'affirmer ce que devrait être une bonne régulation du marché de l'électricité. Cependant, un constat est que le système électrique est aujourd'hui traversé par deux courants majeurs qui s'enchevêtrent : la transition énergétique vers moins d'émissions de gaz à effet de serre et son urgence eu égard au changement climatique, et le numérique qui offre un potentiel d'efficacité inédite pour le secteur électrique. La prudence et la sagesse conduisent à poser des questions et à esquisser de premières idées.

Les effets de l'arrivée du numérique dans le secteur électrique sont de plusieurs ordres pour sa régulation :

- Tout d'abord, le numérique ouvre le champ des possibles pour les modèles économiques des acteurs du système électrique. La fiabilité des prévisions de production et de consommation est un des enjeux majeurs pour les producteurs d'énergie, mais aussi pour les fournisseurs d'énergie ainsi que pour les acteurs des marchés de gros. Or ces nouveaux modèles interviennent dans le contexte d'une régulation souvent très spécialisée par domaines. C'est pourquoi l'un des premiers effets sur la régulation sera une exigence accrue de réactivité de cette dernière face aux nouveaux modèles qui émergent, et surtout la capacité à faire des liens entre différents aspects de cette régulation. L'émergence des bacs à sable réglementaire dans le monde de l'énergie illustre cette prise de conscience (près de dix pays, dont la France, ont mis en œuvre de tels dispositifs dans le domaine énergétique⁽¹⁰⁾).
- L'autre effet majeur sur la régulation de l'électricité est une exigence accrue sur les composantes numériques des opérateurs régulés, et leurs investissements dans le domaine. En effet, sous l'effet de la numérisation d'une grande partie des activités des opérateurs de réseaux (qui deviennent parfois des opérateurs de salles de marché ou maîtres d'ouvrage de systèmes d'information à part entière), ainsi que du déploiement de nombreuses infrastructures numériques (Linky, notamment), le métier de ces opérateurs évolue, et leurs budgets dans le domaine augmentent...
- Le troisième effet du numérique est l'arrivée d'un consommateur qui, grâce à l'interactivité des technologies de l'information, devient aussi acteur. Cet effet nécessite de mieux comprendre comment cet acteur agit, interagit, voire ne souhaite pas agir dans le domaine énergétique. Cette compréhension des aspects comportementaux du consommateur énergétique et de plus en plus électrique est un enjeu crucial d'une régulation au bénéfice d'un acteur de moins en moins passif.

Enfin, un enjeu majeur pour la régulation du secteur sera d'utiliser aussi les données qui remontent dorénavant massivement, pour avoir de nouveaux outils de contrôle et d'incitation de l'activité de ces opérateurs. En effet, autant le numérique influence les activités d'opérateurs régulés, autant il accroît également l'information dont dispose le régulateur. Or, l'enjeu d'une régulation est d'abord de réduire l'asymétrie d'information entre l'opérateur et la puissance publique. Mais ces nouvelles possibilités pour une régulation plus efficace restent à construire, car une masse de données n'a jamais donné du sens en tant que telle. La connaissance pointue du secteur dans ses aspects techniques, économiques et sociologiques reste un prérequis afin de pouvoir se saisir efficacement des opportunités qu'offre le numérique, pour avoir des informations toujours plus fines et plus abondantes.

(10) <https://questcanada.org/wp-content/uploads/2020/07/Innovation-Sandboxes-Report-1-EN.pdf>



(Source : DR)

Bibliographie

ASLAN J. *et al.* (2017), "Electricity intensity of Internet data transmission: Untangling the estimates", *Journal of Industrial Ecology*, pp. 785-798.

KÖHLER S. & PIZZOL M. (2019), "Life cycle assessment of Bitcoin mining", *Environ. Sci. Technol.*, 53, pp. 13598-13606.