



**VOYAGE
AU
CŒUR
DU
RÉSEAU
DE
DEMAIN**

**Automne
2017**



VOYAGE AU CŒUR DU RÉSEAU DE DEMAIN

**Innover avec un réseau
qui conjugue électricité et digital
pour être au plus proche des enjeux
et des besoins des territoires**



RTE vous embarque dans la « tournée » régionale du « Voyage au cœur du réseau de demain » pour vous montrer comment il se réinvente et innove dans un monde en pleine mutation.

C'est dans un format inédit que le « Voyage au cœur du réseau de demain » vous propose de découvrir au travers d'un parcours interactif et immersif, comment RTE construit le 1^{er} réseau alliant électrique et numérique en Europe, apportant des solutions et des services concrets en phase avec les besoins des territoires.

RTE gère une infrastructure vitale, transporte l'électricité à haute et très haute tension (de 63 000 à 400 000 Volts), et veille au maintien de l'équilibre entre production et consommation en temps réel 24 h/24 pour garantir la sécurité d'alimentation électrique partout en France.

Cette politique d'innovation s'inscrit dans le projet industriel de RTE lancé en 2016. Notre ambition est de rendre le réseau toujours plus performant et plus flexible pour qu'il s'adapte toujours plus vite au temps réel.



Sommaire



POURQUOI INNOVER AVEC UN RÉSEAU QUI CONJUGUE ÉLECTRICITÉ ET DIGITAL ?

Rendre le réseau plus flexible 5

C'est-à-dire s'adaptant plus facilement aux évolutions de la consommation et de la production, ainsi qu'aux mutations du système électrique

Permettre au réseau existant d'intégrer toujours plus 8

d'électricité issue de sources de production renouvelables

Utiliser les lignes existantes à l'optimum 9

de leur potentiel pour faire passer plus d'électricité sur les infrastructures existantes plutôt que d'avoir à construire de nouvelles lignes à haute et très haute tension



COMMENT INNOVER AVEC UN RÉSEAU QUI CONJUGUE ÉLECTRICITÉ ET DIGITAL ?

Zoom sur 3 exemples d'innovations majeures lancées par RTE

Le poste électrique nouvelle génération 11

qui permet d'intégrer jusqu'à 30 % d'électricité supplémentaire issue de sources de production renouvelables, à infrastructure égale !

Les « lignes virtuelles » 13

créées par les équipements « Ringo »

« Apogée » une intelligence artificielle 15

au cœur du dispatching, qui permet d'optimiser la gestion des flux d'électricité circulant sur le réseau



LES PRINCIPAUX ENJEUX DE L'INNOVATION

Innover au cœur d'un écosystème créateur de valeur pour la France 19

Innover pour réussir la transition énergétique 17

POURQUOI INNOVER AVEC UN RÉSEAU QUI CONJUGUE ÉLECTRICITÉ ET DIGITAL ?



Rendre le réseau plus flexible,
c'est-à-dire plus facilement adaptable
aux changements dans un secteur
en pleine mutation

Quels sont ces grands changements du monde de l'électricité ?

Aujourd'hui, les modes de production et de consommation évoluent :

● **L'autoproduction d'énergie verte est une tendance mondiale**

Elle se développe grâce à l'installation de panneaux photovoltaïques sur les toits des usines, des bureaux, ou bien encore sur les toits des parkings extérieurs couverts. Malgré son retard sur d'autres pays européens avec seulement 15 000 foyers et quelques dizaines d'entreprises lancés dans l'aventure de l'autoconsommation, la France incite désormais les entreprises et les ménages qui le souhaitent à produire et consommer leur propre électricité, à partir notamment de panneaux solaires.

● **Les circuits courts (consommation locale de production locale) se développent**

La transition énergétique se joue désormais au niveau local. Les territoires sont prescripteurs de politiques énergétiques à l'échelle locale en œuvrant pour la diminution de leur consommation d'énergie et pour l'augmentation des sources de production renouvelables.

L'ENJEU POUR RTE

Jusqu'à présent, le réseau de transport à haute et très haute tension a été pensé pour mutualiser production et consommation à l'échelle nationale, puis européenne car tous les territoires ne disposent pas des mêmes ressources énergétiques, que ce soit en quantité ou en type de ressource.

RTE doit donc désormais trouver des solutions souples et réactives pour articuler au mieux les nouveaux modes de production et de consommation locaux, et la solidarité électrique assurée par le réseau de transport d'électricité.



LE SAVIEZ- VOUS ?

**L'électricité n'est
pas forcément
produite là où elle
est consommée.**

La région Centre-Val-de-Loire produit presque 5 fois plus d'électricité qu'elle n'en consomme. A l'inverse, la région Ile-de-France ne produit que 5 % de l'électricité qu'elle consomme.

Les usages et les acteurs du monde de l'électricité vont se multiplier

Les usages de l'électricité évoluent rapidement :

- 100 000 véhicules électriques circulaient en France en 2016. Avec l'amélioration des batteries, ce nombre a triplé depuis 2014.
- Les bâtiments intelligents sont désormais capables de communiquer entre eux et avec le réseau électrique pour permettre des économies d'énergie.

Les acteurs se multiplient

Hier circonscrit à une poignée de grandes entreprises centralisées, le système électrique « s'ubérise ». Il s'ouvre aujourd'hui à une multitude d'acteurs nouveaux, dont de nombreux négociants et apporteurs de services qui agrègent, achètent et revendent l'électricité et les effacements de consommation.

Les consommateurs veulent et peuvent agir sur le système électrique. Produire localement est un levier d'action. Moduler sa consommation en est un autre. C'est le principe de l'effacement, qui s'est imposé comme un outil d'équilibrage du réseau : face à un manque d'électricité par rapport à la demande, réduire la consommation de consommateurs est aussi utile qu'augmenter la production d'une centrale. Sans avoir besoin de turbines émettrices de CO₂. Ainsi, aux États-Unis, au terme d'une bataille judiciaire entre producteurs et agrégateurs d'effacement, un kilowattheure effacé est désormais payé autant par le réseau qu'un kilowattheure produit (négawatt = mégawatt). En France, les mécanismes de marché conçus et proposés par RTE placent sur le même plan production et effacements de consommation d'électricité.

Ces économies sont indispensables, car, avec le Grenelle Environnement, la France s'est donné pour objectif de diviser par 4 les émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050. Actuellement un bâtiment consomme en moyenne 250 kWh/m²/an. Depuis 2012, cette consommation ne doit plus excéder 50 kWh/m²/an.

L'ENJEU POUR RTE

Jusqu'à présent, le réseau de transport à haute et très haute tension avait été pensé autour de quelques grands acteurs centralisés.

Désormais, les consommateurs industriels ou particuliers peuvent diminuer leur consommation temporairement pour équilibrer l'offre et la demande d'électricité sur le réseau. Le potentiel d'effacement disponible atteint 2 650 MW en 2017, soit l'équivalent de la production de plus de deux centrales nucléaires.

RTE peut désormais compter sur cette modulation de la consommation qui s'ajoute à la production locale et aux batteries pour former un cocktail de solutions de flexibilités d'autant plus valorisable que l'essor des renouvelables rend la production plus volatile.



Permettre au réseau existant d'intégrer toujours plus d'électricité issue de sources de production renouvelables

En France, la production d'énergie renouvelable (ENR) a augmenté de 7,4% en 2016. Les ENR représentent aujourd'hui 35% des capacités de production installées.

Cette hausse concerne toute l'Europe. La transition énergétique étant en marche, la production d'énergie renouvelable dans les 28 pays de l'Union européenne a progressé au total de 73,1% entre 2004 et 2014, ce qui équivaut à une augmentation moyenne de 5,6% par an.



▲ *Les capacités de production éolienne installées en France en 2016 représentent désormais l'équivalent des capacités de production de 10 réacteurs nucléaires.*

L'ENJEU POUR RTE

Les volumes d'électricité produits par des sources renouvelables dépendent des conditions météorologiques. Ils peuvent fortement varier tout au long de l'année, et parfois brutalement d'un instant à l'autre.

Le réseau de transport d'électricité doit donc être suffisamment agile pour être capable de faire de la place à la production renouvelable lorsque le soleil ou le vent sont là, mais également pouvoir aller chercher ailleurs l'électricité lorsque la production renouvelable cesse.

Pour permettre à la société de bénéficier d'une électricité décarbonée à moindre coût, RTE doit savoir gérer avec souplesse les pics de production générés par les énergies renouvelables, par définition intermittentes.



Utiliser les lignes existantes à l'optimum de leur potentiel pour faire passer plus d'électricité sur les infrastructures existantes plutôt que d'avoir à construire de nouvelles lignes haute et très haute tension

Aujourd'hui, la consommation d'électricité en France est stable, et tendra à baisser légèrement d'ici 2021 (-1,5%), ce qui se traduit par une diminution de la quantité d'électricité transportée par le réseau.

Dans le même temps, les projets d'infrastructures sont de plus en plus difficiles à réaliser avec des phénomènes d'oppositions locales qui peuvent apparaître.

Les solutions d'hier, qui consistaient à construire des lignes supplémentaires, ne sont plus forcément adaptées car les infrastructures lourdes mettent souvent des années avant de voir le jour. Elles courent le risque de devenir trop rapidement caduques dans un monde de l'électricité qui bouge de plus en plus vite.

Bref, le temps d'une croissance mécanique de la consommation rendant nécessaire la construction systématique de nouvelles lignes est révolu.

L'ENJEU POUR RTE

Plutôt que de renforcer ou de développer des postes et des lignes pour répondre par exemple aux problématiques de pics de production, qui surviennent quelques heures dans l'année, lorsque les parcs éoliens ou solaires tournent à plein régime ou à l'inverse, que les consommateurs utilisent pleinement le réseau, RTE met en place des solutions évolutives, plus souples pour optimiser les infrastructures existantes.

Dans ce contexte, les technologies numériques sont un formidable levier pour transformer la gestion, le développement et l'exploitation du réseau en offrant plus d'agilité, plus de flexibilité et plus de capacité d'adaptation.



◀ *RTE est devenu opérateur de drones en 2016. Ces appareils permettent de diminuer la pénibilité de certaines interventions sur des lignes difficiles d'accès ainsi qu'un gain de temps sur des opérations de maintenance et surveillance du réseau, sans interrompre l'alimentation électrique.*



LE SAVIEZ- VOUS ?

**RTE souhaite
privilegier
des solutions
« légères » :
remplacer le béton
et l'acier par
le silicium et le
plastique.**

COMMENT INNOVER AVEC UN RÉSEAU QUI CONJUGUE ÉLECTRICITÉ ET DIGITAL ?



Le poste électrique nouvelle génération permet d'intégrer jusqu'à 30% d'électricité supplémentaire issue de sources de production renouvelables à infrastructure égale !

Un poste électrique, kézako ?

Les postes électriques sont des nœuds stratégiques, situés aux extrémités des lignes électriques, qui permettent de transformer le courant, soit en augmentant la tension (à la sortie des centrales pour faciliter le transport) soit en abaissant la tension pour son utilisation par les PME et les habitations.

L'expérimentation de Blocaux

- Un prototype de poste électrique nouvelle génération développé par RTE en partenariat avec l'Ademe, General Electric, Schneider Electric, Nokia, Enedis et la start up Neelogy, est testé depuis 2015 à Blocaux, dans la Somme (département en pointe dans le développement de l'éolien).
- Les innovations jugées matures seront installées dans 4 postes à partir de 2020 en sélectionnant pour chaque poste, les fonctionnalités les plus adaptées. En effet, les territoires présentent des spécificités qui appellent des réponses différentes.

ET LES POSTES ÉLECTRIQUES NOUVELLE GÉNÉRATION, QU'EST-CE QUE C'EST ?

Il s'agit de postes électriques à haute et très haute tension équipés de fibres optiques et de capteurs pour mesurer en temps réel les flux sur le système électrique et recueillir un volume important de données permettant d'optimiser le fonctionnement du réseau.

RTE doit donc désormais trouver des solutions souples et réactives pour articuler au mieux les nouveaux modes de production et de consommation locaux, et la solidarité électrique assurée par le réseau de transport d'électricité.



▲ Les 2800 carrefours électriques que sont les postes de RTE seront transformés d'ici 2030 en carrefours digitaux où l'on capte, partage et traite l'information.

LA CLÉ DE CETTE INNOVATION

Le poste électrique nouvelle génération permet d'intégrer jusqu'à 30% d'électricité supplémentaire issue de sources de production renouvelables !

La connaissance des données météo en temps réel grâce à une station météorologique intégrée, associée au traitement informatique de données issues de différents capteurs placés sur les lignes, permet d'utiliser le réseau au plus près de son potentiel en faisant passer plus d'électricité sur les lignes.

La situation aujourd'hui

Aujourd'hui, les lignes électriques à haute et très haute tension ne sont pas toujours exploitées à leur capacité maximum.

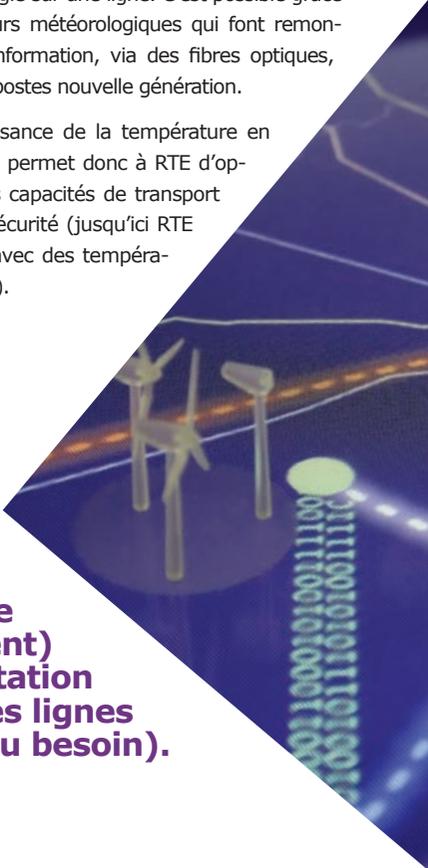
Pourquoi ? En cas de chaleur et lorsqu'on fait passer beaucoup d'électricité sur les lignes, celles-ci s'échauffent, se dilatent et descendent vers le sol. Si elles descendaient trop, elles finiraient par toucher des arbres, des bâtiments ou des habitations.

Demain avec le poste nouvelle génération, une nouvelle manière de fonctionner

Supposons que le vent souffle. Un surplus d'énergie est produit par les éoliennes. Ce surplus, il faut le faire passer dans des lignes qui transportent déjà de l'électricité. Cependant cela risque de les faire surchauffer. Mais comme en même temps, le vent refroidit les lignes, on peut faire passer plus de courant sans risque.

Rappelons que la capacité d'accueil de l'électricité est directement liée à la température des lignes. En conséquence, connaître précisément cette température permet d'autoriser le passage de plus d'énergie sur une ligne. C'est possible grâce aux capteurs météorologiques qui font remonter cette information, via des fibres optiques, jusqu'aux postes nouvelle génération.

La connaissance de la température en temps réel permet donc à RTE d'optimiser ses capacités de transport en toute sécurité (jusqu'ici RTE travaillait avec des températures fixes).



Une gestion gagnant-gagnant puisque RTE transforme une contrainte (l'intermittence du vent) en un atout (augmentation de la capacité des lignes en fonction du besoin).



Les « lignes virtuelles » créées par les équipements « Ringo »

Une « ligne virtuelle », pourquoi ?

L'électricité ne se stocke pas aussi facilement que de l'eau. Elle doit a priori être produite et acheminée, au moment même où elle est consommée. Le système électrique gagnerait en souplesse s'il pouvait stocker de l'électricité dans des batteries au moment où il y a trop de production, pour la remettre plus tard sur le réseau, quand on en a besoin. Mais si RTE stockait de l'électricité lorsqu'elle est trop abondante (et donc ne coûte pas cher) et la réinjectait sur le réseau au moment où la demande (et donc les prix d'achat) augmente, cela pourrait perturber le marché de l'électricité. Or, la mission de service public de RTE lui impose d'être parfaitement neutre vis-à-vis des fournisseurs d'électricité, qui sont ses clients.

Sur le principe, la solution est simple : il faut que la quantité d'électricité prélevée à un instant T pour charger des batteries soit exactement la même que la quantité d'électricité injectée dans le réseau au même moment par d'autres batteries, situées n'importe où ailleurs sur le réseau. Ainsi, le bilan énergétique est nul : pour les autres acteurs du système électrique, il ne s'est rien passé.

Une « ligne virtuelle », concrètement, comment ça marche ?

Imaginons une ligne à haute tension reliant des éoliennes à une ville. Mettons qu'à un instant T, par grand vent, les éoliennes produisent 130 MW et que la capacité maximum de la ligne à haute tension, soit de 100 MW et non de 130 MW. On a alors ce qu'on appelle une congestion sur la ligne, car elle ne peut pas acheminer toute l'électricité produite.

LE PROJET RINGO, QU'EST-CE QUE C'EST ?

Il permet de répondre à des pics momentanés de production sans construire de nouvelles lignes qui « sur-dimensionneraient » le réseau. Ses équipements composés de technologies de stockage (batteries électrochimiques) et de logiciels, servent à absorber les pics de production ponctuels, en créant une « ligne virtuelle ».

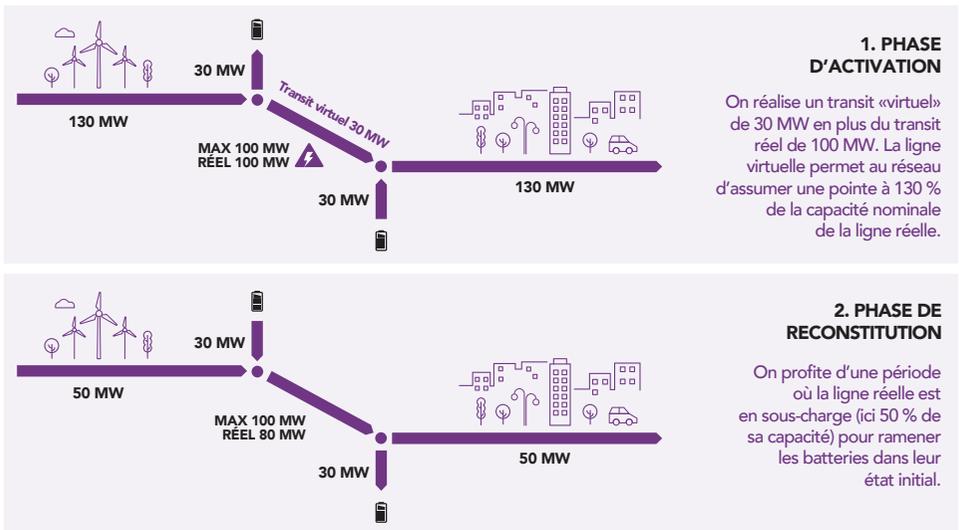
Si la ville a besoin de 130 MW pour sa consommation, il faudra que le réseau lui fournisse les 30 MW manquants depuis une autre ligne, qui les acheminera depuis un autre site de production.

Mais surtout, que faire des 30 MW en trop s'il n'y a pas une 2^{ème} ligne permet de les injecter dans le réseau ? Il serait possible d'arrêter certaines des éoliennes pour qu'elles ne produisent que 100 MW. Mais cela reviendrait à perdre un potentiel de 30 MW d'ENR, qui ne coûte quasiment rien à produire.

Avec le projet Ringo, RTE profite de ces 30 MW pour charger une batterie, donc stocker de l'énergie, à un moment où elle ne peut pas transiter sur le réseau.

RTE n'a pas le droit de prélever de l'électricité sans en remettre exactement la même quantité en circulation, au même moment. Donc une quantité d'électricité équivalente sera libérée sur le réseau par une ou plusieurs batteries Ringo déjà chargées, situées ailleurs sur le réseau.

Rien n'empêche, si on prélève 30 MW à Lille, par exemple, de restituer non pas 30 MW à un seul autre endroit, mais 10 MW à Bordeaux et 20 MW à Marseille. C'est comme si RTE avait construit, grâce au numérique, des lignes, « virtuelles », entre Lille et Bordeaux et entre Lille et Marseille, sans ajouter ni câble ni pylône.



Une solution flexible qui permet d'éviter les saturations ponctuelles sur le réseau sans avoir à construire de ligne physique.



« Apogée », une intelligence artificielle au cœur du dispatching, qui permet d'optimiser la gestion des flux d'électricité circulant sur le réseau

Le dispatching, qu'est-ce que c'est ?

RTE gère les flux d'électricité qui circulent sur le réseau haute et très haute tension à partir de salles de dispatching, qui sont des postes de contrôle depuis lesquels les opérateurs supervisent le réseau. Le travail de ces opérateurs de RTE s'apparente à celui d'aiguilleurs qui orientent les flux d'électricité vers leurs destinations.

Aujourd'hui, les dispatchers ont devant eux une dizaine d'écrans. Sur chaque écran, une multitude de données leur permettent de prendre les bonnes décisions, à chaque instant, 24 heures sur 24, pour aiguiller les flux d'électricité au bon endroit.



LA CLÉ DE CETTE INNOVATION

Une exploitation des données par un premier niveau d'intelligence artificielle pour des tâches quotidiennes et redondantes, permettant aux dispatcheurs de se concentrer sur des activités complexes.



De plus en plus de données à gérer en temps réel

Les flux d'électricité issus de sources d'énergie renouvelables – qui proviennent de toute l'Europe – sont très variables. Selon que le soleil brille ou se cache, ou que le vent souffle plus ou moins fort, les volumes sont plus ou moins importants. Ils peuvent évoluer considérablement selon la saison, et même d'un instant à l'autre. Or les énergies renouvelables – une fois le parc de production installé – sont les moins chères à produire.

On a donc intérêt à leur faire le maximum de place sur le réseau pour en faire profiter les consommateurs ! Il faut faire passer plus d'électricité dans les lignes à ce moment-là. Et pour cela, il faut connaître la température des câbles pour évaluer précisément leur capacité de transport à un instant T.

Pour y parvenir, RTE équipe les lignes de capteurs, reliés aux salles de dispatching grâce à un réseau de fibres optiques. Les capteurs leur envoient en temps réel des données sur la température, mais aussi sur des pannes éventuelles ou des risques de congestion sur les lignes.

APOGÉE, COMMENT ÇA MARCHE ?

Il s'agit d'une intelligence artificielle qui va absorber les données issues des capteurs, les analyser grâce à son algorithme et les utiliser de la même façon que le ferait le pilote automatique d'un avion.

Apogée va effectuer toutes les opérations de routine chronophages, détecter les anomalies, et s'il rencontre un problème trop complexe pour lui, il alertera l'opérateur.

À terme, les opérateurs pourront travailler avec un seul écran. Ils pourront gérer plus facilement les interactions d'un réseau toujours plus complexe et même, effectuer des simulations pour planifier les tâches à venir. Ils se concentreront ainsi sur les opérations les plus compliquées.

Ainsi, les opérateurs connaissent mieux les capacités réelles de transport de chaque ligne au moment même de la production. Ils peuvent y faire passer plus d'électricité lorsque c'est possible, sans compromettre la sécurité.

Seulement la multiplication des capteurs, c'est aussi la multiplication des données. Et à un moment, le réseau remonte tellement d'informations aux salles de dispatching qu'il devient de plus en plus difficile de toutes les optimiser. Demain, avec ces nouvelles technologies, 1 million de données devra être traité en temps réel.

C'est là qu'intervient Apogée, un système d'intelligence artificielle que RTE teste actuellement

LES PRINCIPAUX ENJEUX DE L'INNOVATION



Innover au cœur d'un écosystème
créateur de valeur pour les territoires



Par la densité de son réseau et des investissements réalisés chaque année, RTE est un acteur important du développement et de la vitalité des territoires. La capacité de RTE à innover se nourrit de la richesse de son écosystème : clients, fournisseurs, ONG, collectivités locales, pôles de compétitivité mais aussi clusters et start-ups.

Les innovations de RTE contribuent à la création d'une filière française des réseaux intelligents, filière qui devrait créer 25 000 emplois directs d'ici 2020.

RTE contribue à l'association Think Smart Grids et est partenaire de la région PACA avec son projet Flexgrid, et des régions des Pays de la Loire et Bretagne avec leur projet commun SMILE. Très concrètement, le poste électrique nouvelle génération représente plus de 30 millions d'euros d'investissement dans la région Hauts-de-France.

ZOOM SUR LE CONCOURS « RTE – RÉSEAUX ÉLECTRIQUES INTELLIGENTS »

En partenariat avec l'interpôle Smart Grids France et l'Association Pacte PME, RTE développe un triple objectif :

- faire émerger des idées innovantes à haute valeur ajoutée pour le réseau,
- accompagner les jeunes entreprises innovantes françaises spécialisées dans les smart grids,
- aboutir à terme à des solutions industrielles commercialisables.

Les 4 start-ups lauréates (Hikob, Visuel-Concept, Intesens, Sensor) ont la possibilité d'installer leurs capteurs sur le réseau de transport d'électricité à haute et très tension pour développer la collecte de données et améliorer le traitement des mesures afin de les transformer en données exploitables pour RTE.



Les activités de l'entreprise génèrent 72 450 emplois directs et indirects (entretien de la végétation sous les lignes, construction et peinture des ouvrages) qui profitent à l'économie locale. Il en va de même pour les retombées fiscales des activités de RTE ; 94 M€ liés à la présence de transformateurs sur les territoires et 253 M€ pour les pylônes ont été versés aux collectivités en 2016.

En mettant à disposition des Régions son expertise technique du système électrique, RTE participe à l'élaboration des politiques publiques de déploiement des énergies renouvelables (Schémas de Raccordement aux Energies Renouvelables -S3REN- et schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité du territoire-SRADDET) et accompagne les collectivités dans leurs choix de transition énergétique.



Innover pour réussir la transition énergétique grâce à un modèle intégré



La capacité de RTE à innover, et à proposer un nouveau système alliant électricité et digital, est la clé de la réussite de la transition énergétique

Cette capacité à innover, RTE la doit à son modèle de gestionnaire de réseau à 360°, qui lui permet d'optimiser les synergies entre maintenance du réseau et conduite des flux d'électricité et d'être fort d'une R&D puissante. Une connaissance parfaite de l'utilisation réelle du matériel, des lignes, postes électriques, est un formidable levier d'optimisation de la gestion des flux d'électricité.



Le réseau
de transport
d'électricité