



Réseau de transport d'électricité

BILAN DU PROGRAMME DE R&D ANNEE 2014

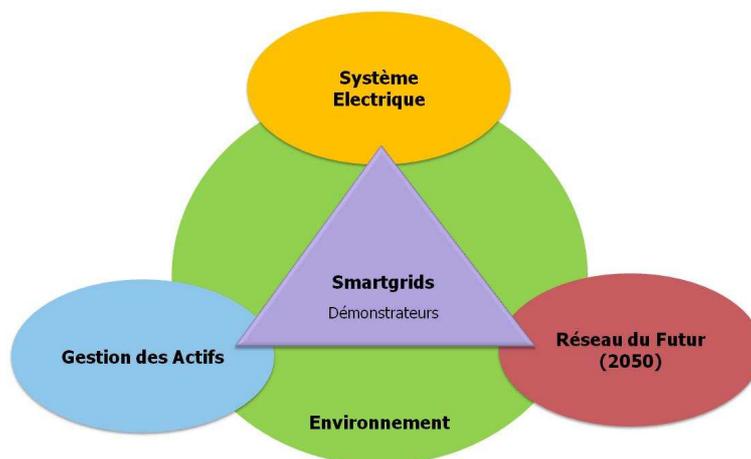
S O M M A I R E

1	Synthèse	4
2	Description des projets menés en 2014	9
2.1	Programme Réseau du Futur	10
2.2	Programme Gestion des actifs.....	19
2.3	Programme Système Electrique.....	27
2.4	Programme Environnement	36
2.5	Programme Smartgrids	40
3	Liste des projets en cours et à venir avec les résultats attendus pour 2015 et 2016	42
3.1	Programme Réseau du Futur	42
3.2	Programme Gestion des actifs.....	44
3.3	Programme Système Electrique.....	46
3.4	Programme Environnement	47
3.5	Programme SmartGrids	48
4	Les éléments financiers sur l'année 2014	50
4.1	Synthèse des montants dépensés en 2014.....	50
4.2	Analyse des dépenses en 2014.....	50
4.3	Subventions de l'année 2014	51
4.4	Les Trajectoires de dépenses sur la période tarifaire.....	51
5	Les indicateurs de suivi du bilan R&D	52
5.1	Programme Réseau du Futur	52
5.2	Programme Gestion des actifs.....	54
5.3	Programme Système Electrique.....	55
5.4	Programme Environnement	57

1 SYNTHÈSE

Contexte :

L'année 2014 s'inscrit dans la continuité des travaux lancés depuis le début du nouveau programme quadriennal de R&D 2013 – 2016 adossé à la période tarifaire TURPE 4. Ce programme d'activités de la R&D est structuré selon cinq programmes stratégiques :



Le programme **Réseau du Futur** vise à identifier, faire émerger et valider les futures solutions technologiques qui s'intégreront dans le réseau électrique du futur. Cette recherche favorise le développement d'une offre industrielle permettant de préparer d'une part, le possible développement de réseaux à courant continu, d'autre part, le développement de nouvelles solutions de liaisons et de postes électriques, et enfin, l'émergence de technologies prometteuses pour le transport d'énergie comme la supraconductivité ou les nanotechnologies.

Le programme **Gestion des Actifs** vise à développer de nouvelles solutions permettant de caractériser et gérer les effets du vieillissement du réseau électrique. Les recherches tirent parti des avancées industrielles et sont axées sur une meilleure connaissance de la durée de vie des composants visant à optimiser les politiques de maintenance et de renouvellement des infrastructures.

Le programme **Système Electrique** vise à accompagner la transition énergétique en permettant d'intégrer dans le mix énergétique une quantité significative d'énergie renouvelable, en mutualisant à l'échelle européenne les différentes sources d'énergie et modes et consommation, en favorisant les échanges et la solidarité entre territoires. Les recherches consistent dans le développement de nouvelles méthodes et outils d'étude, de contrôle, d'optimisation en vue de leur utilisation pour le développement, la maintenance et l'exploitation des réseaux électriques français et européen.

Le programme **Environnement** vise, en s'intégrant à travers les autres programmes, à prendre en compte les attentes de la société notamment dans les domaines de l'écologie, de la sociologie ou de la santé. Ces recherches permettent de maîtriser les rejets de gaz à effet de serre, d'encourager les modes de gestion favorables à la biodiversité ou de mettre en œuvre des modes de concertation innovants.

Le programme **Smartgrids** est, par essence, transverse aux programmes « Réseau du Futur », « Système Electrique » et « Gestion des Actifs ». Au travers de démonstrateurs, il qualifie et valorise les actions de RTE relevant de l'intelligence électrique, c'est à dire celles engagées pour aller vers un système électrique plus flexible, communicant et accompagnant les objectifs de déploiement des EnR et d'efficacité énergétique.

La feuille de route 2013-2016 de la R&D de RTE a été publiée en 2013¹

Indicateurs :

Afin d'apprécier la progression des travaux de R&D sur la période tarifaire 2013-2016, des jalons correspondants à des attendus (résultats d'une étude, livraison d'un outil ou d'une méthode, transfert opérationnel d'une technologie, ...) et/ou à des faits marquants (preuve de concepts, spécifications, modélisations, ...) ont été définis de façon à constituer autant de "marqueurs" qui attestent de résultats intermédiaires (réussite ou échec) dans les programmes de R&D développés par RTE.

¹ http://www.rte-france.com/uploads/media/pdf_zip/RD/2013_10_08_Feuille_de_route_RD_RTE_FR__version_finale.pdf

Ces jalons n'ont cependant pas tous la même valeur et afin de qualifier la plus-value qui leur est associée selon des indicateurs issus principalement du projet européen GRID+², leur impact – de premier ordre ou de second ordre – sur l'adaptation attendue du transport d'énergie électrique, a été identifié selon les axes suivants :

- Capacité d'accueil du réseau (*Increased RES and DER hosting capacity*)
- Flexibilité du système électrique (*Increased flexibility from energy players*)
- Intégration de la production renouvelable (*Increased hosting capacity & Reduced energy curtailment of RES and DER*)
- Sûreté d'alimentation / qualité de l'électricité (*Power quality and quality of supply*)
- Durée de vie des infrastructures (*Extended asset life time*)
- Environnement (Non listé dans les indicateurs de GRID+)

Une grille de lecture à double entrée (tableau ci-dessous) permet ainsi d'identifier, d'une part (verticalement), la progression des programmes de R&D développés par RTE et, d'autre part (horizontalement), la contribution – de premier ordre (en vert) ou de second ordre (en noir)- de ces travaux à l'évolution du transport d'énergie électrique, selon les axes précités.

La dernière colonne de ce tableau établit l'état d'avancement des travaux de R&D de RTE sur la période tarifaire 2013-2016, selon des axes de recherche cohérents avec les indicateurs du projet européen GRID+.

Indicateurs issus de GRID+		Réseau du futur	Gestion des actifs	Système électrique	Environnement	Avancement		
Increased network capacity at affordable cost	Capacité du réseau	A	11/31	1/2	5/10	0/0	17/43	40%
Increased system flexibility at affordable cost	Flexibilité du système électrique	B	5/14	0/4	8/19	0/0	13/37	35%
Increased hosting capacity & Reduced energy Curtailment of RES and DER	Intégration de la production renouvelable	C	3/12	0/0	13/29	0/0	16/41	39%
Power quality and quality of supply	Sûreté d'alimentation Qualité de l'électricité	D	7/15	2/8	13/29	0/0	22/52	42%
Extended asset life time	Durée de vie des infrastructures	E	0/0	7/29	0/0	0/0	7/29	24%
	Environnement	F	2/7	0/0	0/0	2/15	4/22	18%

L'avancement indiqué dans le tableau ci-dessus traduit l'atteinte de l'ensemble des résultats prévus dans la feuille de route R&D 2013-2016. Les jalons sont tous des jalons de résultats (intermédiaires ou finaux) des travaux de recherche. Ainsi, l'avancement présente un décalage par rapport aux dépenses réalisées à la moitié de la période tarifaire.

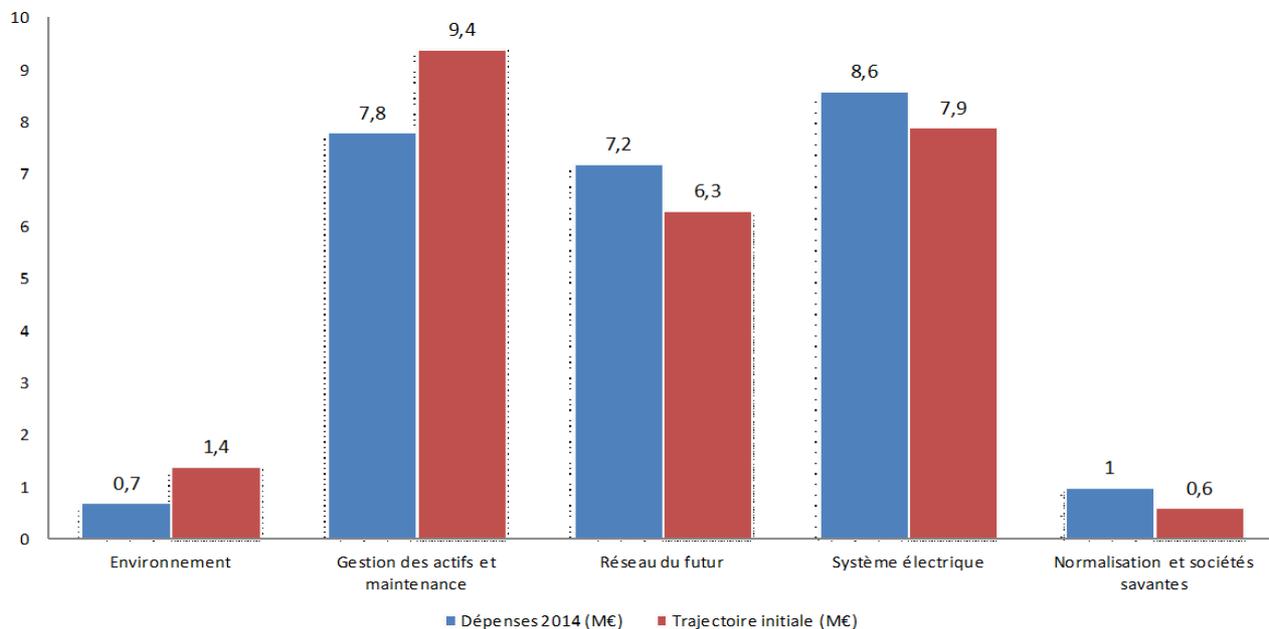
En effet, la mise en œuvre de l'ensemble des travaux de recherche nécessite un accomplissement progressif de tâches (veille => preuve de concept => démonstrateurs /développement d'un prototype => transfert aux métiers opérationnels). La mise en œuvre des premières étapes nécessite des investissements en ressources qui se traduisent de façon décalé en termes d'obtention de jalons de résultat qui sont, par construction, plus nombreux en fin de période du programme 2013-2016.

Le programme environnement est une bonne illustration de ce décalage avec le lancement d'études et d'expérimentations biologiques (santé / biodiversité) en 2013 pour des résultats attendus en 2015-2016, 2 ans étant nécessaire pour mener à bien les protocoles d'étude. Il en va de même pour le programme Gestion des Actifs dont les résultats sont concentrés sur les 2 dernières années du programme. Ils correspondent au développement de nouveaux modèles de vieillissement, outils de diagnostic et de maintenance, et au final d'une nouvelle approche pour la gestion des actifs.

² Le projet GRID+ vise à accompagner les activités de l'EEGI (European Electricity Grid Initiative) afin de dynamiser les activités de R&D à l'échelle européenne pour la mise en place d'un réseau électrique européen à horizon 2020, à travers la mise en place d'une feuille de route et d'un suivi de celle-ci via une série d'indicateurs.

Bilan financier de l'année 2014 :

Le montant des dépenses 2014 est de 25,4 M€ pour une prévision initiale de 25,6 M€ (cf. Délibération de la Commission de régulation de l'énergie du 3 avril 2013 portant décision relative aux tarifs d'utilisation d'un réseau public d'électricité dans le domaine de tension HTB).



Comme en 2013, les principaux écarts à la baisse sont liés à l'évolution des essais en laboratoire du programme Gestion des Actifs.

Depuis la décision de cession des laboratoires des Renardières, qui ne faisait pas partie de la trajectoire initiale, RTE a cherché à maintenir le niveau de recherche et dépenses projeté en engageant le programme Smartlab (visant notamment à développer des outils de simulation en lieu et place de certains essais physiques) et en travaillant sur le montage de nouveaux partenariats pour les études de vieillissement.

En 2014, les essais physiques ont ainsi été moindres que prévu dans la trajectoire initiale (négociations avec de nouveaux laboratoires plus longues qu'initialement envisagées et décalage de quelques essais). Concernant les études de vieillissement, nous avons démarré en 2014 un nouveau partenariat.

Dans une moindre mesure, le programme Environnement est aussi en écart à la baisse. Ceci est lié au démarrage retardé du projet sur la biodiversité marine. A l'inverse, nous avons pu renforcer les activités du programme Réseau du futur (notamment projet Poste Intelligent, démarche Smart Contrôle Commande Numérique, HVDC) et Système Electrique (projet Apogée, collaborations académiques).

Trajectoires de dépenses sur la période tarifaire :

M€ ₂₀₁₄	Réalisé 2013	Réalisé 2014	2015	2016	Total
Programme Environnement	1,2	0,7	1,4	1,5	4,8
Programme Gestion des actifs	8,9	7,8	10,3	10,1	37,2
Programme Réseau du Futur	5,2	7,2	7,4	9,4	29,2
Programme Système Electrique	7,2	8,6	9,2	9,3	34,3
Normalisation et Sociétés Savantes	0,8	1,0	0,6	0,7	3,1
Total	23,4	25,4	28,9	31,0	108,6

Référence : Délibération TURPE-4
5,5
38,8
28,7
33,1
2,5
108,6

Faits marquants de l'année 2014 :

Programme Réseau du Futur

Ce programme est structuré en 5 projets, présentant chacun différents lots :

- **Liaisons du futur**
 - ✓ Développement d'un nouveau type de lignes HTB1 compactes avec supports faiblement conducteurs
 - ✓ Optimisation de la conception des liaisons souterraines
- **Poste intelligent**
 - ✓ Rédaction des spécifications techniques du projet
 - ✓ Définition et validation d'un modèle de gestion temps-réel de la capacité thermique d'une ligne en fonction du vent
 - ✓ Validation des nouveaux transformateurs de mesure normalisés (IEC 61850)
- **Postes du futur**
 - ✓ Expérimentations réussies de disjoncteurs à vide 63kV
 - ✓ Début des travaux sur le gaz G³ alternative possible au gaz SF6
 - ✓ Préparation des expérimentations de transformateurs de mesure non conventionnels
- **Contrôle-commande du futur**
 - ✓ Développement de la plateforme d'essais de la norme de communication IEC 61850.
 - ✓ Développement et validation du référentiel d'essais de protections sur la nouvelle plate forme de simulation temps réel.
 - ✓ Lancement d'un projet sur les futurs plans de protection et de défense du système électrique
- **Réseaux à courant-continu**
 - ✓ Démarrage du projet européen Best Paths sur les technologies futures pour les infrastructures de réseau de transport

Programme Gestion des actifs - Maintenance

Ce programme est structuré en 4 projets, présentant chacun différents lots :

- **Moyens d'observation et outils innovants**
 - ✓ Expérimentation puis validation de l'utilisation de drones à vue pour le diagnostic de liaisons aériennes
- **Monitoring**
 - ✓ Préparation d'un concours d'idées sur des solutions innovantes de monitoring
- **Durée de vie du réseau**
 - ✓ Finalisation d'études sur le comportement thermique des liaisons souterraines
 - ✓ Echec de la modélisation du vieillissement des extrémités en porcelaine des liaisons souterraines
 - ✓ Lancement de la collaboration sur le comportement des matériaux
- **Smartlab**
 - ✓ Avancées dans le domaine de la simulation numérique des structures de liaisons aériennes
 - ✓ Validation de l'ensemble via le rejeu de la tempête de 1999
 - ✓ Validation du modèle des charpentes de postes électriques à l'aide de simulations et d'essais physiques en laboratoire
 - ✓ Preuve de concept pour un outil d'aide à la décision en matière de gestion des actifs
 - ✓ Plate-forme big-data / data mining
 - ❖ Livraison d'un modèle d'accrétion de neige collante permettant de prévoir et de simuler l'impact de ce phénomène sur nos infrastructures.
 - ❖ Réalisation réussie d'un démonstrateur appliqué à la défaillance des réducteurs de mesure.

Programme Système Electrique

Ce programme est structuré en 4 projets, présentant chacun différents lots :

- **Codes de simulation et plates-formes d'études de réseau**
 - ✓ iTesla (projet européen sur la prochaine génération de plateforme d'étude de réseau) :
 - ❖ Développement des briques fonctionnelles individuelles de la plate-forme
 - ❖ Sélection du projet pour l'accès au supercalculateur européen Curie
 - ❖ Deuxième revue de projet validée par les experts de la Commission Européenne
- **Exploitation du futur**
 - ✓ Finalisation d'une nouvelle version du réglage secondaire de la tension intégrant la possibilité d'utiliser les capacités de réglage des moyens de production renouvelable et des liaisons à courant-continu.
 - ✓ Finalisation technique, sur la zone Central West Europe, du calcul de capacité en J-1 de type flow-based.

- ✓ Lancement du projet Apogée sur le système de conduite du futur.
- **Développement futur du réseau**
 - ✓ e-Highway2050 (projet européen sur les méthodes de développement de réseau et les architectures futures du réseau électrique européen)
 - ❖ Obtention des scénarios long-terme d'évolution du système électrique européen
 - ❖ Finalisation de la méthodologie et des outils permettant la réalisation d'études long-terme d'architecture de réseau
- **Equilibre offre-demande du futur**
 - ✓ Connaissance, estimation et prévision de la consommation
 - ❖ Refonte du modèle sectoriel de la consommation résidentiel via l'utilisation de panels de consommateurs
 - ✓ Estimation, prévision et gestion des ENR
 - ❖ Lancement d'études relatives au fonctionnement du système européen avec présence massive d'ENR connectée via des équipements à base d'électronique de puissance

Programme Environnement

Ce programme est structuré en 4 projets, présentant chacun différents lots :

- **Eco-conception**
 - ✓ Synthèse des expérimentations menées sur les alternatives à l'usage de produits phytosanitaires pour l'entretien des surfaces occupées par les postes électriques.
 - ✓ Premiers résultats des travaux sur les analyses de cycle de vie systémique des infrastructures de réseau de transport.
 - ✓ Démarrage des travaux sur le gaz G³ alternative possible au gaz SF6 (cf. Réseau du Futur).
- **Biodiversité**
 - ✓ Lancement d'un projet en mode 'open-innovation' sur la thématique de la biodiversité marine aux abords de nos installations
- **Biologie et réseaux**
 - ✓ Poursuite des études lancées en 2013
- **Relations avec les parties prenantes et concertation (Socionet) :**
 - ✓ Réalisation et diffusion du Serious Game Need For Grid à vocation pédagogique pour les parties prenantes et le grand public (jeu disponible en ligne). Ce jeu présente de façon ludique la vie d'un réseau électrique (développement, maintenance, pilotage...).

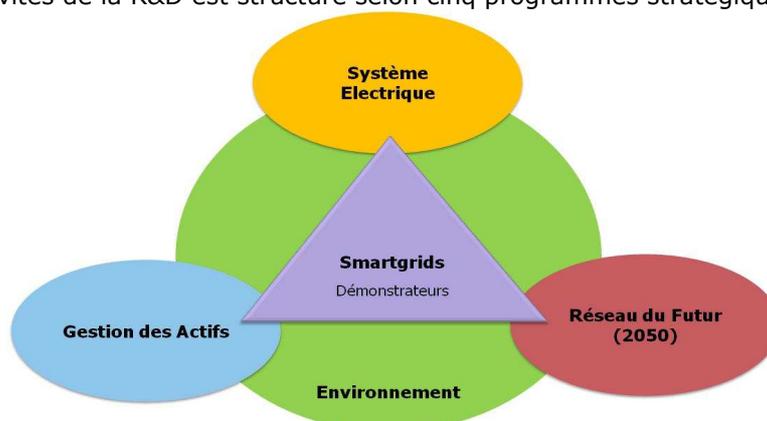
Programme Smartgrids

Ce programme est structuré en 2 activités, présentant chacune différents lots :

- **Projet Réseaux Electriques Intelligents**
 - ✓ Pilotage de la rédaction de la feuille de route du plan Réseaux Electriques Intelligents (REI) et présentation au premier ministre en avril puis au président de la République en mai.
 - ✓ Démarrage et implication dans 10 actions. Pilotage des actions 1 (création de l'association SmartGrid France) et 5 (Méthodologie d'Analyses Coût-Bénéfice).
 - ✓ Implantation d'un pavillon France à l'European Utility Week à Amsterdam en novembre.
- **Participation aux démonstrateurs distribution/transport :**
 - ✓ **SmartGrid Vendée :** Analyse a priori de la valeur des nouvelles flexibilités pour le réseau de transport (contraintes de réseau en cas de défaillance) puis pour l'équilibre offre demande (EOD). Analyse et spécifications des interactions entre acteurs et marchés de l'énergie.
 - ✓ **NiceGrid :** Mise en place d'une interface opérationnelle de demandes de flexibilité au centre de conduite RTE de Marseille.
 - ✓ **Greenlys :** Réalisation d'études de valorisation.
 - ✓ **Venteea :** Réalisation d'étude d'expertise sur l'observabilité et la prévision de la production renouvelable.

2 DESCRIPTION DES PROJETS MENES EN 2014

Le programme d'activités de la R&D est structuré selon cinq programmes stratégiques :



Le programme **Réseau du Futur** vise à identifier, faire émerger et valider les futures solutions technologiques qui s'intégreront dans le réseau électrique du futur. Cette recherche favorise le développement d'une offre industrielle permettant de préparer d'une part, le possible développement de réseaux à courant continu, d'autre part, le développement de nouvelles solutions de liaisons et de postes électriques, et enfin, l'émergence de technologies prometteuses pour le transport d'énergie comme la supraconductivité ou les nanotechnologies.

Le programme **Gestion des Actifs** vise à développer de nouvelles solutions permettant de caractériser et gérer les effets du vieillissement du réseau électrique. Les recherches tirent parti des avancées industrielles et sont axées sur une meilleure connaissance de la durée de vie des composants visant à optimiser les politiques de maintenance et de renouvellement des infrastructures.

Le programme **Système Electrique** vise à accompagner la transition énergétique en permettant d'intégrer dans le mix énergétique une quantité significative d'énergie renouvelable, en mutualisant à l'échelle européenne les différentes sources d'énergie et modes et consommation, en favorisant les échanges et la solidarité entre zones. Les recherches consistent dans le développement de nouvelles méthodes et outils d'étude, de contrôle, d'optimisation en vue de leur utilisation pour le développement, la maintenance et l'exploitation des réseaux électriques français et européen.

Le programme **Environnement** vise, en s'intégrant à travers les autres programmes, à prendre en compte les attentes de la société notamment dans les domaines de l'écologie, de la sociologie ou de la santé. Ces recherches permettent de maîtriser les rejets de gaz à effet de serre, d'encourager les modes de gestion favorables à la biodiversité ou de mettre en œuvre des modes de concertation innovants.

Le programme **Smartgrids** est, par essence, transverse aux programmes « Réseau du Futur », « Système Electrique » et « Gestion des Actifs ». Au travers de démonstrateurs, il qualifie et valorise les actions de RTE relevant de l'intelligence électrique, c'est à dire celles engagées pour aller vers un système électrique plus flexible, communicant et accompagnant les objectifs de déploiement des EnR et d'efficacité énergétique.

Afin d'apprécier la progression du programme de travail R&D sur la période tarifaire 2013-2016, des jalons correspondants à des attendus en terme d'accomplissement (résultats d'une étude, livraison d'un outil ou d'une méthode ou transfert opérationnel d'une technologie) et des faits marquants (preuve de concepts, spécifications / modélisations) ont été définis sur l'ensemble des programmes de R&D.

Ces jalons n'ont cependant pas tous la même valeur et afin de qualifier la plus-value qui leur est associée selon des indicateurs issus principalement du projet européen GRID+³, leur impact – de premier ordre ou de second ordre – sur l'adaptation attendue du transport d'énergie électrique, a été identifié selon les axes suivants :

- **A - Capacité d'accueil** (*Increased RES and DER hosting capacity*)
- **B - Flexibilité du réseau** (*Increased flexibility from energy players*)
- **C - Intégration de la production renouvelable** (*Reduced energy curtailment of RES and DER*)
- **D - Sûreté d'alimentation / qualité de l'électricité** (*Power quality and quality of supply*)
- **E - Durée de vie des infrastructures** (*Extended asset life time*)
- **F - Environnement** (Non listé dans les indicateurs de GRID+)

NB : Ces indicateurs seront mentionnés par leur lettre (A, B, C, D, E, F) dans le reste de ce document.

³ Le projet GRID+ vise à accompagner les activités de l'EEGI (European Electricity Grid Initiative) afin de dynamiser les activités de R&D à l'échelle européenne pour la mise en place d'un réseau électrique européen à horizon 2020, à travers la mise en place d'une feuille de route et d'un suivi de celle-ci via une série d'indicateurs.

Une mise à jour annuelle de la progression de ces indicateurs permet d'établir l'avancée des travaux de R&D selon ces orientations. L'exercice ayant été accompli pour la première fois sur le bilan 2014, il a été réalisé a posteriori sur les éléments de bilan 2013.

2.1 Programme Réseau du Futur

Les Etats Membres de l'Union Européenne ont décidé de se projeter dans une Europe bas carbone en 2050. Le réseau électrique est un élément clef pour assurer la mise en place des évolutions du système électrique qui en résultent :

- **un marché unique** de l'électricité efficient,
- **un mix énergétique** qui peut être très différent suivant les scénarios économiques les plus probables,
- **une sobriété énergétique** avec une consommation de plus en plus flexible.

Pour sa part, le gouvernement français a annoncé une réduction progressive du parc de production nucléaire, compensée par une augmentation significative de l'électricité d'origine renouvelable.

Les GRT européens dont RTE sont des acteurs de ce débat, mettant leur expertise au service des pouvoirs publics : pouvoir s'adapter aux orientations qui seront finalement retenues et développer le réseau alors que l'opposition n'a jamais été aussi forte.

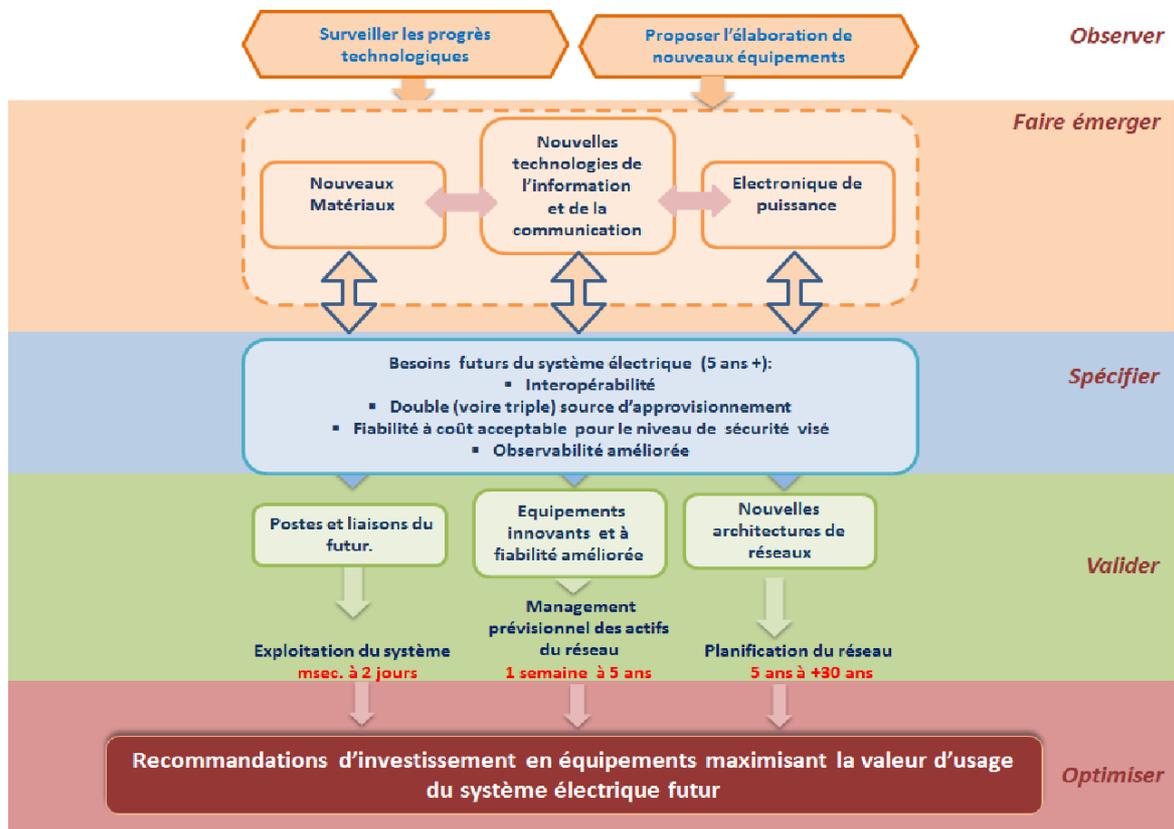


Figure 4 : stratégie de R&D pour préparer le réseau du futur

Préparer le réseau du futur s'appuie sur cinq ambitions à long terme :

- 1) **Observer et analyser les potentialités offertes par les progrès technologiques dans l'ensemble des domaines techniques et scientifiques** pour identifier les opportunités de nouvelles solutions permettant d'accroître les performances du réseau en respectant les contraintes économiques et d'acceptabilité qui lui sont imposées.
- 2) **Faire émerger de nouvelles solutions** au service des besoins de l'opérateur de réseau, sur la base d'avancées notamment dans les sciences et technologies des matériaux, les nouvelles technologies de l'information et de la communication ou les nouvelles possibilités offertes par l'électronique de puissance.
- 3) **Spécifier les composants et les conditions de leur mise en œuvre en réponse aux besoins futurs du système électrique**, en soulignant l'importance des aspects industriels (interopérabilité entre constructeurs, les niveaux de fiabilité à atteindre pour chaque composant innovant, résilience du système via des redondances), ceci à des coûts acceptables pour le service rendu.

4) **Valider** par des démonstrations adaptées, en mode exploitation et maintenance, la performance des composants proposés par les constructeurs.

5) **Optimiser le système électrique** en proposant de nouvelles options d'investissements qui tiennent compte de validations expérimentales à grande échelle.

Les connaissances à acquérir concernent donc le potentiel des technologies futures vis-à-vis des attentes du réseau (optimisation de capacité, de flexibilité et de fiabilité dans leur environnement), du caractère industriel de leur utilisation (interopérabilité, fiabilité et résilience) et du niveau de sécurité du réseau, puis de préparer leur intégration par des démonstrations à des échelles permettant des déploiements à coûts maîtrisés, dans le système existant.

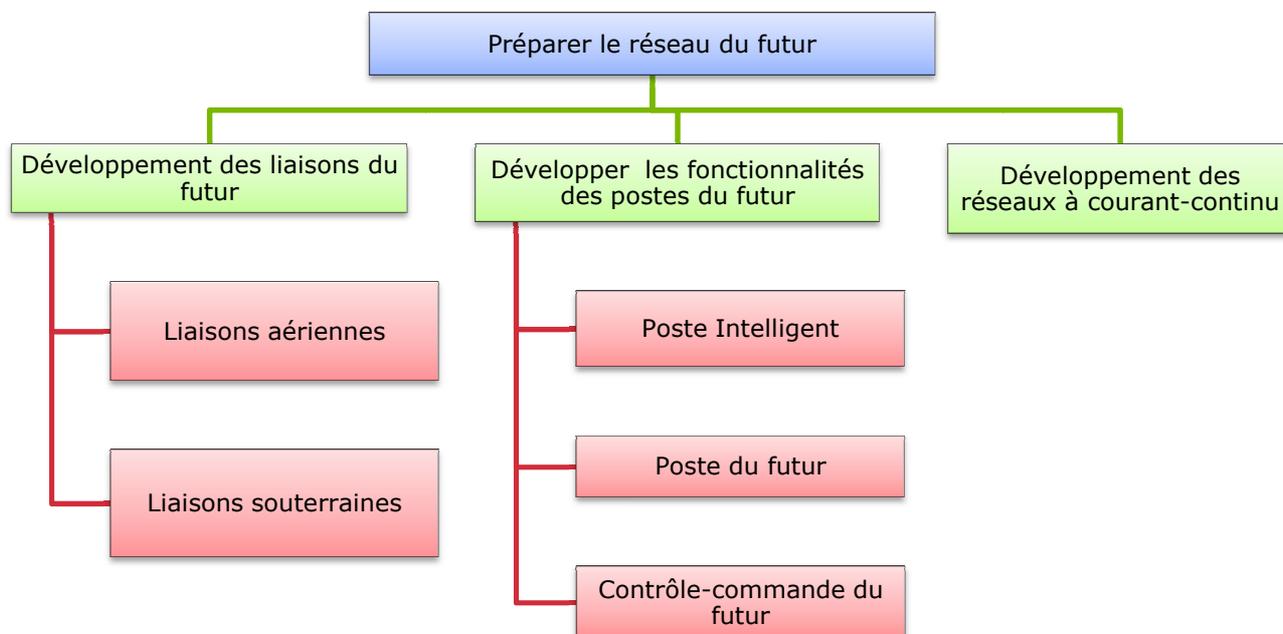


Figure 5 : organisation de la R&D pour préparer le réseau du futur

Pour le programme Réseau du Futur, 31 jalons ont été définis à travers 5 thématiques.

Comme le synthétise le tableau ci-dessous, les jalons de ces travaux identifient des contributions de premier ordre (i.e. en vert dans le tableau) dans des recherches visant à l'amélioration de la « Capacité d'accueil du réseau » et de la « Flexibilité du système électrique » ; tandis que, parallèlement, les jalons de certains de ces travaux (en noir dans le tableau ci-dessous) apportent également une contribution, mais de second ordre, dans des recherches visant à l'amélioration des items suivants : « Intégration de la production renouvelable », « Sûreté d'alimentation / Qualité de l'électricité » et « Environnement ».

Indicateurs issus de GRD+		Liaison du futur	Poste Intelligent	Poste du futur	Contrôle commande du futur	Réseaux à courant continu	Total	Avancement	
Increased network capacity at affordable cost	Capacité du réseau	A	3/8	3/7	0/2	3/7	2/7	11/31	35%
Increased system flexibility at affordable cost	Flexibilité du système électrique	B		3/7	0/2	2/4	0/1	5/14	36%
Increased hosting capacity & Reduced energy curtailment of RES and DER	Intégration de la production renouvelable	C		3/7	0/2		0/3	3/12	25%
Power quality and quality of supply	Sûreté d'alimentation Qualité de l'électricité	D		2/5		3/7	2/3	7/15	47%
Extended asset life time	Durée de vie des infrastructures	E					0/0		%
	Environnement	F	2/5		0/2		2/7	29%	
Avancement							35%		

D'après le suivi des indicateurs, le programme Réseau du futur a atteint, fin 2014, **35% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

2.1.1 Valider le potentiel de technologies nouvelles pour le réseau du futur

Enjeu : Détecter puis analyser les potentialités offertes par les nouveaux matériaux, les nouvelles technologies de l'information et de la communication, les nouvelles technologies d'électronique de puissance en vue de leur intégration future au réseau de transport.

Les performances du réseau requises pour permettre au système électrique de s'adapter aux évolutions futures, en particulier celles liées à la composition, à la localisation et à la nature des moyens de production dans le contexte de la transition énergétique devront s'appuyer sur des évolutions technologiques majeures des composants de réseau.

Dans ce but RTE assure une veille active sur les matériaux et les technologies susceptibles de permettre ces sauts de performances :

- **Nanotechnologie** : Les nanotubes de carbone (NTC) présentent des caractéristiques physiques et mécaniques remarquables en termes de masse et de résistance à la rupture mais aussi des caractéristiques électriques potentiellement intéressantes en termes de conductivité et de faible dilatation sous l'effet de la chaleur. La conjonction de ces caractéristiques mécaniques et électriques si elles s'avèrent fera des nanotubes de carbone un candidat au remplacement des conducteurs sur les lignes aériennes anciennes.

- **Supraconductivité** : La recherche en termes de supraconductivité s'est jusqu'à présent concentrée sur les nouveaux matériaux supraconducteurs à une température plus élevée pour alléger les contraintes de cryogénie. Elles ont abouti à des solutions ne se prêtant pas à la réalisation de liaisons de grande longueur de par la nature même des matériaux proposés : céramiques associant des composants rares et chers. A l'opposé, les propriétés supraconductrices d'un nouveau matériau, le diborure de magnésium (MgB_2) ont été récemment prouvées. Ce matériau se caractérise par une température de supraconductivité très basse mais est constitué d'éléments chimiques abondants, bon marché et qui devraient bien se prêter à un processus industriel de fabrication. RTE souhaite évaluer l'aptitude et l'intérêt de ce matériau pour la réalisation de liaisons de grande puissance (plusieurs GW) et de grandes longueurs (plusieurs centaines de km). Exploitées en souterrain et en courant continu, de telles liaisons pourraient constituer des moyens de renforcement considérables du système électrique, voire constituer l'ossature d'un Supergrid.

- **Courant continu** : Cette technologie présente des atouts majeurs pour le développement d'un système électrique HTB plus puissant mais aussi mieux accepté car permettant dans de grandes proportions le recours au souterrain et au sous-marin. Le principe du transport de l'électricité en courant continu est aujourd'hui bien maîtrisé dans le cas de liaisons point à point en s'appuyant sur la technologie éprouvée LCC. En revanche cette technologie est mal adaptée à la constitution de schémas de réseaux plus complexes (liaisons multi-terminales, réseaux maillés). La technologie VSC beaucoup plus récente apparaît aujourd'hui comme la réponse la plus propice au développement de véritables réseaux à courant continu. Le fonctionnement d'un tel réseau avec des performances similaires à celles d'un réseau alternatif en termes de stabilité et de résistance aux incidents constitue en revanche un véritable challenge. Cela passe aussi par le développement de nouveaux composants non encore disponibles dans l'offre industrielle pour assurer la réalisation des fonctions élémentaires nécessaires au fonctionnement d'un réseau électrique : mesure de l'état électrique, détection et localisation précise des défauts électriques, élimination sélective de ces défauts sans impact notable sur l'ensemble du réseau sain, comptage... Là encore RTE veut assurer une veille active sur le développement de ces éléments en encourageant les constructeurs dans la voie du développement de ces composants essentiels : disjoncteurs à courant continu, système de mesure, transformateurs à courant continu pour interconnecter des portions de réseau de tensions différentes.

- **Composants divers** : RTE encourage les fournisseurs à élargir leur offre vers des solutions qui, sans accroître nécessairement la performance électrotechnique du système, apportent une réponse à d'autres enjeux pour RTE :

- Solutions alternatives au SF6 pour réduire l'empreinte environnementale en matière de rejet de gaz à effet de serre, (disjoncteurs, postes sous enveloppes métalliques).

- Transformateurs de mesure non conventionnels : La connaissance en tous nœuds du réseau de la tension et du courant est essentielle pour détecter et traiter dans les plus brefs délais les défaillances, connaître, gérer et maîtriser l'état de charge du réseau. Cette fonction est aujourd'hui réalisée dans les postes par des transformateurs de mesure dont le principe date de plusieurs dizaines d'années. Une nouvelle génération de matériels basée sur des principes physiques nouveaux présente des caractéristiques séduisantes : précision, dynamique, compacité, légèreté, signal utile fourni directement sous forme numérique. Ce dernier point est

particulièrement propice dans une perspective de numérisation du contrôle-commande des postes.

- Conducteurs de lignes aériennes : Ils jouent un rôle essentiel dans la fonction d'un réseau de transport d'électricité. De technologie en apparence simple, leurs performances résultent en fait de compromis complexes relevant de domaines mécanique, électromagnétiques, thermiques... étroitement imbriqués.

Résultats

Résultats attendus	Indicateurs secondaires	2013	2014	2015	2016
Etude des structures de nanotubes de carbones les plus performantes en terme de conductivité électrique	-	✓			
Sélection de la solution « Equilibre » pour la réalisation de la ligne Avelin-Gavrelle	Environnement	✓			
Etude des revêtements glaciophobes pour la diminution du bruits des lignes	Environnement		✗		
Spécifications des nouvelles lignes HTB1 dites 'compactes'	Environnement		✓		
Transfert opérationnel des nouvelles lignes HTB1 dites 'compactes'	Environnement				⚠
Preuve de concept de l'utilisation des nanotubes de carbones pour les liaisons aériennes	-				⚠
Premier prototype de câbles supraconducteurs type MgB2 et preuve de concept de la cryogénie à l'hydrogène liquide	-				⚠

Liaisons du futur : technologies nouvelles

Nanotechnologies

La collaboration se poursuit à travers deux voies d'étude complémentaires et menées en parallèle. La première voie, théorique, s'attache à analyser et comprendre les phénomènes physiques de manière à établir les types de nanotubes de carbone les plus propices aux applications envisagées pour le domaine du transport d'énergie électrique pour leur caractéristiques intrinsèques et pour leur potentiel à conserver d'excellentes propriétés électriques (notamment conductivité) et/ou mécaniques quand ils sont 'assemblés' en fil ou interfacés dans une matrice (métallique ou autre). Dans la seconde voie, expérimentale, de premiers résultats ont été obtenus notamment sur la maîtrise des paramètres de fabrication de NTC avec les caractéristiques voulues ; une thèse menée dans le cadre de la collaboration a d'ailleurs été soutenue en décembre 2014.

Supraconductivité

RTE a choisi et proposé d'étudier la faisabilité d'une solution industrielle complète de liaison supraconductrice au diborure de magnésium (MgB₂) comme un des démonstrateurs du projet européen BestPaths soumis en 2013 à la Commission européenne dans le cadre du FP7. Le processus de validation de ce projet par la Commission a été particulièrement long ce qui en a retardé le démarrage à la fin de 2014.

Conducteurs de lignes aériennes

RTE poursuit une veille sur les conducteurs composites, en particulier à matrice composite. Ces conducteurs sont susceptibles d'allier des performances électriques et mécaniques très intéressante pour la construction ou la réhabilitation de lignes aériennes : hautes performances électriques et mécaniques, faible masse ce qui requiert un dimensionnement mécanique modéré des supports. Des solutions techniques existent déjà qui sont toutefois très chères et ne conduisent aujourd'hui qu'à des optimum techniques localisés. Il reste à identifier des solutions qui en améliorent l'équation économique et permettent d'envisager des optimum technico-économiques globaux.

Par ailleurs, nous avons évalué la performance acoustique de conducteurs après mise en œuvre d'un nouveau revêtement glaciophobe (limitant l'accumulation d'eau pouvant aussi être la cause

de génération de bruit par effet couronne). Cette solution a été abandonnée compte tenu de son impact négatif sur le bruit.

Réseaux à courant-continu : technologies nouvelles

Transformateurs DC/DC

RTE construit une collaboration avec des partenaires académiques pour développer et tester en laboratoire une maquette de transformateur DC/DC. Cette collaboration devrait être lancée début 2015

Postes électriques : technologies nouvelles

Disjoncteur sans SF₆

L'expérimentation en réseau de disjoncteurs 63 kV à vide s'est poursuivie en 2014 avec succès. Elle sera complétée en 2015 par des essais en laboratoire pour tester le comportement de ces matériels dans des configurations particulières contraignantes (coupure de courants fortement capacitifs ou inductifs).

Par ailleurs RTE examine les opportunités offertes par le gaz diélectrique G³ présenté par Alstom lors du CIGRE 2014, gaz développé en collaboration avec 3M et qui présente une contribution à l'effet de serre très sensiblement inférieure à celle du SF₆ (98% moindre).

2.1.2 Préparer l'intégration et le déploiement des équipements dans le réseau du futur

Enjeu : En partenariat avec les industriels, réaliser des démonstrations à une échelle suffisante pour analyser les coûts et bénéfices de l'innovation pour le système électrique

Le développement des performances des réseaux ou de celles des composants dont ils sont constitués ou le développement de nouveaux composants de réseaux sont des opérations industrielles lourdes qui doivent s'inscrire dans la durée.

Cela passe par une interaction étroite entre la R&D de RTE pour exprimer ses besoins, celle des fournisseurs de matériels ou services et l'outil industriel de ces derniers : pas de composants innovants sans perspectives industrielles. Pour que ces dernières se consolident, il est souvent nécessaire de passer par une étape de démonstration en réseau.

RTE compte jouer par sa R&D un rôle important pour éclairer ces perspectives en motivant l'étude et la réalisation de prototypes par les fournisseurs et en pilotant la réalisation de démonstrateurs. RTE a en 2014 à des stades différents été acteur de plusieurs projets de démonstrateurs en liaison avec les industriels concernés :

- projet Poste Intelligent dont l'objectif est d'explorer les fonctionnalités permises dans les postes par les évolutions technologiques en matière d'équipements HT, de systèmes de contrôle commande numérique et de systèmes de communication, les réaliser, les installer et les tester en conditions d'exploitation réelles sur un démonstrateur.
- projet Poste du Futur qui vise, via des démonstrateurs, à redessiner l'architecture fonctionnelle d'un poste électrique en réponse aux nouveaux besoins du système électrique, en intégrant à la conception les objectifs environnementaux et en intégrant les solutions technologiques envisagées dans les décennies à venir.
- projet Liaisons du Futur dont les démonstrateurs permettent de valider les nouvelles technologies de liaisons aériennes ou souterraines.

Résultats

Projet « Poste Intelligent »

Résultats attendus	Indicateurs Grid+	2013	2014	2015	2016
Spécification de la nouvelle architecture et de ses fonctionnalités	A - B, C, D	✓			
Spécification complémentaire : l'évaluation en temps-réel du comportement thermique des lignes (DLR)	A - B, C		✓		
Spécification de tous les composants HT et contrôle-commande	A - B, C, D		✓		
Validation sur le terrain de la fiabilité du modèle DLR	A - B, C			⚠	
Réalisation des tests de qualification des composants	A - B, C, D			⚠	
Livraison et installation des matériels sur site	A - B, C, D				⚠
Début de l'exploitation du démonstrateur et validation des fonctionnalités	A - B, C, D				⚠

Les postes sont les lieux privilégiés de :

- La configuration de la topologie d'exploitation du système électrique,
- La captation de la majorité des informations nécessaires à l'observabilité du système (tensions, courants, alarmes relatives au fonctionnement des composants essentiels, alarmes d'exploitation...),
- La réalisation des actions prises pour la protection, la défense ou le pilotage du système électrique.

Pour ce faire, ils sont aujourd'hui dotés de systèmes de contrôle-commande locaux s'inscrivant dans des logiques de décision exclusivement centralisées de niveau régional ou national, à l'exception d'actions locales de type « réflexe » réalisées par les protections (court-circuit, surcharges...) ou par quelques automatismes simples (réenclenchement...). L'architecture de leur système de traitement des informations est conçue dans cette logique et ne permet pas aisément le partage de données au sein du poste pour faciliter la mise en œuvre d'algorithmes de décision élaborés.

Les objectifs du projet Poste Intelligent sont précisément de mettre à profit les développements des technologies de la communication et du traitement de l'information pour explorer la faisabilité et l'intérêt de nouvelles fonctions locales résultant du traitement des données disponibles au sein du poste ou entre des postes voisins.

La colonne vertébrale du projet Poste Intelligent est constituée par la numérisation totale du contrôle-commande des postes impliquant celle de tous les signaux utiles, mesures, alarmes ou ordres. Cela a impliqué la spécification et la validation de :

- Transformateurs de mesure non conventionnels fournissant des mesures directement échantillonnées au format IEC 61850,
- D'interfaces de numérisation au format IEC 61850 des signaux analogiques fournis par transformateurs de mesure traditionnels,
- De coffrets ou d'armoires de communication spécifiques pour les appareils haute tension, sectionneurs, disjoncteurs ou transformateurs de puissance pour les interfacier au bus de communication de terrain toujours au protocole IEC 61850.

Ces spécifications et les tests des équipements associés ont été réalisés en 2014. Nous avons ainsi validé les nouveaux transformateurs de mesure normalisés IEC 61850. Même si ces spécifications ont été produites dans le contexte encore ponctuel du démonstrateur de Poste Intelligent, elles préfigurent ce que pourraient être les spécifications d'un poste tout numérique industriel.

Par ailleurs, l'ensemble des fonctions attendues au sein du démonstrateur ont été spécifiées. Leur intégration au sein des matériels par les différents partenaires industriels est en cours et fera l'objet de tests de validation en 2015 sur plateforme en usine préalablement à leur installation sur les sites de démonstration.

Projet « Poste du futur »

Résultats attendus	Indicateurs Grid+	2013	2014	2015	2016
Définition du concept Postes du futur (remise dossier en réponse à appel d'offre européen Horizon 2020)	A - B, C, F				
Spécifications détaillées des Postes du futur (pour réalisation en 2018)	A - B, C, F				

Ce projet a pour objectif de prolonger les développements en cours dans le cadre du projet « Poste intelligent » en intégrant dans l'ingénierie globale du poste l'optimisation de sa structure HT et les impacts environnementaux globaux du poste. La construction de ce projet en partenariat avec d'autres GRT européens ainsi que des industriels est en cours dans le cadre d'un appel d'offres européen avec un objectif de soumission d'une offre en mai 2015 (appel d'offres du programme cadre de recherche Horizon 2020).

Réseaux à courant-continu : projet « Best Paths »

Résultats attendus	Indicateurs Grid+	2013	2014	2015	2016
Définition d'un plan de protection pour les réseaux courant-continu (liaisons limitées à 200 km)	A - D				
Validation d'un prototype de disjoncteur courant-continu (160 kV)	A - D				
Spécification des tests de l'interopérabilité entre stations de conversion de différents constructeurs	A - C				
Définition d'un contrôle commande pour le réglage coordonné des transits sur un réseau courant-continu	A - B				
Validation des conditions d'interopérabilité de stations de conversion de différents constructeurs (simulations)	A - C				
Développement d'un système de protection complet pour les réseaux courant-continu	A - D				
Validation des conditions d'interopérabilité de stations de conversion de différents constructeurs (simulations sur équipements réels)	A - C				

Pour rappel Best Paths est un projet européen proposé par un consortium de 39 partenaires, TSO, industriels et académiques dans le cadre d'un appel d'offres de la Commission européenne avec pour objectif global la proposition de démonstrateurs de solutions permettant d'accroître la capacité d'accueil de l'énergie éolienne offshore.

Proposé en janvier 2013 la validation définitive du projet par la Commission n'a été obtenue qu'en fin 2014.

Au sein de ce projet RTE est impliqué dans 2 démonstrateurs :

- Interopérabilité de systèmes de conversion AC/DC de type VSC provenant de différents constructeurs. Piloté par RTE ce démonstrateur a pour objectif d'identifier et de caractériser les propriétés essentielles d'un convertisseur VSC pour garantir son fonctionnement harmonieux au sein d'un réseau HVDC. Ces caractéristiques pourront constituer des éléments des futures normes d'interopérabilité des convertisseurs VSC et les spécifications en découlant. Le démonstrateur est conduit en partenariat avec les 3 constructeurs européens Siemens, ABB et Alstom.
- Liaison supraconductrice à base de MgB₂ (cf. §2.3.1). Pour ce démonstrateur piloté par NEXANS, RTE interviendra sous l'angle de l'intégration d'une telle liaison dans le système électrique, intégration électrotechnique en premier lieu mais aussi en termes d'acceptabilité par les tiers.

Liaisons du futur : démonstrateurs

Nouveau concept de liaison HTB1

RTE étudie depuis 2013, deux démonstrateurs d'une nouvelle solution de liaison aérienne en HTB1 (simple et double terre). Cette nouvelle solution pour l'ingénierie, adaptée au renouvellement des lignes aériennes existantes fait appel à des solutions technologiques innovantes en termes électrotechnique et mécanique : supports monopodes isolants en matériau composite, isolateurs line-post, parafoudres sans intervalle d'air. Elles ont impliqué une remise à plat des règles de dimensionnement mécanique et un réexamen complet des principes de coordination d'isolement pour s'inscrire dans les prescriptions de l'Arrêté Technique.

En 2014 la conception des solutions simples terre a été finalisée (finalisation de l'analyse de la coordination des isolements de la ligne, définition des conditions de mise à la terre). Elle se poursuivra en 2015 par des essais en laboratoire et par les études relatives aux solutions à double terre.

Transposition des câbles souterrains

La technique de transposition des phases d'une liaison souterraine est classiquement utilisée pour équilibrer et maximiser sa capacité de transit. Toutefois, les 'chambres de transposition' sont nécessairement vastes (rigidité des conducteurs) et donc coûteuses.

Un principe de permutation innovant appliqué non pas aux conducteurs mais aux écrans des câbles, éléments de mise à la terre de la liaison, a été étudié en 2014. Les connexions des écrans étant plus souples, elles conduisent à des chambres de permutation réduites. L'étude a conclu à une performance moindre qu'une transposition classique mais suffisante pour une liaison souterraine simple circuit. Après validation théorique sur modèle numérique des gains à attendre, puis de leur validation expérimentale sur Boutre – Trans 225 kV (filet PACA), le transfert opérationnel de la solution a été opéré en en faisant désormais la règle de pose.

Action débutée en 2014 mais résultats attendus en 2015 sur le sujet : pour les LS double circuits, la transposition classique des phases reste nécessaire (une réglementation plus contraignante prendra effet en avril 2015), les travaux R&D ont pour but d'optimiser le système de transposition pour réussir à le réaliser dans une chambre d'encombrement réduit.

2.1.3 Le Contrôle-Commande des postes

Enjeu : Dans le contexte d'évolution profonde des conditions de fonctionnement du système électrique induites en particulier par l'accroissement de la part de production éolienne ou photovoltaïque garantir la sécurité du réseau face aux défauts dont il peut être affectés et la sûreté du système électrique face aux incidents de grande ampleur

Les réseaux d'énergie peuvent être l'objet de défauts électriques qui doivent impérativement être éliminés avec le minimum de conséquences pour le système électrique, ce qui implique une grande rapidité d'action (quelques dizaines de ms) et une grande précision pour n'éliminer que l'élément de réseau strictement en défaillance. Ceci est aujourd'hui réalisé par des protections locales associées à chaque équipement haute tension et qui doivent impérativement être étroitement coordonnées : C'est le plan de protection.

Suite à des enchaînements de circonstances rares mais contraignant un système électrique peut être le siège de défaillances profondes et de grande amplitude. La maîtrise de ces incidents passe par des actions multiples et potentiellement sur une grande étendue géographique. Ces actions sont aussi coordonnées : C'est le Plan de défense.

Ces plans sont basés aujourd'hui sur des équipements locaux et faiblement communicants et dont les actions sont coordonnées par des règles définies a priori. L'émergence de nouvelles technologies de l'information permet d'envisager des solutions plus souples et adaptables en temps réel à la séquence véritable à l'origine de l'incident. Les nouveaux plans reposeront très certainement sur un déploiement plus important de la numérisation des fonctions au sein du contrôle-commande des postes mais également à un degré à définir entre postes d'une même zones. Cette évolution vers une numérisation étendue des processus amène à réexaminer l'architecture des systèmes de contrôle-commande pour optimiser leurs performances et la gestion des échanges d'informations. L'interopérabilité des

équipements par le choix de normalisations adaptée sera un point essentiel sur lesquels les GRT doivent avoir une vigilance particulière.

Ces évolutions vers le numérique sont aussi l'occasion de repenser l'optimisation du contrôle-commande des infrastructures du réseau électrique. Elles auront aussi un impact sur les chaînes de comptage avec des questions nouvelles en termes de précision, d'accessibilité aux données de comptage mais aussi en termes réglementaires.

Résultats

Résultats attendus	Indicateurs Grid+	2013	2014	2015	2016
Mise en place d'une plateforme de simulation temps-réel des systèmes de protection et de contrôle-commande	A - B, D	✓			
Synthèse des travaux sur la localisation automatique de défaut	A - D	✓			
Mise en place d'une plate-forme d'essais dédiée aux communications CEI 61850	A - B, D		✓		
Schémas cibles de plans de protection et de défense du système électrique	A - D				⚠
Schémas cibles d'architecture de contrôle-commande	A - B, D				⚠
Evaluation des futurs plans de protection et de défense du système électrique	A - D				⚠
Evaluation des futures architectures de contrôle-commande	A - B, D				⚠

L'étude d'impact des évolutions du réseau électrique sur les systèmes de protection et de défense a débuté. Les évolutions prises en compte sont l'augmentation de la production décentralisée et la généralisation des injections via des convertisseurs électroniques. Les deux premiers livrables sont en cours de rédaction et seront disponibles en février 2015 : identification des impacts fonctionnels potentiels et identification de solutions correspondantes. L'analyse réalisée confirme que les nouvelles conditions de réseau influent effectivement sur les plans de protection et de défense. Pour autant, il apparaît que seules des études détaillées, notamment par simulation, et ultérieures, permettront de quantifier la profondeur et l'étendue des conséquences, et ceci en fonction des niveaux de tension considérés.

Un état de l'art des solutions industrielles et universitaires a été effectué. Il a été étendu aux autres domaines que les réseaux électriques.

L'étude relative à l'architecture du contrôle commande des postes s'est également poursuivie avec la mise en place d'une plateforme d'essais, autour d'un réseau de poste utilisant la norme CEI 61850 et assurant la communication entre protections de constructeurs différents. Cette plateforme permet de valider le passage d'une architecture câblée filaire à une architecture numérique, y compris pour des informations à haute criticité (déclenchement, ...) en sûreté et rapidité. Elle s'appuie sur des outils de configuration et d'observation multifournisseurs. En 2014, les essais de performance et d'endurance d'un réseau de poste CEI 61850 se sont avérés concluants. Nous avons par ailleurs proposé des évolutions de la norme pour intégrer les données de monitoring des équipements HT.

L'année 2014 a également permis de débiter un état de l'art des architectures de contrôle commande notamment sur le thème de la sécurité informatique ou de la preuve formelle de logiciels de haute sécurité.

En 2014, la composante comptage numérique de la plate forme CEI 61850 a été mise en place. Il s'agit de valider la possibilité technique d'utiliser des compteurs à entrée numérique dans le contexte du possible déploiement des réducteurs de mesure non conventionnels et des réseaux de terrain numériques. Une méthodologie de test a été définie ainsi que la préparation d'expérimentations.

2.2 Programme Gestion des actifs

Maximiser la durée de vie et optimiser le renouvellement de son outil industriel requiert de RTE le développement et la mise en œuvre de politiques de maintenance et de renouvellement des matériels et logiciels appliquées aux différents constituants du réseau électrique de transport.

Les enjeux associés sont considérables tant du point de vue sûreté, sécurité, financier, organisationnel.

Les progrès effectués dans les domaines de l'informatique et des télécommunications (base de données, techniques de simulation), des mathématiques appliquées (modélisation, exploration des bases de données) et du monitoring des composants rendent possible la mise en œuvre de nouvelles politiques.

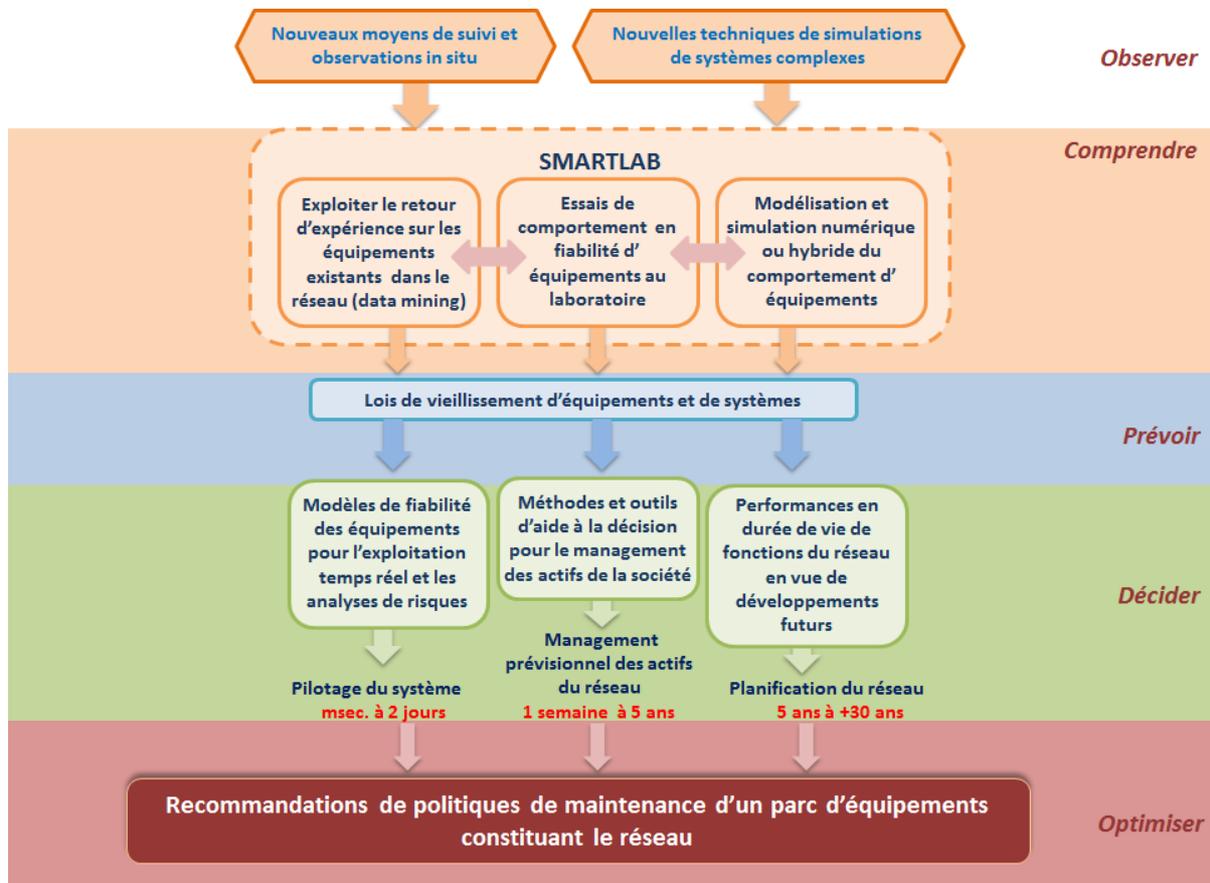


Figure 2 : stratégie de R&D pour le management des actifs de RTE

Ce programme de recherche, nouveau pour RTE, est donc bâti autour de cinq ambitions :

- 1) **Observer le comportement réel des équipements dans le réseau** en s'appuyant sur les nouvelles technologies (capteurs, IT...) pour développer le monitoring et des outils de diagnostic performants (par exemples les drones, robots).
- 2) **Comprendre et prévoir le vieillissement des équipements** notamment via la simulation numérique, le traitement en masse de données, ou de façon expérimentale via des essais en laboratoires (projet Smartlab).
- 3) **Prévoir le vieillissement des composants**, en intégrant, grâce à la modélisation, des lois de comportement dans des situations hors normes (et bien souvent difficilement reproductibles expérimentalement)
- 4) **Aider à la décision d'utilisation des équipements** aux trois échelles de temps
 - En mode pilotage, de façon à tenir compte de la probabilité de défaillance d'équipement et de l'analyse de risque qui en découle,
 - En mode maintenance, de façon à optimiser les plans de maintenance et d'intervention qui intègrent l'arrivée de nouveaux moyens d'information,

- En mode développement de réseau, de façon à accroître la durée de vie des nouveaux équipements sans impacter la sûreté du système électrique, mais aussi préparer leur remplacement sans impacter le fonctionnement du réseau.

5) **Optimiser le système électrique** en proposant des évolutions de politiques de maintenance et de renouvellement des équipements (matériels et logiciels) en s'appuyant sur des techniques de simulation des systèmes complexes.

Les connaissances à acquérir concernent donc :

- la durée de vie des composants dans leur environnement à la maille de l'ouvrage individualisé et non plus moyennée sur l'ensemble du parc (en couplant simulations, données statistiques, essais en laboratoires), et leur prédiction par simulation ;
- le développement de méthodes d'aide à la décision pour l'optimisation des actifs de RTE en combinant les données de fiabilités de composants et les risques réseau, l'objectif étant de maximiser le service rendu par chaque ouvrage.

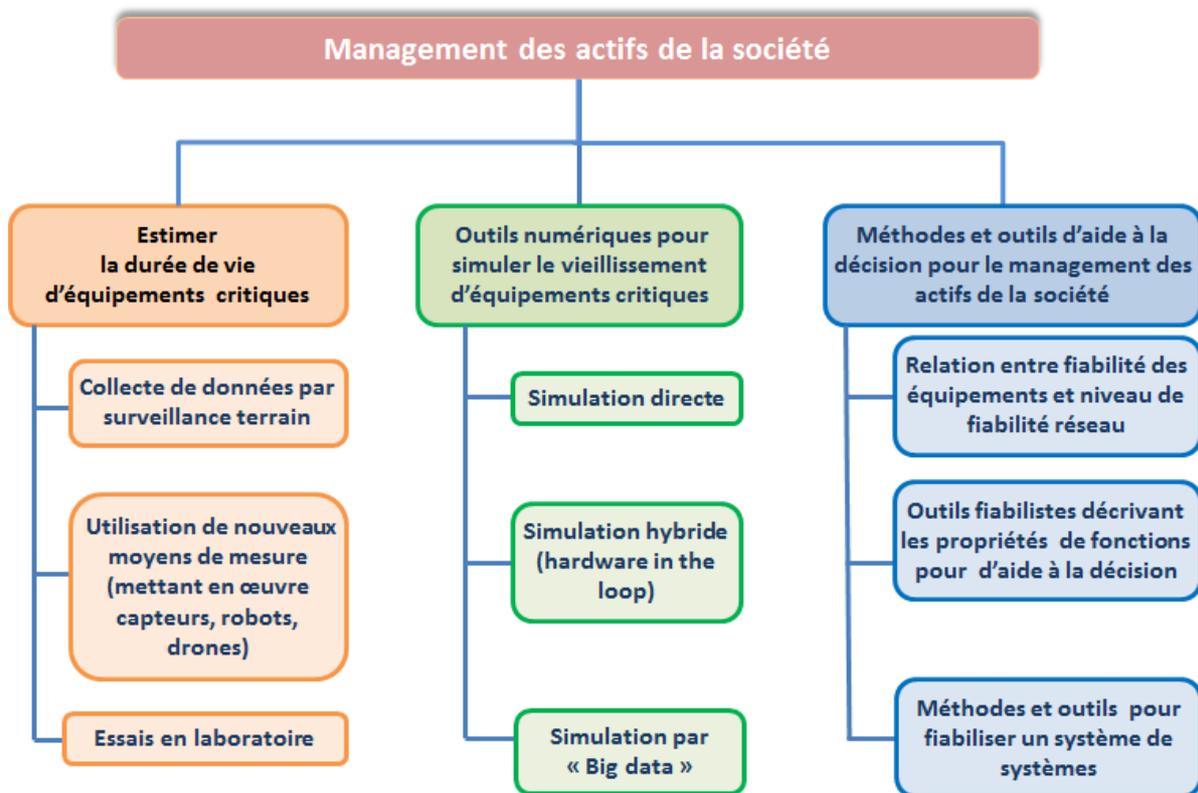


Figure 3 : organisation de la R&D pour des développer des méthodes nouvelles de management des actifs de RTE

Pour le programme Gestion des Actifs, 29 jalons ont été définis à travers 4 thématiques.

Comme le synthétise le tableau ci-dessous, les jalons de ces travaux identifient des contributions de premier ordre (i.e. en vert dans le tableau) dans des recherches visant à l'amélioration de la « Durée de vie des infrastructures » ; tandis que, parallèlement, les jalons de certains de ces travaux (en noir dans le tableau ci-dessous) apportent également une contribution, mais de second ordre, dans des recherches visant à l'amélioration des items suivants : "Sûreté d'alimentation / Qualité de l'électricité", "Flexibilité du système électrique" et "Capacité d'accueil".

Indicateurs issus de GRID+		Moyens d'observation	Monitoring	Durée de vie	Smartlab	Total	Avancement
Increased network capacity at affordable cost	Capacité du réseau	A		1/2		1/2	50%
Increased system flexibility at affordable cost	Flexibilité du système électrique	B	0/4			0/4	0%
Increased hosting capacity & Reduced energy curtailment of RES and DER	Intégration de la production renouvelable	C				0/0	0%
Power quality and quality of supply	Sûreté d'alimentation Qualité de l'électricité	D	2/7	0/1		2/8	25%
Extended asset life time	Durée de vie des infrastructures	E	2/7	0/4	3/10	2/8	24%
	Environnement	F				0/0	0%
Avancement						23%	

D'après le suivi des indicateurs, le programme Gestion des Actifs a atteint, fin 2014, **23% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

2.2.1 Obtenir des données expérimentales sur la durée de vie d'équipements critiques

Enjeu : Combiner essais de laboratoires et collecte de données sur site réel pour comprendre expérimentalement les lois de vieillissement des composants

La connaissance des lois de vieillissement des composants du réseau électrique est un des piliers des politiques de maintenance des infrastructures. Ces lois s'obtiennent via :

- de nouveaux moyens de collectes de données utilisant des nouveaux moyens d'observation et de mesure (mettant en œuvre capteurs, drones, robots...). Les expérimentations déjà réalisées sur la robotisation des opérations de maintenance seront complétées par des démonstrations, en lien avec les équipes de RTE, d'opérations de maintenance pouvant tirer parti du fort développement des drones, dans un nouveau cadre réglementaire plus favorable,
- l'utilisation de l'ensemble des données collectées par les capteurs installés sur le réseau,
- des essais en laboratoires électriques sur des équipements neufs, prélevés sur le réseau ou sur des matériels défaillants,
- des essais en laboratoires physico chimiques sur des composants soumis à des environnements maîtrisés.

Trois projets de R&D sont lancés dans ce domaine :

1. Moyens d'observation et outils innovants de la maintenance (drones, robots, satellites...),
2. Monitoring des infrastructures (capteurs et systèmes de mesure permanent),
3. Durée de vie du réseau.

Résultats

Moyens d'observation et outils innovants de la maintenance

Résultats attendus	Indicateurs Grid+	2013	2014	2015	2016
Preuve de concept d'utilisation de robots (<u>Linescout</u> , <u>Linevue</u> ...)	E - D	✓			
Drones à portée de vue pour diagnostic de liaisons aériennes	E - D		✓		
Drones à portée de vue pour diagnostic de postes électriques	E - D				
Prototype de diagnostic robotisé pour les câbles aluminium-acier	E - D				
Prototype de diagnostic robotisé pour les manchons	E - D				
Imagerie aéroportée 3D des liaisons aériennes (diagnostic de la structure de l'ouvrage et de la végétation)	E - D				
Faisabilité de l'utilisation de satellites pour diagnostic post-tempête	E - D				

En matière de moyens d'observation, l'année est marquée par le transfert au métier maintenance du drone en vol à vue, équipée d'une caméra vidéo. Cette étape marque la fin d'une première phase de R&D où le marché apporte des solutions proches du transfert. Un pôle de compétences drones a été structuré au sein de RTE pour la mise en œuvre de ce type de solutions.

Drones

Les cas d'usage du drone en vol à vue dans le cadre de la maintenance des liaisons aériennes ont été identifiés et la suite de la démarche est prise en charge par le métier. Le drone pour la maintenance des postes sera transféré au début de l'année 2015.

La suite de la démarche consiste à faire appel à une R&D externalisée pour développer des solutions spécifiques de la surveillance et de la maintenance du réseau de transport. Les études devant aboutir à un cahier des charges d'une consultation ont été commencées au cours du dernier trimestre.

RTE finance une chaire de l'Université Pierre et Marie Curie sur les drones dont les équipes vont participer au Challenge Euroc en partenariat avec l'ONERA. Le cas d'usage objet du Challenge est celui d'un drone évoluant par lui-même dans l'environnement Postes vers la zone d'avarie pour effectuer un pré-diagnostic.

Diagnostic robotisé

Un cahier des charges pour le développement d'une solution de diagnostic de la corrosion des câbles alu-acier a été élaboré. Le but est d'obtenir un prototype démonstratif d'un passage au stade industriel.

RTE finance une seconde chaire de l'Université Pierre et Marie Curie ayant trait aux robots d'intervention dont les équipes vont participer au concours de robotique collaborative (ou cobotique) sur le cas d'usage suivant : transport d'une charge lourde par un binôme humain/robot).

Nouveaux capteurs

La recherche de partenaires pour développer des capteurs adaptés, pouvant être intégrés dans des solutions de monitoring ou dans des moyens de diagnostic a donné lieu à de la prospection. La cible est de signer un contrat de collaboration dans le courant de l'année 2015.

Monitoring

Résultats attendus	Indicateurs Grid+	2013	2014	2015	2016
Etat de l'art des solutions de monitoring applicables aux infrastructures de transport d'électricité	E - B				
Concours sur les innovations en monitoring : désignation des 4 lauréats	E - B				
Concours sur les innovations en monitoring : Expérimentations en laboratoire ou sur site	E - B				
Moyens de diagnostic pour liaisons sous marines et sous terraines de grande longueur	E - B, D				

Un projet monitoring a été gréé en vue de donner de la cohérence aux actions différentes menées sur le sujet et aller chercher des solutions innovantes. L'objectif est de fournir des éléments de démonstration pour faire des choix en matière de monitoring des installations existantes. Ainsi, dans le cadre des chantiers de la nouvelle France Industrielle Réseau Electrique Intelligent, en lien avec Smartgrid France, RTE organise un concours d'idées sur des solutions innovantes de monitoring. Ce concours s'adresse aux petites structures : start-up, PME... Le concours sera publié au début de l'année 2015.

Durée de vie du réseau

Pour ce qui concerne les études de durée de vie fondées sur une approche expérimentale, l'année 2014 a été consacrée à construire et renforcer les partenariats, sur deux sujets :

- les mécanismes de dégradation des matériaux métalliques, avec la signature d'un contrat de collaboration avec le CEA/DEN,
- le comportement mécanique des liaisons aériennes, avec la reconduction pour 3 ans de la chaire portée par l'université de Sherbrooke, co-financée par Hydroquébec.

Par ailleurs, la connaissance du comportement thermique des liaisons souterraines en fonction de leur environnement, reste un sujet majeur compte tenu du fort développement de cette technologie, en alternatif comme en continu.

Vieillessement des matériaux

Le contrat de collaboration avec le CEA est entré dans sa phase active en fin d'année. Trois actions de recherche sur les phénomènes de corrosion sont engagées :

- Etablir une « loi de comportement » permettant d'évaluer le vieillissement des câbles aériens, intégrant les paramètres jugés d'intérêt ayant un impact sur la cinétique de vieillissement.
- Réaliser une expertise des causes de corrosion des chaînes d'isolateurs.
- Evaluer les processus de corrosion des écrans en aluminium lorsqu'un défaut de gaine est présent, en fonction d'une part de la nature du sol et d'autre part de la tension induite au niveau de cet écran par le courant qui circule dans l'âme.

Parmi les technologies émergentes, le vieillissement des isolants synthétiques utilisés dans les câbles à courant continu fait l'objet d'une thèse en cours qui aboutira en 2016.

Les isolateurs en composite relativement peu répandus sur le réseau de RTE ont fait l'objet d'un état de l'art en vue de mieux appréhender les mécanismes qui peuvent les altérer.

S'agissant de technologies répandues, les isolants huile-papier présentent des phénomènes de dégradation difficiles à modéliser. Nous sommes en discussion avec un partenaire universitaire sur ce sujet.

Par ailleurs, les études sur le vieillissement des manchons à coincement conique ont été reprises sur la base de modèles développées il y a plusieurs années.

Enfin, en 2014, l'effet des courants induits par les liaisons souterraines sur les bétons armés et les canalisations a fait l'objet d'essais en laboratoires. Le projet porte l'expertise sur le niveau de dégradation des bétons.

Vieillessement des composants et systèmes de liaisons souterraines

Résultats attendus	Indicateurs Grid+	2013	2014	2015	2016
Etude de réutilisation des fourreaux lors de la réhabilitation des liaisons souterraines	E	✓			
Modèle de vieillissement des extrémités en porcelaine des liaisons souterraines (connexion entre la partie aérienne et souterraine)	E		✗		
Caractérisation thermique des câbles souterrains : analyse des propriétés des sols et de l'influence des modes de pose	E - A		✓		
Modèle de vieillissement des isolants de câbles souterrains sous tension continue	E			⚠	
Modèle de vieillissement des écrans de câbles souterrains	E			⚠	
Modèle d'échauffement des câbles souterrains armés	E - A				⚠

L'étude relative aux extrémités porcelaine, conduite sur la base d'essais en laboratoires, n'a pas été concluante. La recherche d'un moyen de diagnostic n'a pas abouti et les dispositions correctives n'ont pas passé avec succès les tests diélectriques. Les études vont reprendre pour développer d'autres solutions.

L'échauffement des câbles a un impact majeur sur leur capacité de transit et sur leur durée de vie. Plusieurs études contribuent à progresser sur le thème de la maîtrise de l'échauffement des câbles et à

améliorer nos modèles numériques : les pertes dans les armures des câbles sous-marins, qui seront poursuivies en 2015, la caractérisation des sols français au plan thermique, et qui a livré ses résultats en 2014. Le transfert aux équipes d'ingénierie de RTE interviendra en 2015.

Sur le même sujet, une étude fondée sur le traitement croisé des données de monitoring thermique par fibre optique et d'autres données a été engagée pour dégager des marges en exploitation sur les capacités des liaisons.

Viellissement des composants et systèmes de liaisons aériennes

Résultats attendus	Indicateurs Grid+	2013	2014	2015	2016
Modèle mécanique de pylône treillis	E				
Modèle de corrosion des câbles aluminium-acier	E				
Modèle de vieillissement des manchons (connexions entre câbles aériens)	E				
Modèle de vieillissement des isolateurs composites	E				

La chaire de Sherbrooke sur la mécanique et des liaisons aériennes a poursuivi ses travaux selon les axes du programme prévu: structures; effet du vent; fondations; confinement des ruines; mécanique des conducteurs. Les travaux ont notamment répondu à différents sujets d'intérêt pour RTE, tels que le renforcement des structures treillis par des matériaux composites, le calcul des charges de vent sur les structures de lignes, la prédiction et le confinement des ruines.

Pour 2014, le résultat le plus attendu était la mise au point d'un simulateur hybride pour les pylônes treillis. Il permettra de placer dans un environnement simulé des sous-ensembles de pylônes et de les soumettre à des contraintes mécaniques selon des scénarios représentatifs.

Au-delà de la production de savoir, la chaire supporte un groupe de recherche sur la modélisation utilisant le logiciel libre Code Aster. Les chercheurs de RTE sont intégrés dans ce groupe, et bénéficient de cet environnement dynamique pour monter en compétence sur ce domaine.

Enfin, la chaire étant arrivée à échéance, il a été décidé, en accord avec Hydroquébec, co-financeur de la chaire, de la reconduire pour une durée de 3 ans.

Matériels de postes

Nous avons poursuivi les investigations sur les combinés de mesure à isolement papier-huile, à la suite des dégradations de ces équipements rencontrées sur le réseau en 2012 et 2013 notamment. Les essais ont porté sur leur comportement en température, avec des degrés variables de saturation en eau du papier. La méthode de caractérisation de l'état de l'isolant par tangente delta fréquentielle a été validée.

Travaux sous tension

Des essais sont aussi menés dans le cadre de l'évolution des méthodes de maintenance en travaux sous tension. Concernant les travaux sous tension continue, nous avons poursuivi les études en vue de définir les limites garantissant la sécurité pour les opérateurs.

Pour les travaux sous tension alternative, nous sommes en cours de réévaluation de la règle dite du volume de révolution en HTB définissant les Conditions d'Exécution du Travail (CET). En 2014, les investigations ont porté sur le déplacement d'une pièce de "petites dimensions" à proximité d'une chaîne de suspension isolante pour définir les limites d'influence de cette pièce.

En complément, nous avons finalisé les modalités de contrôle périodique de la Plateforme Elévatrice Mobile de Personne utilisé pour certains travaux sous tension dans les postes.

2.2.2 Prévoir par simulation le vieillissement de composants

Enjeu : Disposer de techniques de modélisation et simulation qui permettent de prédire le vieillissement d'équipements critiques

Plusieurs approches de modélisation / simulation ont déjà été développées et testées dans différents domaines des sciences de l'ingénieur (mécanique, génie civil). Dans le domaine du génie électrique, des méthodes existent pour la conception de composants (approches hybrides). Il s'agit donc de rechercher la meilleure combinaison possible (simulation directe, hybride, ou de type «Big Data⁴») pour doter RTE d'une capacité de prédiction qui vienne en complément de la partie essais en laboratoire et collecte de données terrain.

Cette thématique est une des deux thématiques du projet Smartlab.

L'année 2014 a permis de valider les principes du projet à travers des études « preuves de concept », de commencer à construire les briques nécessaires à la constitution d'une plate forme Smartlab.

Résultats

Projet Smartlab : Simulation et analyse Big Data

Résultats attendus	Indicateurs <u>Grid+</u>	2013	2014	2015	2016
Reconstitution de moyens d'essais externes et internes	E				
Simulateur hybride de liaisons aériennes (sans vieillissement)	E				
Simulateur hybride de liaisons aériennes (avec vieillissement câble)	E				
Etat de l'art des modèles numériques de vieillissement des ensembles papier/huile	E				
Preuve de concept d'outil d'aide à la décision pour la gestion des actifs par l'utilisation de la théorie des systèmes complexes	E				
Version beta d'outil d'aide à la décision pour la gestion des actifs par l'utilisation de la théorie des systèmes complexes	E				
Outil d'aide à la décision pour la gestion des actifs par l'utilisation de la théorie des systèmes complexes	E				
Plate-forme de type <u>big data</u> pour la gestion des actifs	E				

En termes de démonstration, les études suivantes ont livré leurs résultats en 2014 :

Simulation numérique des structures de liaisons aériennes

Comme déjà cité précédemment, dans le cadre de la chaire de l'Université de Sherbrooke, nous avons finalisé un simulateur hybride (permettant l'application, en temps réel, sur de véritables structures, des forces calculées) qui a été validé pour les pylônes treillis via un rejeu de la tempête de 1999.

Charpentes de poste électrique

Etude par simulation numérique des efforts électrodynamiques sur des structures de postes soumises à des courants de court circuit. La simulation a été menée sur le logiciel Samcef. Les résultats ont été validés par des essais en laboratoires. Cette étude montre que les structures disposent de marges de dimensionnement vis-à-vis des courants de court-circuit telles que le renouvellement peut être repoussé.

Modèle d'accrétion de neige collante

Etude concernant les charges de neige collante. L'objectif est de fournir pour les zones de plaines (altitude inférieure à 500m) une formule permettant d'associer une charge de neige à une probabilité d'apparition annuelle. Les relevés de 87 stations météorologiques réparties sur tout le territoire métropolitain ont été utilisés, ce qui permet de proposer une formule par département. Les modèles ont été validés sur la base des événements réels intervenus sur le réseau. Ils vont permettre de prévoir et de simuler l'impact de ce phénomène sur nos infrastructures.

⁴ Modélisations de type statistique basées sur l'utilisation de grands volumes de données

2.2.3 Développer des méthodes et outils d'aide à la décision pour le management des actifs de RTE

Enjeu : Améliorer la pertinence des décisions en termes de management d'actifs aux trois horizons de temps

La maintenance courante consiste, à ce jour, en des actions préventives systématiques et programmées, utilisant des valeurs moyennes sur les performances de fiabilité de familles homogènes de composants, sans prendre en compte les sollicitations réelles sur les matériels ni l'impact de la défaillance d'un ouvrage qui dépend de sa localisation. La prise en compte effective de ces paramètres constitue alors une piste d'amélioration permettant d'intégrer les exigences croissantes de flexibilité du réseau.

De leur côté, les exploitants et les développeurs managent le risque de façon statistique par ouvrage. Il s'agit donc de bâtir les outils d'aide à la décision qui permettent de faire des arbitrages budgétaires entre les trois horizons de temps typiques des trois fonctions clés de RTE. Ceci nécessite :

- un référentiel unifié de lois de vieillissement,
- une maintenance de type prédictive,
- une liaison formelle entre fiabilité des composants et fiabilité des ouvrages.

Cette thématique est la seconde thématique du projet Smartlab. Ainsi, en vue de constituer les premières briques de cette future plate forme d'optimisation de la gestion des actifs, la capacité d'un outil fondé sur la théorie des systèmes complexes à représenter des interactions dynamiques entre politiques a été évaluée. Les conclusions d'un démonstrateur ont été favorables et conduisent à s'orienter sur ce type de solution pour constituer socle de la future plate forme.

En complément, un projet européen (GARPUR⁵) a démarré en septembre 2013 pour permettre de revisiter, en lien étroit avec le développement de la plate-forme iTesla, les règles de sûreté et le management des risques aux différentes échéances temporelles caractéristiques des fonctions des GRT : développement du réseau, gestion des actifs et exploitation du système, gestion des actifs et développement du réseau. RTE est responsable de la partie centrale consacrée au management prévisionnel des actifs. L'idée directrice est de tester de nouvelles règles de sûreté probabilistes ; rendues possibles grâce aux progrès effectués dans le domaine informatique (base de données et leur modes d'exploration), mathématiques appliquées (optimisation notamment) et monitoring des composants, mais aussi rendues nécessaires pour prendre en compte le risque précis de défaillance d'un type d'équipement (ligne, cellule) ou d'une source de production.

Résultats

Projet SmartLab : Plateforme d'optimisation des politiques d'actifs

Une société a développé une plate forme logicielle fondée sur la théorie de systèmes complexes. Le contrat signé avec cette société en 2013 avait pour objet de réaliser un démonstrateur prouvant la faisabilité de décrire des politiques techniques et leurs interactions sur un tel outil. Les résultats livrés ont été concluants. Un deuxième contrat de prestation visant à développer une version bêta proche d'un outil opérationnel a été signé. Les résultats seront livrés en 2015.

Projet GARPUR

Le projet européen GARPUR démarré en 2013 vise à revisiter la règle actuelle de sûreté sur l'ensemble des horizons temporels du long terme au court terme : développement du réseau, gestion des actifs et exploitation du système.

En 2014, les travaux ont été lancés sur la représentation de ces trois fonctions opérationnelles des GRT. RTE est responsable de la partie portant sur la gestion des actifs. L'organisation et les objectifs du projet ont été clarifiés avec l'ensemble des partenaires. Une enquête a été lancée auprès des GRT afin de faire, dans un premier temps, un état des lieux des pratiques actuelles et de leurs limites. Cet état des lieux sera finalisé en 2015 afin d'engager, dans un second temps, les travaux de recherche dans le domaine. Le projet d'une durée de quatre ans se finira en 2017.

⁵ GARPUR : Generally Accepted Reliability Principle with Uncertainty modelling and through probabilistic Risk assessment

2.3 Programme Système Electrique

L'optimisation en continu du système électrique nécessite d'examiner toutes les sources d'amélioration sur les trois couches du réseau (matériel, logiciel et marché) et ceci pour les trois constantes de temps du système (exploitation-court terme, management des actifs-moyen terme, et développement réseau long terme).

Le schéma ci-dessous résume les interactions entre les cinq pôles de compétences, qui, en combinant les fonctions de l'opérateur et les niveaux d'optimisation, permettent de proposer des options nouvelles d'optimisation aux Directions opérationnelles de RTE.

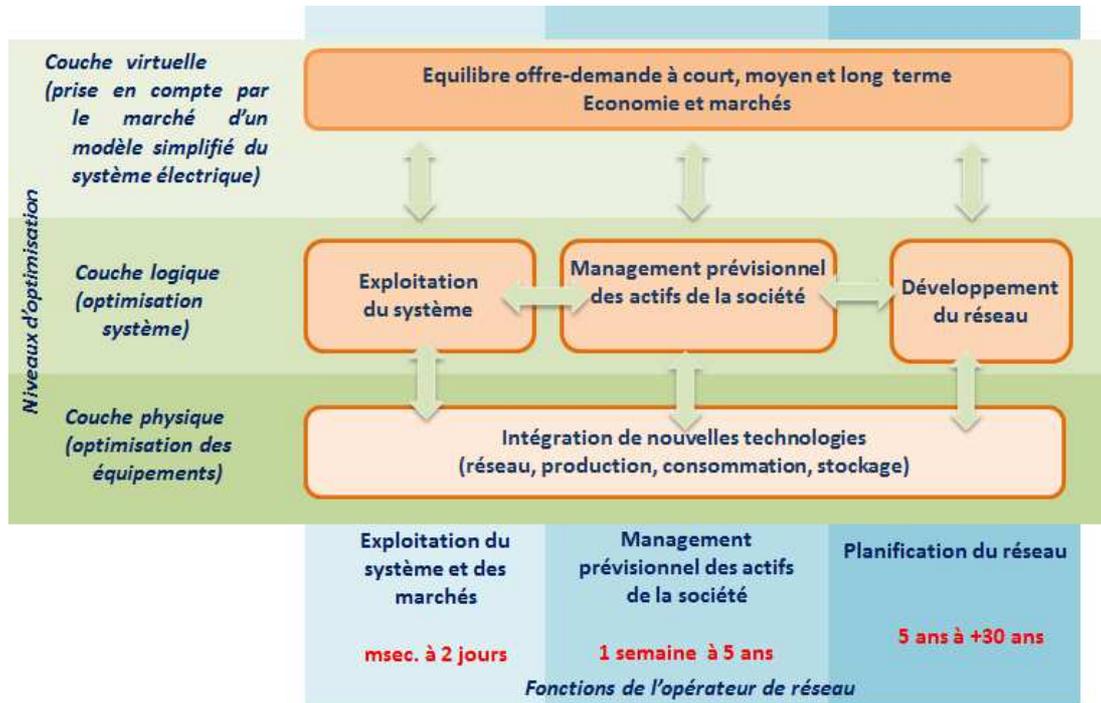


Figure 6 : Une organisation matricielle pour optimiser le système électrique en continu

Pour le programme Système Electrique, 29 jalons ont été définis à travers 4 thématiques.

Comme le synthétise le tableau ci-dessous, les jalons de ces travaux identifient des contributions de premier ordre (i.e. en vert dans le tableau) dans des recherches visant à l'amélioration des items : « Intégration de la production renouvelable », « Flexibilité du système électrique » et « Sûreté d'alimentation / Qualité de l'électricité ». Parallèlement, les jalons de certains de ces travaux (en noir dans le tableau ci-dessous) apportent également une contribution, mais de second ordre, dans des recherches visant à l'amélioration de l'item suivant : « Capacité d'accueil ».

Indicateurs issus de GRID+		Codes de simulation & plates-formes d'étude	Exploitation du futur	Développement futur du réseau	Equilibre offre-demande du futur	Total	Avancement
Increased network capacity at affordable cost	Capacité du réseau	A	0/1	2/4	3/5	5/10	50%
Increased system flexibility at affordable cost	Flexibilité du système électrique	B	2/5	3/9	3/5	8/19	42%
Increased hosting capacity & Reduced energy	Intégration de la production renouvelable	C	4/9	3/9	3/5	13/29	45%
Curtailment of RES and DER	Sûreté d'alimentation	D	4/9	3/9	3/5	13/29	45%
Power quality and quality of supply	Qualité de l'électricité						
Extended asset life time	Durée de vie des infrastructures	E				0/0	0%
	Environnement	F				0/0	0%
Avancement						45%	

D'après le suivi des indicateurs, le programme Système Electrique a atteint, fin 2014, **45% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

2.3.1 Intégrer de nouvelles technologies dans le système électrique (réseau de transport, production, consommation, stockage)

Enjeu : disposer d'une boîte à outils de simulation qui permet de modéliser, simuler et optimiser l'impact de toute nouvelle technologie intégrant le système électrique

L'opérateur de réseau doit valider l'intégration de fonctions ou technologies nouvelles dans le réseau de transport :

- **Fonctions, composants et technologies nouvelles de transport** (comme par exemple les lignes à courant continu HVDC de nouvelle génération),
- **Nouveaux modes de production d'électricité** (éolien, photovoltaïque, ...),
- **Nouveaux modes de consommation** (effacement ou décalage de consommation),
- **Infrastructures de stockage.**

Cette validation nécessite de modéliser les composants, d'intégrer ces modélisations dans les codes de calcul et plates-formes d'étude puis de procéder aux analyses du fonctionnement du système électrique du futur.

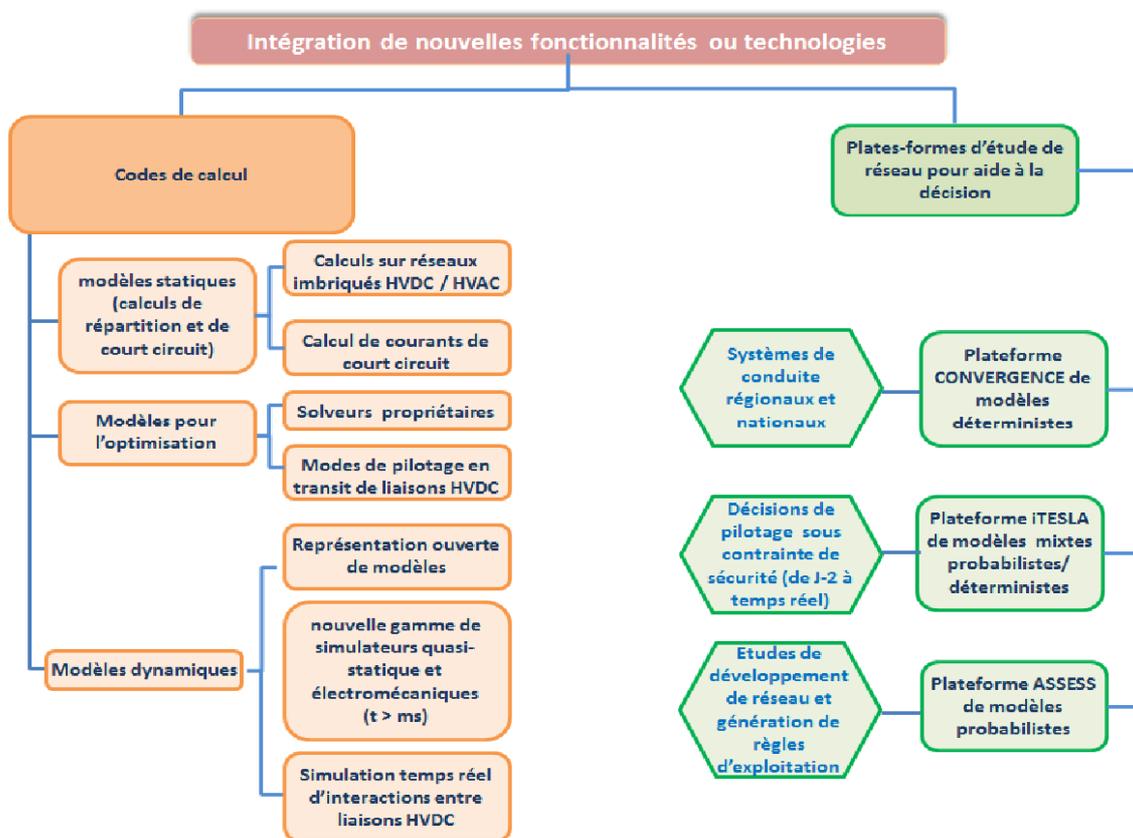


Figure 7 : Organisation des thèmes de R&D en vue de l'intégration de nouvelles fonctionnalités ou technologies dans le réseau de transport

Les connaissances nouvelles à acquérir concernent donc globalement l'amélioration continue des techniques de modélisation, de simulation, optimisation et contrôle en vue de leur utilisation au quotidien dans les trois fonctions de RTE. RTE doit donc disposer de moyens de modélisation et simulation qui permettent :

1) **de comprendre les interactions non linéaires entre sous-ensembles complexes** compte tenu des modes d'intégration au réseau possible. Pour le réseau français, RTE dispose d'un ensemble de codes de calcul permettant de représenter les phénomènes électrotechniques : modèles statiques (calculs de répartition, calculs de courants de court-circuit...), modèles d'optimisation et modèles dynamiques capables de suivre des dynamiques rapides ($t > ms$) ou très rapides ($t > \mu s$). Les évolutions dans le domaine des mathématiques appliquées permettent aujourd'hui de travailler sur une nouvelle gamme de simulateurs dynamiques et de codes d'optimisation permettant de simuler des systèmes de plus grande taille tout en gardant un excellent compromis entre précision, performance et flexibilité. L'intégration

future, au sein du système électrique, de nombreuses liaisons HVDC et plus généralement de composants utilisant de l'électronique de puissance a conduit RTE à se doter d'un laboratoire de simulation temps réel (SMARte) pour pouvoir étudier finement l'intégration de ces composants, valider les modélisations effectuées dans l'ensemble des codes de calcul, et mettre au point les meilleurs modes de pilotage de ces installations.

2) de fournir à chaque utilisateur opérationnel chez RTE des **moyens de modélisation et simulation de réseau en vue de prendre des décisions opérationnelles**, grâce à trois plateformes d'étude :

- CONVERGENCE permet de réaliser des études déterministes pour tous les horizons temporels de décision. Cette plate-forme est connectée aux systèmes de conduite régionaux et au système national, avec la capacité d'effectuer des analyses du réseau européen complet.
- ASSESS permet des études statistiques de réseau où la couverture d'un grand nombre de situations est nécessaire pour prendre en compte les incertitudes qui impactent le développement du réseau et en assurer la robustesse économique, mais aussi pour caler des règles d'exploitation
- iTESLA, en cours de développement dans un cadre européen, préfigure la prochaine génération de plate-forme d'étude. iTESLA permettra de mettre en œuvre une approche probabiliste de l'analyse des risques encourus par le réseau, afin de mettre en œuvre les normes préventives mais aussi curatives qui rendent le système sûr même en cas de survenance de l'un de ces risques et ce au moindre coût pour la collectivité.

Résultats

Codes de simulation

Résultats attendus	Indicateurs Grid+	2013	2014	2015	2016
Preuve de concept pour une nouvelle génération de simulateurs dynamiques (projet PEGASE)	C, D	✓			
Laboratoire de simulation temps-réel	C, D	✓			
Modélisation des liaisons courant-continu VSC multi-niveaux	C, D			⚠	
Simulateur en dynamique lente de nouvelle génération	C, D				⚠
Optimiseur de consignes de transit pour liaisons courant-continu	C, D - A, B			⚠	
Preuve de concept pour une nouvelle génération d'optimiseurs	C, D - B				⚠
Spécification de la plate-forme d'études du futur (projet iTesla)	C, D - B	✓			
Briques fonctionnelles de la plate-forme d'études du futur (projet iTesla)	C, D - B		✓		
Prototype fonctionnel de la plate-forme d'études du futur (projet iTesla)	C, D - B				⚠

Dans le domaine de la simulation dynamique hors temps réel les premiers tests par les utilisateurs experts du nouveau simulateur dynamique en dynamique lente ont débutés et sont prometteurs. Ils se poursuivront en 2015 pour viser un déploiement en unité opérationnelle à la fin 2016.

Concernant la future génération d'optimiseurs, nous poursuivons les travaux dans le cadre d'une thèse sur les méthodes d'optimisation appliquées aux calculs de réseau électrique (calculs OPF : Optimal Power Flow).

Une retombée des travaux précédents concerne le portage dans la plateforme déterministe de calculs de réseaux du modèle permettant d'optimiser le transit des liaisons à courant continu. Ce module devrait être mis en service en 2015 pour l'optimisation des transits de la nouvelle liaison France-Espagne.

Plates-formes d'études de réseau

L'année 2014 est la troisième année du projet de R&D européen iTesla. Cette année a été marquée par la livraison des différentes briques fonctionnelles et leur intégration pour déboucher sur la première campagne de tests fin 2014/début 2015 conformément au calendrier initial du projet.

Parmi les faits marquants, on peut noter :

- La sélection définitive du projet iTesla pour l'accès au supercalculateur CURIE pour un total de 9.7 millions heure/cœurs (pour rappel l'accès préliminaire nous avait été donné l'année dernière pour 200 000 heure/cœurs).
- La deuxième revue du projet par les experts nommés par la Commission Européenne qui a eu lieu en avril (évaluation très positive) et le séminaire avec les autres GRTs et les fournisseurs en août.
- La préparation de la stratégie d'exploitation des résultats à l'issue du programme de recherche.
- La préparation d'une expérimentation de l'application de la méthode et des outils sur la zone PACA avec le département Exploitation de RTE (expérimentation tout au long de l'année 2015).

2.3.2 Mieux exploiter le système électrique d'aujourd'hui et de demain

Enjeu : - améliorer en continu les outils actuels d'exploitation du système électrique
 - préparer de nouveaux outils d'exploitation qui intègrent la dimension européenne des interactions entre systèmes électriques

Depuis la construction du système de transport français, RTE a construit les compétences internes pour développer les outils informatiques critiques utilisés en exploitation du système électrique français.

Les connaissances nouvelles à acquérir concernent donc globalement l'amélioration continue de ces outils et le développement de nouvelles approches, en particulier pour répondre aux défis posés par les évolutions des réseaux en Europe.

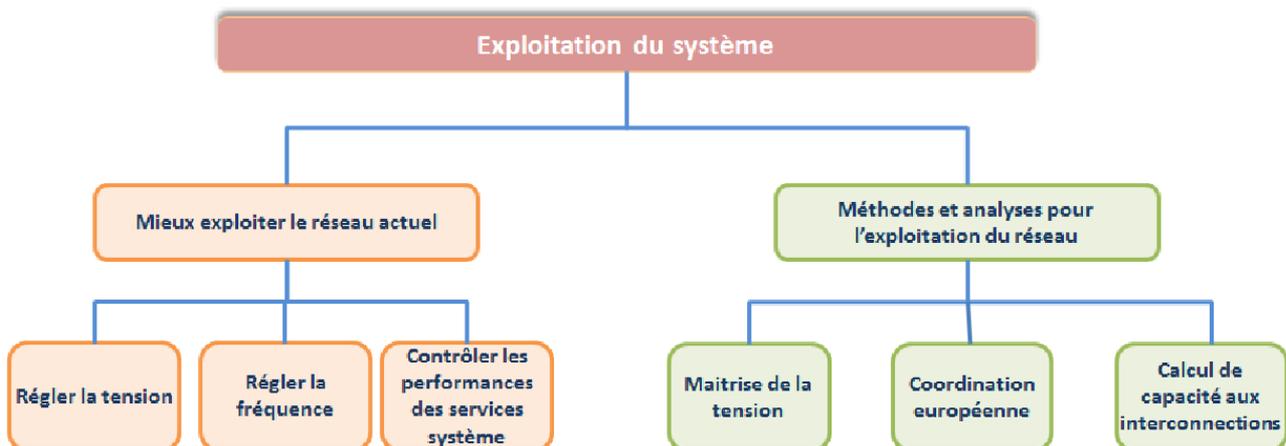


Figure 8 : organisation de la R&D pour améliorer l'exploitation du système électrique

Assurer l'amélioration continue du réseau de transport, grâce à des outils de réglages de fréquence et de tension, et de contrôle des performances des services systèmes :

- **La maîtrise de la tension** est l'un des éléments clés de la sûreté du système électrique. Le retour d'expérience de ces dernières années montre un besoin renforcé de maîtrise de la tension sur le réseau français. RTE s'est donc engagé dans la conception, le développement et la maintenance des outils de réglages secondaires de la tension et de leurs évolutions, et de la mise en place de nouveaux moyens de compensation de la puissance réactive (CSPR, liaisons HVDC, production renouvelable interfacée au réseau par de l'électronique de puissance...).

- **Le réglage de fréquence** a donné lieu à des analyses au niveau d'ENTSO-E (écarts déterministes aux heures rondes notamment). L'analyse objective des causes réelles d'écarts parfois importants requiert de nouveaux travaux qui doivent conduire à une identification préventive des futurs écarts en vue de les résorber par des actions manuelles ou automatiques.

- Au-delà des outils de réglages et des règles d'exploitation, les possibles effets en cascade que font courir certains événements graves (écroulement de tension, déséquilibre offre-demande) conduisent RTE à développer des plans de défense contre ces phénomènes, via des automates centralisés ou décentralisés.

- RTE doit enfin contrôler que les engagements contractuels des producteurs relatifs à la fourniture de services au système électrique sont qualitativement et quantitativement respectés, ainsi que leur participation au mécanisme d'ajustement. Deux outils sont mis à la disposition des équipes

opérationnelles : CDP Prod qui élabore des diagnostics de performance à partir des mesures disponibles sur le réseau et par comparaison avec les engagements contractuels des producteurs concernés, et SCORPION (Suivi des Courbes de ProductIOn) qui permet aux opérateurs de suivre la programmation en temps réel différé de 15 minutes et d'identifier ainsi plus rapidement les groupes en écart vis-à-vis de la programmation des réserves.

Développer des méthodes nouvelles pour l'exploitation future du système électrique :

- Le retour d'expérience sur l'exploitation du système électrique européen a mis en lumière la nécessité d'améliorer les processus de coopération actuels entre les GRTs européens. CORESO, créé par RTE et Elia, a commencé ses activités opérationnelles en 2009 et a depuis été rejoint par National Grid, Terna et 50 Hz. D'autres initiatives de coordination ont été lancées par d'autres GRTs courant 2009 en Europe et sont à des degrés divers de développement (SSC, TSC). RTE développe et fournit des outils (via la plate-forme Convergence notamment).
- Les calculs de capacités aux interconnexions dans les réseaux très maillés bénéficient de la méthode « Flow-Based » conçue et proposée par RTE. Elle est désormais introduite dans les codes de réseaux européens en cours d'élaboration (en tant que processus de calcul de capacités coordonné entre GRTs européens), et en cours d'insertion opérationnelle au sein du dispatching national de RTE.
- Un projet de R&D sur les systèmes de conduite du futur a démarré en 2013. Ces systèmes font le lien entre les opérateurs des centres de contrôle du réseau électrique et les équipements réels du système. Les travaux porteront sur plusieurs axes : approche contextuelle et dynamique, automatisation des systèmes, ergonomie.

Résultats

Résultats attendus	Indicateurs Grid+	2013	2014	2015	2016
Réglage dissymétrique de fréquence par des consommateurs	C, D - B				
Réglage secondaire de tension par des moyens de production renouvelables et des liaisons courant-continu	C, D - B				
Réglage secondaire coordonné de tension par des moyens de production renouvelables et des liaisons courant-continu	C, D - B				
Calcul de capacité flow-based J-1 : finalisation technique	C, D - A, B				
Calcul de capacité flow-based J-1 : preuve de concept optimisation des positions nettes	C, D - A, B				
Calcul de capacité flow-based J-1 : prise en compte prévisions ENR et disponibilité production dans les positions nettes	C, D - A, B				
Calcul de capacité flow-based J-1 : optimisation des positions nettes	C, D - A, B				
Système de conduite du futur (projet Apogée) : preuve de concept sur l'hypervision et l'automatisation	C, D - B				
Système de conduite du futur (projet Apogée) : optimisation des pertes & manoeuvres périodiques	C, D - B				

Maîtrise de la tension

Une nouvelle version du réglage secondaire de tension a été développée et livrée en 2014. Cette version intègre une nouvelle commande en tension permettant d'utiliser les capacités de réglage des moyens de production renouvelable et des liaisons à courant continu. Elle sera déployée opérationnellement dès 2015.

Réglage de la fréquence

En avril 2014, nous avons finalisé une étude sur l'analyse de la contribution des modalités de contrôle des sites de soutirage au réglage de la fréquence et en juin 2014 nous avons livré la version de l'outil permettant le contrôle opérationnel de ces contributions.

Méthodes et outils pour l'exploitation future du système électrique

Le projet Apogée (Anticipation du Poste Opérateur pour une Gestion Evoluée du système Electrique) a été lancé début 2014 avec la création d'un plateau projet R&D dédié. Ce projet vise à revisiter les systèmes de conduite du futur. Pendant l'année 2014 nous avons défini le périmètre fonctionnel du projet qui sera centré sur l'hypervision et l'automatisation. Nous avons prototypé et sélectionnés les briques de base de l'architecture applicative.

Dans le cadre des activités sur les calculs de capacités, nous avons lancé, en 2014, des travaux pour améliorer les hypothèses des calculs de capacité J-1 en tirant profit des différentes sources de données à notre disposition (approche data mining). Les premiers résultats sont attendus en 2015. Concernant les calculs de capacité sur la région d'Europe du Centre-Ouest (CWE), on notera en 2014 l'industrialisation du prototype et de la méthode Flow-Based développés par RTE. Après une expérimentation concluante, l'insertion opérationnelle de cette nouvelle méthode est prévue en 2015, ce qui marquera un aboutissement positif de plusieurs années de travaux de R&D avec nos partenaires GRTs.

Enfin en 2014 nous avons initié des travaux exploratoires sur la robustesse et la testabilité de systèmes distribués hybrides télécoms/électricité. Cet axe technologique est primordial pour que les réseaux intelligents puissent se développer.

2.3.3 Développer le réseau de transport

Enjeu : Disposer de méthodes de développement de réseau tenant compte des évolutions de contexte du système électrique européen.

RTE accompagne les évolutions du système électrique aux différentes mailles géographiques (européenne, nationale, régionale) par des méthodes et outils de développement de réseau qui doivent prendre en compte des incertitudes grandissantes (volume et localisation de nouvelles unités de production aux frontières, transits aux frontières, etc....), mais aussi l'opposition croissante du public à la création de nouveaux ouvrages.

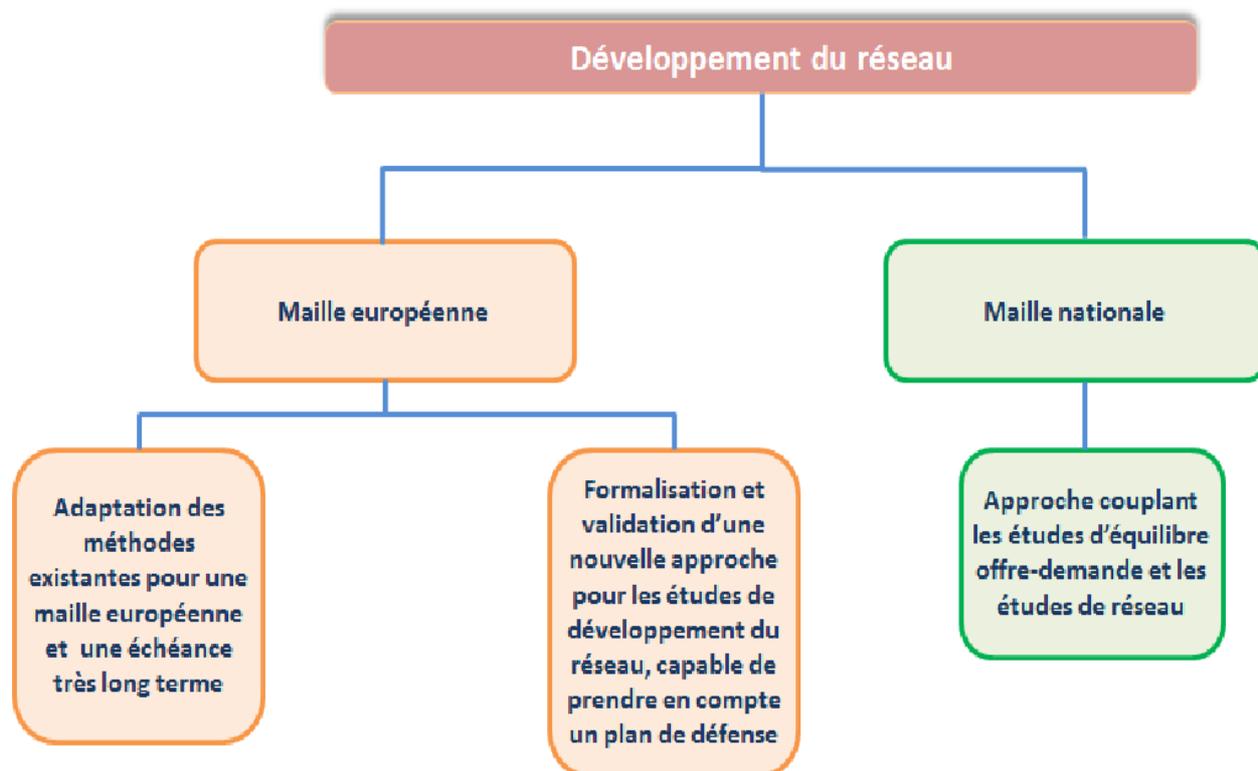


Figure 9 : organisation de la R&D autour des méthodes utilisées pour le développement du réseau

Pour les mailles européennes et nationales, ces méthodes nouvelles sont abordées dans le cadre du projet européen e-Highway2050, dont RTE est le coordinateur. Démarré en septembre 2012 (échéance fin 2015), il suit deux méthodologies en parallèle :

1) **L'adaptation de méthodes existantes** permet, à partir de mailles régionales choisies par l'ensemble des GRT européens, de proposer des scénarios d'évolution du réseau de référence 2020 vers l'horizon 2050, en cohérence avec les scénarios d'évolution de la production/consommation les plus contraignants

pour le réseau pan-Européen de transport. L'optimisation coût bénéfice des architectures de réseau ainsi modélisées et simulées utilise des techniques classiques de modélisation, simulation et évaluation.

2) **La recherche de voies de formalisation d'une nouvelle approche optimale**, dont RTE a aussi la coordination. Sur la base de scénarios plus détaillés, une nouvelle méthodologie est développée pour couvrir la définition des architectures de réseau à l'aide d'un optimiseur, l'annualisation pour définir les coûts et les bénéfices, la prise en compte de la faisabilité d'un plan de défense, et la programmation dynamique pour trouver le chemin optimal entre 2030 et 2050.

Pour les besoins nationaux, les développements se centrent sur les méthodologies permettant de coupler les études d'équilibre offre-demande réalisées sur des zones du système électrique européen à des études de développement utilisant un modèle complet du réseau électrique. Ces méthodologies doivent permettre une descente d'échelle tout en assurant la cohérence entre les deux types d'étude.

Résultats

Méthodologies d'études de développement du réseau

Résultats attendus	Indicateurs <u>Grid+</u>	2013	2014	2015	2016
Preuve de concept des méthodologies d'études zonales	C, D – A, B				
Scénarios d'évolution du système électrique européen à l'horizon 2050 (projet eHighway 2050)	C, D – A, B				
Méthodes d'étude long-terme du développement de réseau européen (projet eHighway 2050)	C, D – A, B				
Architectures du réseau électrique européen à l'horizon 2050 (projet eHighway 2050)	C, D – A, B				
Déploiement des nouvelles méthodes pour les études françaises et européennes du TYNDP	C, D – A, B				

Concernant le projet EHighways 2050 nous avons livré en avril 2014 la méthodologie et les outils pour quantifier et étudier les différents scénarios. Ces scénarios long-terme d'évolution du système électrique européen ont été finalisés. L'année a ainsi été marquée par des séminaires de partage (partage des hypothèses, de la démarche et des premiers résultats) avec les différentes parties prenantes (et notamment les membres du System Development Comity de l'ENTSO-E) et la deuxième revue par les experts de Commission Européenne en décembre.

Au niveau RTE les travaux sur la méthode de développement par études zonales se sont poursuivis et sont désormais prêts à être présentés et transférés au reste de l'entreprise (prévu début 2015).

2.3.4 Assurer l'équilibre offre-demande en s'appuyant sur de nouveaux concepts de marché

Enjeu : Disposer d'outils de modélisation, simulation et optimisation pour pouvoir estimer et prévoir la production renouvelable et la consommation afin de mieux manager l'équilibre offre/demande.

Le réseau électrique doit fonctionner à une fréquence stabilisée autour de 50 Hz : les groupes de production doivent donc à chaque instant adapter leur production à la puissance appelée par les consommateurs. Bien qu'une certaine partie de ce réglage s'effectue directement et automatiquement au niveau des centrales de production (le réglage primaire), une autre partie est nécessairement gérée au niveau national par le Centre National d'Exploitation du Système (CNES ou « dispatching » national). RTE doit donc garantir l'adéquation entre production et consommation, celle-ci dépendant des décisions de chacun des acteurs intervenant dans un système électrique concurrentiel. Pour ce faire, RTE s'appuie sur des responsables d'équilibre qui, sur leur propre périmètre, doivent prendre des mesures pour que les injections de leurs moyens de production s'équilibrent avec les soutirages de leurs clients. Cette approche opérationnelle doit être complétée par une analyse similaire à moyen et long terme.

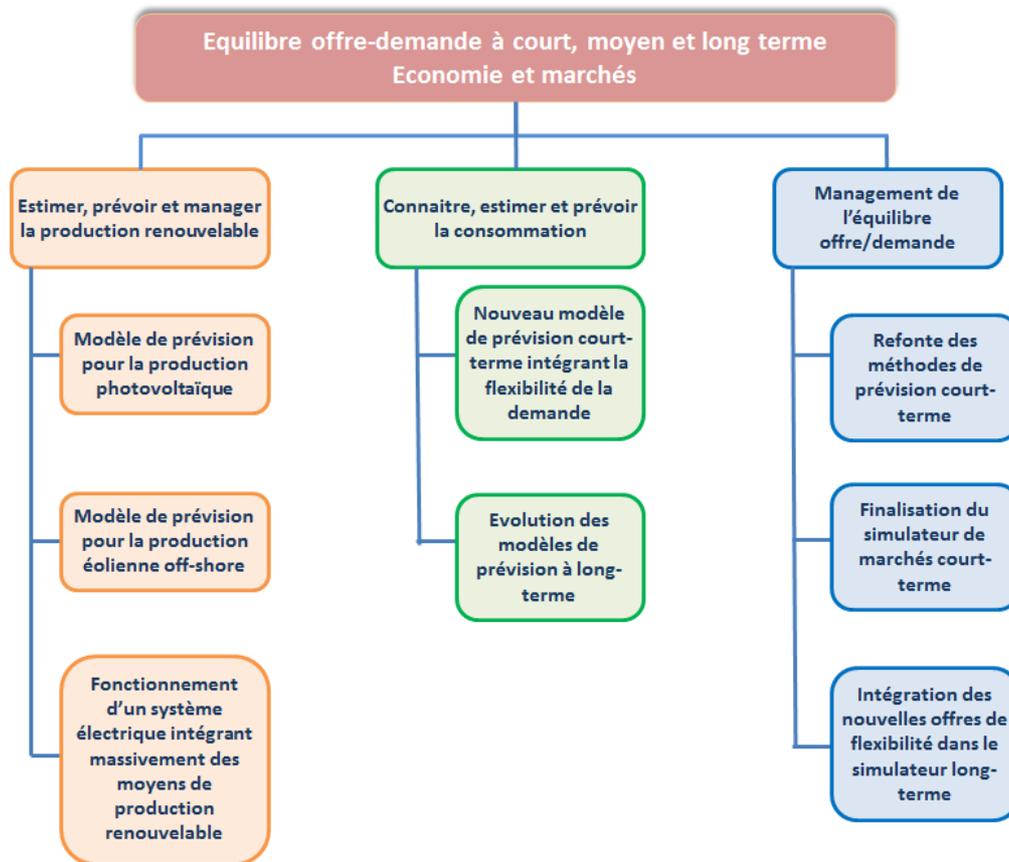


Figure 10 : organisation de la R&D pour assurer une meilleure approche de l'équilibre offre-demande et la prise en compte des marchés

Les connaissances à acquérir concernent les méthodes et outils d'analyse et de prévision de la production renouvelable, une meilleure approche de l'évolution de la consommation et la capacité à la prévoir, les outils qui permettent d'assurer et prévoir l'équilibre offre-demande aux diverses échelles de temps (du court terme au long terme) et de mieux comprendre l'interaction entre équilibre offre demande court/moyen terme et les mécanismes de marchés, ceci à l'échelle européenne.

Estimer, prévoir et gérer la production renouvelable : depuis 2009, RTE a intégré pleinement le management de l'éolien terrestre avec notamment la mise en place de la plate-forme opérationnelle IPES et de son cœur de prévision éolien PREOLE. Les autres filières doivent faire l'objet d'une attention similaire, en particulier la production éolienne « off-shore » et la production photovoltaïque. Cette intégration massive de production renouvelable aura un impact sur le fonctionnement dynamique des réseaux électriques, ces nouveaux moyens étant en effet le plus souvent raccordés aux réseaux via des convertisseurs ou des liaisons voire réseaux HVDC ce qui nécessite de revoir les mécanismes et dispositifs en place pour assurer le contrôle dynamique de la fréquence, tension et la stabilité transitoire.

Connaître, estimer et prévoir la consommation : les équipes de R&D ont développé et maintiennent les outils de prévision de consommation. La complexification croissante de la variable « consommation » liée à l'évolution des usages et de leur thermo sensibilité, à l'arrivée de nouveaux types d'effacement ou d'options tarifaires, au développement de la production diffuse ou de moyens de stockage éventuels décentralisés, imposent une refonte des modèles de prévision actuels.

Gestion de l'équilibre offre-demande : cet équilibre fait l'objet d'une complexification croissante, liée au développement des productions décentralisées, aux changements de comportements des consommateurs et à l'évolution du parc de productions conventionnelles. L'augmentation des aléas entraîne de fait une croissance des besoins en termes de marges requises. Mais il convient de maîtriser cette augmentation des marges nécessaires, en calculant au mieux les aléas potentiels, en optimisant l'utilisation des moyens pouvant y répondre et en limitant ensuite autant que possible les aléas « maîtrisables », à savoir les erreurs de prévisions (de consommation et des productions issues des énergies renouvelables). RTE développe les méthodes et outils nécessaires pour les prévisions à court terme et long terme (ANTARES). Par ailleurs, RTE étudie l'interaction entre équilibre offre-demande court terme et mécanismes de marchés : le projet européen OPTIMATE, qui s'est achevé fin 2012, a permis de développer un prototype de simulateur de marchés de court-terme capable de modéliser à l'échelle européenne le comportement des acteurs de marchés.

Résultats

Résultats attendus	Indicateurs Grid+	2013	2014	2015	2016
Modèle de prévision et d'estimation de la production photovoltaïque française	C, D	✓			
Modèle de prévision et d'estimation de la production éolienne off-shore	C, D				⚠
Refonte du modèle sectoriel de la consommation résidentielle	C, D		✓		
Refonte du modèle sectoriel de la consommation tertiaire	C, D		✓		
Prototype de modèle de prévision automatique de la consommation	C, D				⚠
Etudes préliminaires sur le fonctionnement du système avec insertion massive d'ENR connectées par électronique de puissance	C, D			⚠	

Estimer, prévoir et gérer la production renouvelable

Les travaux sur le comportement électrotechnique d'un système électrique avec le déploiement massif d'EnR couplées par électronique de puissance se poursuivent avec le lancement en 2014 d'une thèse sur ce sujet et la participation au montage d'un projet de recherche européen sur le sujet (réponse devant être finalisée en mai 2015 pour l'appel d'offres Horizon 2020). Les travaux visent à définir les modes de contrôle pour ce type de réseau en abordant le sujet à la fois via un mode incrémental (augmentation progressive du taux de pénétration des EnR) et un mode en rupture (100% électronique de puissance).

Concernant les prévisions, nous allons participer à un benchmark de différents modèles afin de se faire une meilleure idée des performances des modèles que nous avons mis en service au début du programme de R&D. La définition du contour d'un travail collaboratif sur les prévisions pour l'éolien offshore a eu lieu et les premiers contacts seront établis début 2015.

Connaître, estimer et prévoir la consommation

En complément des travaux sur un nouveau modèle de prévision court-terme (cf. reporting 2013), nous avons fait évoluer les modèles sectoriels de consommation. Ces modèles sont utilisés pour les études long-terme notamment le bilan prévisionnel, et le calage des paramètres dimensionnant du mécanisme de capacité. Ces évolutions s'appuient sur l'utilisation d'un panel de consommateurs pour le résidentiel et sur des enquêtes pour le tertiaire.

Gestion de l'équilibre offre-demande

Le simulateur d'architectures de marché Optimate est désormais utilisé dans le cadre du projet européen de recherche Market4RES. Nous avons donc accompagné les utilisateurs du simulateur. Nous avons aussi poursuivi des contacts académiques pour continuer à développer les méthodes implémentées. Nous poursuivons aussi la démarche d'industrialisation du prototype Optimate.

2.4 Programme Environnement

Les opérateurs de réseau ont besoin de solutions nouvelles pour répondre aux défis posés au système électrique européen, ceci pour avoir une capacité de réponse face à l'opposition du public qui se manifeste aussi bien à l'occasion de l'extension du réseau que lors des opérations de maintenance.

Par ailleurs, les nombreux travaux d'étude sur les risques liés aux interactions entre champs électromagnétiques et environnement, bien qu'ayant conclu à l'absence de risque significatif, ne font qu'amplifier le doute dans le public sur l'innocuité des champs électriques sur les êtres vivants (hommes, animaux, plantes). La recherche et l'innovation sont donc nécessaires pour faire face à des paradoxes potentiels :

- une électricité sûre et disponible, à des coûts abordables,
- une électricité capable de répondre aux nouveaux besoins de consommation,
- une électricité responsable des grands équilibres environnementaux.

La réponse traditionnelle du passé – l'extension du réseau – doit désormais être complétée : c'est le mélange d'options techniques et organisationnelles qui permettra de déboucher sur des solutions innovantes, ce qui nécessite de disposer de méthodes et connaissances nouvelles pour évaluer et maîtriser l'ensemble des impacts de ces options, qu'ils soient environnementaux, économiques, sociétaux ou autres.

Ces méthodes doivent introduire l'éco-conception comme principe fondateur, tandis que les connaissances nouvelles couvrent la biodiversité, la santé et la socio-économie des systèmes énergétiques.

Sur ces quatre axes de progrès, l'apport de RTE est toujours construit en partenariat avec des experts externes. Il couvre des connaissances méthodologiques nouvelles :

- les méthodes d'analyse du cycle de vie de composants et sous-systèmes typiques du réseau de transport d'électricité,
- les méthodes d'analyse du cycle de vie, étendue aux impacts sociaux, biodiversité, santé y compris le champ psychologique.

Le programme environnement est ainsi structuré en quatre projets, chacun comportant plusieurs lots :

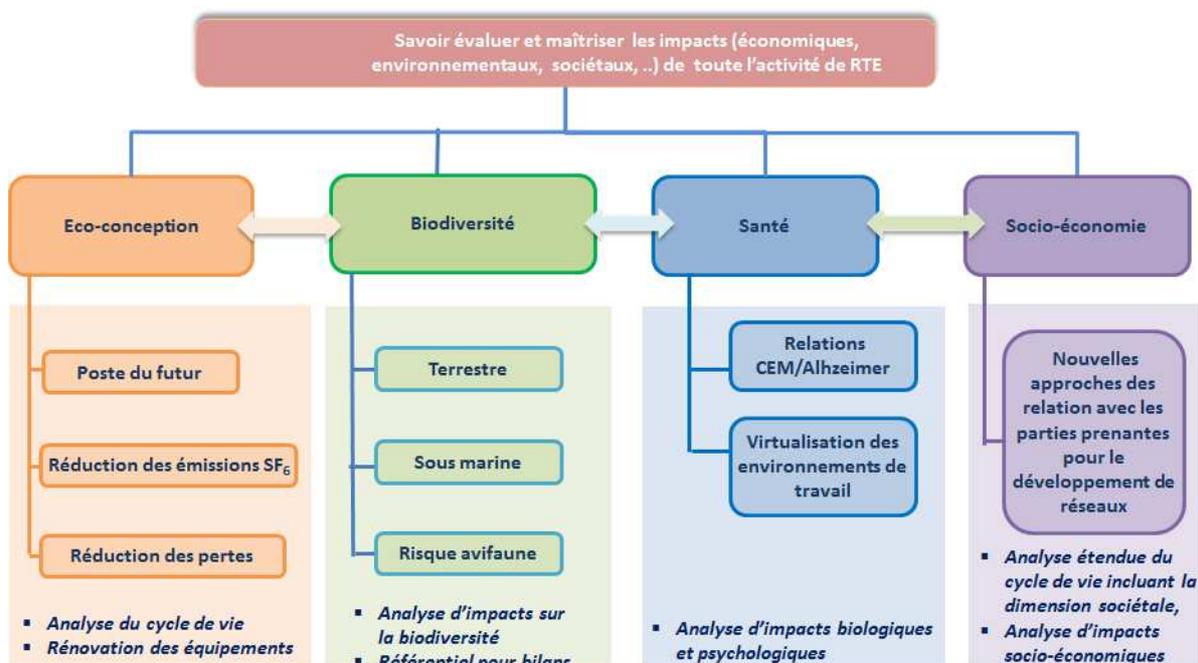


Figure 1 : organisation de la R&D pour savoir évaluer et maîtriser les impacts de toute l'activité de RTE

Pour le programme Environnement, 14 jalons ont été définis sur 2013-2016 à travers 4 thématiques.

Comme le synthétise le tableau ci-dessous, les jalons de ces travaux identifient des contributions de premier ordre (i.e. en vert dans le tableau) dans des recherches visant à l'amélioration de l'item « Environnement » (ils n'apportent pas de contribution substantielle dans les autres domaines).

Indicateurs issus de GRID+		Eco-conception	Biodiversité	Biologie et réseaux	Soclonet	Total	Avancement
Increased network capacity at affordable cost	Capacité du réseau	A				0/0	0%
Increased system flexibility at affordable cost	Flexibilité du système électrique	B				0/0	0%
Increased hosting capacity & Reduced energy	Intégration de la production renouvelable	C				0/0	0%
curtailment of RES and DER							
Power quality and quality of supply	Sûreté d'alimentation Qualité de l'électricité	D				0/0	0%
Extended asset life time	Durée de vie des infrastructures	E				0/0	0%
	Environnement	F	1/6	0/3	0/4	1/2	2/15
Avancement						13%	

D'après le suivi des indicateurs, le programme Environnement a atteint, fin 2014, **13% de ses objectifs** sur la période 2013-2016.

2.4.1 Projet Eco Conception

Enjeu : Comment, avec les industriels, utiliser les méthodes d'Analyse du Cycle de Vie (ACV) pour réduire l'empreinte environnementale des technologies et de leurs modes d'exploitation ?

Résultats

Résultats attendus	Indicateurs Grid+	2013	2014	2015	2016
Solution de colmatage pour fuites SF6	F				
Transformateur de mesure isolé au gaz G ³	F				
Solutions alternatives à l'utilisation des produits phyto-sanitaires	F				
Méthodologie d'analyse de cycle de vie système	F				
Eco-conception du poste du futur	F				
Système de protection des câbles sous-marins favorisant l'effet récif	F				

Maîtrise des émissions de SF6 : RTE s'est engagé depuis plusieurs années à maîtriser son empreinte environnementale notamment en matière d'émission de gaz à effet de serre générées par l'usage de ce gaz isolant. En 2014, nous avons industrialisé la solution ECOSEAL de maîtrise des émissions de SF6 par colmatage des caissons fuyards de postes. En parallèle, une solution de récupération des fuites a été étudiée. Son expérimentation est prévue en juin 2015.

Enfin dans le cadre de la recherche d'un gaz de substitution au SF6, nous avons initié une collaboration avec Alstom (et 3M) sur le gaz G³ alternative possible au gaz SF6 (même pouvoir isolant mais réduction de 98% du potentiel en terme de gaz à effet de serre). Des expérimentations sont envisagées dans le cadre des démonstrateurs du programme Réseau du Futur.

Alternatives aux produits phytosanitaires : Nous avons réalisé un premier bilan des expérimentations engagées depuis 2010. Ces expérimentations couvrent un panel de solutions permettant de maîtriser la végétation sans avoir recours au désherbage chimique dans deux postes électriques :

- gestion différenciée : implantation d'un couvert minéral ou d'un couvert végétal ;
- méthodes alternatives : désherbage mécanique, désherbage thermique, désherbage avec des produits naturels.

Cinq techniques testées devraient permettre une maîtrise accrue de l'utilisation des produits phytosanitaires conformément aux engagements pris par RTE dans le cadre du plan Ecophyto 2018.

Eco-conception

Dans le cadre du plan industriel Réseaux Electriques Intelligents et du projet européen Inspire Grid, nous avons développé une première méthodologie d'analyses de cycle de vie systémique des infrastructures de réseau de transport.

Par ailleurs, nous avons mis en œuvre des nouvelles solutions d'éco-conception sur le poste de LIMEUX (dans la Somme) : adaptation notamment du puits climatique, éclairage, caniveaux en matériaux recyclables, mise en œuvre d'aménagements périphériques favorisant des services éco-systémiques.

2.4.2 Projet Biodiversité

Enjeu : Comment mieux anticiper les impacts positifs ou négatifs du réseau électrique sur la biodiversité des milieux avec lesquels il est en interaction ?

Les travaux sur la biodiversité terrestre font apparaître un rôle positif de certaines infrastructures de réseau, ce qui justifie de lancer le développement, dans le cadre d'un projet européen, LIFE, de méthodes plus génériques permettant d'évaluer des solutions favorisant la biodiversité dans l'emprise des lignes de transport d'électricité, et de définir un référentiel pour les projets de développement de réseau, ceci afin de favoriser la biodiversité.

Les travaux sur la biodiversité marine anticipent le développement des réseaux off-shore. Trois cibles sont visées : les interfaces entre milieu marin et milieu terrestre, les conséquences d'« effet récif » sur les plates-formes marines, les postes sous-marins. Les premières applications pourraient être le raccordement de systèmes d'hydroliennes.

Résultats

Résultats attendus	Indicateurs Grid+	2013	2014	2015	2016
Méthodologie d'évaluation de la mortalité avifaune	F				
Modes de gestion des emprises de lignes électriques, innovants et favorables à la biodiversité	F				
Utilisation et suivi de la qualité de l'environnement sous marin à l'aide de coquilles St Jacques utilisées comme bio-indicateurs	F				

Biodiversité terrestre

En 2014, la Commission Européenne a procédé à une revue des aménagements du programme LIFE pour lequel elle a rendu un avis positif. Le REX à mi-parcours des opérations de gestion alternative est prévu en 2015.

Biodiversité marine

Nous avons lancé en 2014 un projet en mode 'open-innovation' sur la thématique de la biodiversité marine aux abords de nos installations. L'objectif est de développer des connaissances dans le domaine de la biodiversité marine, de l'impact environnemental des liaisons sous-marines et de leur contribution potentielle vis-à-vis de la biodiversité. Plus précisément, nous allons monitorer le milieu sous marin à l'aide de bio-indicateurs (comme la coquille St Jacques) et analyser le potentiel de l'effet récif produit par des infrastructures sous marines.

2.4.3 Projet Biologie et réseaux

Enjeu : Comment continuer à mieux comprendre et anticiper les éventuels impacts du réseau haute tension sur la santé des individus, travailleurs ou riverains ?

Les études sur l'éventuelle relation entre niveaux d'exposition CEM et leucémie se succèdent sans apporter d'éléments nouveaux au débat. Une veille active de ce sujet est menée sans engagement de RTE dans de nouveaux programmes de recherche relatifs à la leucémie.

En revanche, la question du seuil d'apparition des effets physiologiques lors d'exposition à des champs électromagnétiques de l'ordre du milliTesla (mT) n'a pas été revisitée depuis plus de 20 ans. Nous participons aussi à une étude sur la recherche de relation biologique entre exposition CEM et maladies neuro-dégénératives.

Résultats

Résultats attendus	Indicateurs <u>Grid+</u>	2013	2014	2015	2016
Etude sur les effets du champ magnétique sur les maladies <u>neuro-dégénératives</u> (Alzheimer)	F				
Etude sur les effets instantanés du champ magnétique sur le système nerveux central et les fonctions cognitives	F				
Etude sur les effets du champ magnétique sur les stimulateurs cardiaques	F				
Etude épidémiologique sur la géo-localisation des cancers pédiatriques	F				

L'étude est en cours. Ce projet, dont les conclusions sont attendues en 2015 permettra de mieux connaître les marges de sécurité prises lors de l'exposition des opérateurs de maintenance en phase de travaux sous tension.

De même, l'étude, lancée en 2013, sur la recherche de relation biologique entre exposition CEM et maladies neuro-dégénératives est en cours. La phase d'analyse des données est prévue en 2015 pour une publication des résultats en 2016.

2.4.4 Projet SocioNet

Enjeu : Comment mieux prendre en compte les dimensions sociales d'une concertation entre opérateurs de réseaux et parties prenantes aux projets de rénovation ou d'extension ?

RTE est partenaire du projet européen INSPIREGrid, dont l'objectif est de développer de nouvelles approches pour le management des relations et la concertation entre les opérateurs de réseau avec les parties prenantes, en prenant en compte les dimensions sociales (donc non technologiques ou économiques). Ce projet a démarré en 2013 pour une durée de 3 ans.

Résultats

Résultats attendus	Indicateurs <u>Grid+</u>	2013	2014	2015	2016
<u>Serious Game Need4Grid</u> à vocation pédagogique pour les parties prenantes et le grand public	F				
Nouvelle approche de concertation (projet Inspire <u>Grid</u>)	F				

En 2014, nous avons réalisé et diffusé le Serious Game Need For Grid à vocation pédagogique pour les parties prenantes et le grand public. Ce jeu est aujourd'hui disponible en ligne. Il présente de façon ludique la vie d'un réseau électrique (développement, maintenance, pilotage...).

Le projet Inspire Grid se déroule conformément au programme établi, des premiers livrables sur les approches de concertation sont attendus pour l'an prochain.

2.5 Programme Smartgrids

Le programme Smartgrids est, par essence, transverse aux programmes « Réseau du Futur », « Système Electrique » et « Gestion des Actifs ». Il qualifie et valorise les actions de RTE relevant de l'intelligence électrique, c'est à dire celles engagées pour aller vers un système électrique plus flexible, communicant et accompagnant les objectifs de déploiement des EnR et d'efficacité énergétique (notamment via la modulation de la demande). Ceci recouvre des projets ou de l'expertise internes comme des démonstrateurs fondés sur des consortiums en France et en Europe.

- sur le réseau de transport actuel, français et européen, l'intelligence porte à la fois sur la disponibilité et la capacité des infrastructures existantes et sur l'optimisation de leur exploitation. On retrouve dans ce thème des projets emblématiques déjà cités : **SmartLab** (monitoring), **iTesla** ou **Garpur**.
- en termes de « réseau du futur », nous mettons en avant les projets participant à la construction d'un réseau smart pan-européen, donc les projets **Poste Intelligent**, **SMARte**, **Twenties**, **BestPath**, **eHighway 2050** en particulier, également évoqués précédemment
- sur la chaîne de valeur allant de la production jusqu'aux consommateurs, en intégrant les réseaux de transport et de distribution, nous participons à 5 projets français (**NiceGrid**, **Greenlys**, **Venteea**, **Smartgrid Vendée** et **evolvDSO**), soutenus par les pouvoirs publics, et un projet européen traitant tout ou partie de cette chaîne. Par ailleurs, RTE participe à la mise en place du Chantier Réseau Electrique Intelligents

Dans le cadre des 34 plans de la Nouvelle France Industrielle lancés par le Gouvernement, Dominique Maillard, président du directoire de RTE, a présenté, en sa qualité de chef du projet "Réseaux Électriques Intelligents", la feuille de route de ce chantier. Validée en présence du Président de la République, la feuille de route propose la mise en œuvre de 10 actions organisées en 3 axes de travail :

- Créer un regroupement, un label et un annuaire des acteurs d'ici fin 2014,
- Déployer à grande échelle en 2017 : une région, choisie en 2015, portera avec volontarisme ce déploiement,
- Organiser la stratégie à long terme en 2020 pour maximiser les retombées des réseaux électriques intelligents, doubler le chiffre d'affaire de ce secteur, et pérenniser la part de l'export.

L'équipe du chantier "réseaux électriques intelligents" réunit opérateurs de réseaux (RTE, ERDF), industriels offreurs de solutions (Alstom Grid, Schneider Electric, etc.), acteurs publics (MEDDE, ADEME, CRE, etc.) et centres de recherche.

RTE a un rôle particulier dans l'établissement de ces visions du futur ; il y apporte son expertise en termes d'approche systémique : d'une part en y intégrant les contraintes de sûreté d'exploitation indispensables à la viabilité de l'ensemble et d'autre part en établissant des analyses coût-bénéfice.

Par ailleurs, nous maintenons une expertise sur les modes de stockage (technologies) et les services qu'ils peuvent rendre au réseau ou encore sur le véhicule électrique (lancement d'un projet interne pour mieux appréhender les impacts possibles sur la courbe de charge).

Résultats

Projet Réseaux Electriques Intelligents

En 2014, RTE a piloté la rédaction de la feuille de route du plan Réseaux Electriques Intelligents (REI). Celle-ci a été présentée au premier ministre en avril puis au président de la République en mai. Les travaux des 10 actions ont démarré au cours des mois de juin/juillet. RTE est impliqué dans l'ensemble des 10 actions. Soit en tant que pilote, sur les actions 1 (création de l'association SmartGrid France) et 5 (Méthodologie d'Analyses Coût-Bénéfice), soit en tant que contributeur. Nous animons par ailleurs le collectif des pilotes d'action et remontons les avancées du plan au Ministre de l'Economie.

Fin 2014, le déroulé prévu a pris un peu de retard par rapport au planning défini dans la feuille de route. Néanmoins, les statuts de l'association, qui ont fait l'objet d'une concertation, sont quasiment finalisés. Quant au rapport sur les ACB, il devrait sortir en février 2015.

Enfin, nous nous investissons beaucoup dans la promotion de la filière France à créer. Outre la définition du contenu de l'action 2 sur cette thématique, nous avons été un relais important dans l'implantation d'un pavillon France à l'European Utility Week à Amsterdam en novembre.

NiceGrid

RTE a travaillé sur les mécanismes de marché avec la mise à jour de l'état de l'art. Nous avons contribué aux spécifications fonctionnelles du démonstrateur vu du TSO pour les use-cases d'été (gestion du PV et heures creuses solaires). En termes d'analyses économiques, nous participons à l'ACB ex-ante pour l'évaluation de certains bénéfices RPT (gain sur les pertes, congestions, développement...).

Enfin, la mise en place d'une interface opérationnelle au dispatching de Marseille a été réalisée. Les opérateurs RTE ont, durant les tests d'hiver 2013-2014 et ceux de l'été 2014, activé les demandes de flexibilité.

Greenlys

Dans le cadre des études de valorisation auxquelles il participe, RTE a précisé les coûts d'exploitation du réseau de transport en estimant les pertes électrique associées à chaque scénario. RTE a mis en évidence l'absence d'économies d'investissement escomptées sur le RPT par les flexibilités à la maille du démonstrateur (les économies d'investissement sur le RPT à la maille France n'étant pas traitées).

Venteea

Dans le lot 2 "Conduite Automatisation du Réseau", RTE a apporté son expertise sur l'observabilité et la prévision de la production EnR. Dans le lot stockage, nous en sommes à la phase de spécification des services rendus qui seront rendus par la batterie en 2015. Nous avons intégré les points Services Système qui nous concernent.

SmartGrid Vendée

Nos travaux ont tout d'abord concerné la quantification et l'analyse globale de la valeur de l'optimisation locale (Lot 1). Dans ce cadre nous avons remis un rapport sur les scénarios prospectifs et principes méthodologiques de l'analyse de la valeur. Sur cette base, deux livrables ont été finalisés : analyse a priori de la valeur des nouvelles flexibilités pour le réseau de transport (contraintes de réseau en cas de défaillance) puis pour l'équilibre offre demande (EOD). Les analyses montrent que ce sont les services pour l'EOD (capacité disponible à la pointe, ajustement,...) qui fournissent l'essentiel de la valeur. Nous avons également contribué à l'analyse et spécifications des interactions entre acteurs et marchés de l'énergie (Lot 2) et proposé de poursuivre en 2015 les réflexions sur une cible moyen/long terme de modèles de marchés permettant un accès coordonné et optimisé aux flexibilités raccordées sur le réseau de distribution.

evolvDSO

RTE a contribué à la description du paysage électrique français actuel et futur en termes de consommation et de production. De même pour les mécanismes régissant le système électrique ainsi qu'aux perspectives offertes aux distributeurs (en tant que relecteur). Les services et rôles des GRD ont ainsi été détaillés. Enfin, RTE a commenté les travaux sur les Use Cases définis par les GRD.

3 LISTE DES PROJETS EN COURS ET A VENIR AVEC LES RESULTATS ATTENDUS POUR 2015 ET 2016

3.1 Programme Réseau du Futur

Projet liaisons du futur

Les liaisons qu'elles soient aériennes ou souterraines constituent de véritables systèmes dont l'architecture résulte d'une optimisation combinée de différents composants élémentaires (conducteurs, supports, fondations, tranchée, modes de pose....

Les objectifs de ce projet sont de mettre en lumière les potentialités de certaines technologies, d'en imaginer l'intégration dans le « système liaison » et de susciter ou d'accompagner le développement industriel.

Nanotubes de carbone (NTC)

En 2015 nous poursuivrons et finaliserons la caractérisation électrique et mécanique de fibres de nanotubes de carbones fabriquées selon 2 procédés différents.

En 2016 nous établirons le bilan des procédés de fabrications et des performances des fibres associées. Ces résultats construiront les orientations ultérieures sur le développement de câbles à base de NTC.

Supraconductivité appliquée aux liaisons

En 2015 dans le cadre du projet européen BestPaths nous élaborerons les spécifications des liaisons supraconductrices MgB₂

En 2016 dans le cadre du projet BestPaths nous aurons examiné et fait des propositions pour évaluer les éléments déterminants pour l'acceptation de liaisons supraconductrices pour le système électrique mais également en termes sociétaux.

En parallèle nous examinerons la faisabilité d'un concept de liaisons MgB₂ avec une cryogénie utilisant l'hydrogène liquide (2016), à la différence de la solution retenue pour BestPaths à base d'une association hélium/azote liquide.

Nous examinerons aussi par ailleurs l'apport de la supraconductivité aux problématiques d'alimentation urbaine : en 2015 par l'établissement du catalogue et des caractéristiques des matériels disponibles, en 2016 par l'examen d'opportunité global.

Liaisons souterraines

Nous étudierons les impacts résultant de la réduction de l'épaisseur des isolants des câbles souterrains, en 2015 sur les câbles eux-mêmes (enclenchement, court-circuit, surtensions), et en 2016 sur le système électrique (augmentation de la tension). En 2016, des essais de validation en laboratoire apporteront les dernières conclusions.

Nous étudierons enfin en 2016 les conditions de l'optimisation de la capacité de transit des liaisons souterraines en tirant profit de leur importante inertie thermique.

Liaisons aériennes

En 2015 nous terminerons les études électriques et mécaniques pour le concept de ligne HTB1 compacte étendu à la structure 2 ternes, et ferons la synthèse des essais réalisés en laboratoire (diélectrique, fondation) en 2016.

Poste Intelligent

Le projet Poste Intelligent a pour objectif d'explorer les fonctionnalités permises par les évolutions technologiques en matière d'équipements HT, de systèmes de contrôle commande numérique et de systèmes de communication, les réaliser, les installer et les tester en conditions d'exploitation réelles sur un démonstrateur. Les résultats contribueront à la spécification des futurs paliers de contrôle-commande des postes électriques de RTE.

En 2015, les tests de qualification des composants auront été réalisés. La mise en service de ces derniers sur le terrain sera effectuée ensuite en plusieurs lots, à fin 2015 tout d'abord pour les fonctions élémentaires, puis échelonnée jusqu'à la fin 2016 pour les fonctions avancées. Parmi celles-ci le concept de « Dynamic Line Rating » fera l'objet d'une validation théorique en 2015 sur la base d'essais.

Le retour d'expérience débutera au fur et à mesure de la mise en service des lots fonctionnels et sera donc globale à partir de la fin de 2016.

Poste du futur

Les objectifs de ce projet sont de redéfinir la ou les architectures fonctionnelles et matérielles des postes de RTE en réponse aux besoins du système électrique, en intégrant dès la conception les objectifs environnementaux et en suscitant ou intégrant les solutions technologiques industrielles futures. Il s'inscrit en continuité des voies explorées par le projet Poste Intelligent.

Les études et le développement d'un démonstrateur seront réalisés dans le cadre de l'appel d'offres européen H2020-LCE6. En 2015 le dossier de candidature du consortium piloté par RTE sera soumis à la Commission Européenne dans la perspective de son approbation à fin 2015. En 2016, les spécifications détaillées du projet seront réalisées dans la perspective d'une industrialisation des solutions en 2017 et une mise en service du démonstrateur fin 2018.

Projet Contrôle-Commande du futur

Les objectifs de ce projet sont de définir les évolutions des architectures fonctionnelles et matérielles du contrôle-commande des postes en intégrant les évolutions technologiques en matière de systèmes de contrôle commande numérique et de systèmes de communication pour préparer les réponses aux besoins du système électrique dans un contexte probable de grande évolution de ses conditions de fonctionnement électrotechnique : évolution des caractéristiques de la production, développement de l'électronique de puissance.

En 2015, le projet aura défini les schémas cibles de plans de protection et de défense devant faire l'objet d'une étude approfondie. Ces différents scénarios de plans de protection et de défense seront étudiés en 2016 pour permettre leur comparaison et faire le choix sur cette base de l'évolution retenue.

En parallèle, plusieurs scénarios d'architecture cible de contrôle-commande seront définis en 2015 et étudiés en 2106.

Ce projet intégrera en outre les éléments issus des différents démonstrateurs menés en parallèle : Poste Intelligent et Poste du futur.

Projet Réseaux à Courant continu

L'objectif du projet « Réseaux à courant continu » est de constituer un élément déterminant dans la construction de la vision de RTE sur le potentiel des réseaux à courant continu, d'identifier les verrous ou les freins à leur développement et susciter ou accompagner en conséquence le développement de solutions industrielles.

Les perspectives de développement de ces réseaux sont à la croisée des besoins des utilisateurs, les gestionnaires de réseau, les producteurs, et des industriels du métier qui s'appuient sur leur propre R&D ou celles d'entités académiques.

En 2015, dans le cadre du projet BestPaths, les scénarios de test de l'interopérabilité des convertisseurs de différents constructeurs seront définis. Ces scénarios serviront ensuite de base à un premier volet d'études d'interopérabilité qui se poursuivront en 2016. Le résultat de ces études permettra d'élaborer un premier niveau d'exigences à intégrer dans les répliques de contrôle-commande des constructeurs partenaires du projet. L'étude se poursuivra par l'application des scénarios de test sur les répliques des constructeurs connectés à la plateforme de simulation temps réel de RTE en 2017.

En parallèle des solutions de contrôle-commande des transits sur un réseau à courant continu seront proposées en 2015 et pourront être testées dans le cadre des scénarios de test du projet Best Paths.

Un réseau à courant continu doit être en mesure de gérer et maîtriser les conséquences d'un défaut survenant sur une des liaisons. Nous étudions dans le prolongement des études faites au sein du projet Twenties un système de protection contre les courts-circuits d'un réseau complexe et étendu à courant continu. Les conclusions sont attendues en 2016.

3.2 Programme Gestion des actifs

Moyens d'observation du réseau et outils innovants pour la maintenance

La démarche du projet est de transférer rapidement aux métiers de RTE les produits dont le niveau de maturité technologique est élevé, proposé par le marché ou en passe de l'être.

C'est le cas des drones en vol à vue, équipés de moyens vidéo haute définition, qui ont fait l'objet d'une évaluation par expérimentations. Les résultats ont été transmis au métier maintenance, pour qu'il en assure l'industrialisation dans le cadre de la maintenance des postes et des liaisons aériennes. Le marché apportera à court terme le drone en vol à vue équipé de capteur infrarouge, dont la miniaturisation avance à grands pas.

Pour le reste, des développements sont nécessaires soit pour passer du prototype de laboratoire au démonstrateur industriel, soit pour développer des solutions spécifiques de nos usages :

Le diagnostic robotisé du câble alu-acier rentre dans la première catégorie, même si les expérimentations ont été considérées comme concluantes, des développements sont encore nécessaires pour que le résultat soit transférable au métier.

Le diagnostic des manchons de câbles aériens, enjeu majeur pour la maintenance des liaisons aériennes, requiert des solutions spécifiques dont le développement sera engagé en 2015.

L'imagerie 3D des liaisons aériennes et de leur environnement à l'aide de Lidar et/ou de satellites sera évaluée sur la base de produits à forte maturité technologique. Des adaptations seront vraisemblablement nécessaires pour les adapter au contexte de RTE.

En parallèle, l'utilisation des drones longue distance fera l'objet d'une veille au plan technique et réglementaire, en coordination avec d'autres gestionnaires d'infrastructure en vue d'en évaluer l'opportunité de l'intégrer dans l'éventail des outils de diagnostic des liaisons.

Le marché propose des outils d'imagerie 3D qui sont utilisés dans l'ingénierie et la maintenance industrielles. Le projet engagera des développements pour y intégrer la dimension électrique, avec la gestion des distances de sécurité au sens de l'UTE C18 510.

S'agissant des nouveaux ouvrages du réseau, le projet a pour objectif de développer des solutions de localisation des défauts sur des liaisons souterraines ou sous-marines de grande longueur, ou de grande profondeur.

Monitoring et méthodes innovantes pour la maintenance et l'exploitation

Le projet monitoring a été créé en 2014 dans le contexte suivant. Les actions conduites au cours des années précédentes ont permis de mener un certain nombre d'expériences de monitoring sur les conducteurs aériens, sur les transformateurs. Ces actions ont été ponctuelles et n'ont pas donné de conclusions marquantes quant au passage au stade industriel du monitoring.

L'objet du projet est de franchir une étape, avec comme facteurs technologiques qui évoluent favorablement la miniaturisation des capteurs, l'émergence de réseaux de transmission bas débits, à bas coûts », le développement dans l'industrie des techniques de traitement de données en masse.

Deux axes de recherche sont mis en œuvre au sein du projet :

Un premier axe transverse, faits de deux actions vise à développer des capteurs innovants, adaptés à l'environnement spécifique qui est celui du réseau de transport :

- un contrat de collaboration est en cours de négociation pour mener cette démarche avec un organisme de recherche à forte dimension technologique. Cette action est partagée avec le projet « moyens d'observation » et avec le programme réseau du futur. Le but est de développer des capteurs destinés à observer aussi bien les infrastructures actuelles que futures.
- dans le cadre du chantier de la Nouvelle France Industrielle, un concours portant sur la captation - transmission du monitoring a été publié en février 2015 sur la plate forme de pacte PME. Il s'adresse aux jeunes pousses, PMI et PME, et a pour objet de susciter de l'innovation sur la couche basse du monitoring, et d'accompagner les lauréats du concours au de la démonstration préindustrielle.

Le deuxième axe consiste à lancer un projet intégrateur sur le monitoring des infrastructures existantes, qui ne sont pas nativement monitorées. Le projet traitera des différentes briques technologiques nécessaires – capteurs, transmission, traitement des données en masse, sur une maille géographique et temporelle suffisante de façon à fournir des éléments suffisants l'industrialisation du monitoring.

Durée de vie du réseau

Le projet « durée de vie » privilégie les méthodes expérimentales pour établir des lois de fiabilité : essais en laboratoires, prélèvements d'échantillons sur le réseau. La première étape de la démarche consiste à définir les besoins, relatifs aussi bien aux problématiques de vieillissement des matériels, qu'aux d'investigation sur les composants de technologie encore jeune. Du fait de la montée en puissance des outils et méthodes développés au sein de Smartlab sur la durée de vie, les essais sont une composante indispensable de validation des modèles.

Le projet embarque un lot de recherche amont sur le vieillissement des matériaux. Le contrat de collaboration, signé avec le CEA en 2014, apportera ses résultats sur la fin du programme. Les sujets ciblés en première étape sont à la corrosion des composants des liaisons : câbles aériens en aluminium-acier, écrans de câbles souterrains atteints par des défauts de gaine, les parties métalliques des isolateurs aériens.

Dans le domaine des liaisons souterraines, un enjeu fort en matière de R&D se situe dans la connaissance du comportement thermique des câbles. Des modèles existent déjà, mais le comportement thermique des sols en est le principal facteur d'incertitude. Différentes actions sont donc menées sur le sujet : elles vont permettre d'avoir une cartographie plus précise du sol français, d'observer et de mieux connaître le comportement dynamique des sols. Les gains sont attendus en ingénierie pour le dimensionnement des nouvelles liaisons, ainsi qu'en exploitation pour la capacité de transport des liaisons existantes. La connaissance du vieillissement des câbles courant continu isolé au polyéthylène est un sujet de R&D, le retour d'expérience sur cette technologie étant encore réduit. Il est abordé en s'appuyant sur les milieux académiques, ainsi que sur des investigations en laboratoires.

La R&D s'attache aussi à trouver des solutions pour maîtriser les conséquences des dégradations diélectriques des extrémités de porcelaine des câbles souterrains.

Dans le domaine des liaisons aériennes, les aspects mécaniques de la R&D sont traités dans le cadre de la chaire de Sherbrooke, avec une composante simulation numérique mais aussi une composante essai, grâce au simulateur hybride de pylônes treillis développé dans le cadre de la chaire.

Smartlab

L'objectif du projet est de constituer une première version de plate forme industrielle d'optimisation des politiques de gestion d'actifs à fin 2016.

Pour cela le projet Smartlab travaille sur deux volets :

1. Fournir de nouvelles méthodes sur la durée de vie afin d'élaborer des lois de fiabilité des matériels, en complément des moyens d'essais physiques conventionnels ;
2. Développer des outils d'optimisation des politiques sur la base des services rendus, qui intègrent les interactions entre politiques, en particulier entre maintenance et renouvellement.

Le volet durée de vie :

- Simulation numérique : Les travaux permettront d'outiller le projet et de montée en compétence sur la résistance mécanique temporelle, avec comme domaines d'application la tenue des charpentes de postes aux courants de court-circuit, et la tenue mécanique d'un câble aérien dégradé par la corrosion, la tenue au vent des liaisons. La modélisation des effets des champs électromagnétiques, du vieillissement de l'isolant papier-huile feront partie des sujets explorés.
- Exploration des données : La faisabilité d'un « datalab » sera étudiée avec l'appui d'un partenaire. En cas de suite positive, l'objectif est de constituer une première version d'un datalab à l'horizon 2015. Cette plateforme a vocation à utiliser les nouvelles approches du Bigdata via des composants unitaires (outils open sources ou payants) à assembler de manière cohérente et efficace, c'est-à-dire en rendant le coût d'accès aux données et méthodes de traitement le plus faible possible. Les techniques d'exploration des données seront quant à elles testées sur différentes études ayant nature de démonstration.

Outils d'optimisation des politiques de gestion d'actifs :

- La réflexion sur la conception générale de la plate forme d'optimisation a débuté avec une évaluation concluante de la théorie des systèmes complexes. Une version bêta d'un outil pré-industriel devrait être livrée en 2015. Un outil transférable aux métiers est programmé pour 2016. En complément, la coopération avec les GRT européens menée dans le cadre du projet Garpur permettra de revisiter les critères de sûreté.

3.3 Programme Système Electrique

Codes de simulation & plates-formes d'étude

Codes de calcul

En 2015, nous mettrons à disposition de manière opérationnelle le code de calcul qui permet d'optimiser les transits de puissance sur la liaison en courant continu France-Espagne. Nous finaliserons aussi le modèle de liaison courant-continu VSC multi-niveaux utilisé pour les études détaillées de fonctionnement du réseau électrique.

Fin 2016, nous déploierons le code de calcul de dynamique lente qui nous permet de simuler la tenue au stress en tension du réseau de transport. Ce nouveau code de calcul permet de mieux prendre en compte certains nouveaux composants récemment intégrés sur le réseau (ex : automate SMACC, liaisons HVDC, ...). En parallèle, nous allons démarrer des travaux prospectifs sur les modèles statiques d'estimation d'état, de calcul de répartition et de courant de court-circuit. Comme les codes dynamiques, ces codes doivent évoluer pour être à même de représenter les nouveaux composants s'intégrant sur le réseau.

Enfin en 2016 nous pourrons publier les premiers résultats de la thèse autour de l'optimisation polynomiale sur des problèmes de grande taille en disposant de premiers éléments sur son utilisation potentielle pour des problèmes réels qui se posent aux GRTs.

Plates-formes d'études de réseau

Fin 2015 nous disposerons d'un prototype fonctionnel de la plateforme d'études iTesla suite au projet de recherche européen. L'année 2016 sera consacrée à l'écriture des spécifications fonctionnelles de la plateforme industrielle.

Exploitation du futur

Réglages secondaires de tension

En 2015, la nouvelle commande en tension implémentée dans le réglage secondaire de tension sera testée et utilisée pour la première fois dans le cadre du raccordement d'une ferme éolienne ainsi que de la mise en service de la nouvelle liaison à courant continu entre la France et l'Espagne. Cette nouvelle commande en tension sera également implémentée en 2015 dans le réglage secondaire coordonné de tension utilisé dans l'Ouest de la France qui accueillera dans les prochaines années de futurs parcs éoliens off-shore et liaisons à courant continu.

Calculs de capacités aux interconnexions

Les travaux de R&D dépendront de la réussite du Go Live du calcul de capacités Flow-Based J-2 sur la région d'Europe du Centre-Ouest (CWE) ainsi que de la sortie du code de réseau paneuropéen CACM où la méthode Flow-Based, impulsée par la R&D, est considérée comme le « modèle cible préférentiel ».

En 2015-2016, les travaux porteront principalement sur :

- L'élaboration de modèles de prévisions de positions nettes qui seront expérimentés en 2015 en vue de pouvoir être industrialisés à partir de 2016. Le périmètre initial de l'étude porte sur CWE, mais pourra ensuite être étendu à l'ensemble de l'Europe.
- L'optimisation des parades sur la région d'Europe du Centre-Ouest (CWE) avec une expérimentation à CORESO qui débutera en 2015. Cette optimisation pourra être mise à profit dans les processus journalier et infra-journalier de calcul de capacités.
- L'automatisation et l'industrialisation du processus de calcul de capacités J-2 réalisé par CORESO sur la région d'Europe du Centre-Sud (CSE).
- Le lancement de travaux méthodologiques sur la région d'Europe du Sud-Ouest (SWE) en vue de fournir des méthodes et des outils permettant de fournir un service de calcul coordonné et optimisé de calcul de capacités aux interconnexions. Les interconnexions augmenteront avec la mise en service de la nouvelle liaison à courant continu entre la France et l'Espagne prévue mi 2015.

Systemes de conduite du futur

La décision d'engagement du projet sur les systèmes de conduite du futur (Apogée) sera prise en 2015. D'une durée de quatre ans, les axes prioritaires de recherche de ce projet portent sur l'hyper-vision du système et l'automatisation des actions. L'année 2015 sera marquée par le début des développements de

la maquette qui sera installée dans le plateau projet R&D avant que le prototype soit installé en salle de conduite. Les premiers modules fonctionnels porteront sur la gestion des manœuvres périodiques et la génération de catalogues de parades. Des partenariats externes seront développés avec pour commencer le lancement d'une thèse sur la mise en œuvre d'approches Data Mining.

Développement futur du réseau

Méthodologies d'études de développement du réseau

Concernant le projet eHighways 2050 : suite à la définition des scénarios de mix énergétiques à étudier et à la définition de la méthodologie d'études à appliquer, afin de bien prendre en compte les dimensions européennes et prospectives de l'exercice, les premiers résultats d'architecture de réseau à l'horizon 2050 seront livrés en 2015. Par la suite, au delà du projet européen EHighways 2050 lui même il faudra veiller à la bonne prise en mains de ces nouvelles méthodes par les équipes en charge des études de développement du réseau européen (processus Ten Year Network Development Plan) à partir de 2016.

Au niveau RTE les travaux sur la méthode de développement par études zonales se sont poursuivis et sont désormais prêts à être présentés et transférés au reste de l'entreprise (début 2015).

Equilibre offre-demande du futur

Estimer, prévoir et gérer la production renouvelable

En 2015, nous allons établir des contacts afin de disposer d'un retour d'expérience sur les prévisions éoliennes offshore afin de développer un modèle de prévision permettant de disposer de prévisions fiables pour la fin 2016.

Les travaux sur le comportement électrotechnique d'un système électrique avec le déploiement massif d'EnR couplées par électronique de puissance se poursuivront en 2015 par le montage d'un projet de recherche européen sur le sujet (réponse à fournir à l'appel d'offres pour mai 2015). Les travaux viseront à définir les modes de contrôle pour ce type de réseau en abordant le sujet à la fois via un mode incrémental (augmentation progressive du taux de pénétration des EnR) et un mode en rupture (100% électronique de puissance). La thèse que nous avons lancée en 2014 sur ce sujet permettra aussi d'avoir des premiers éclairages. Les résultats préliminaires sont attendus en 2015.

Connaître, estimer et prévoir la consommation

Nous poursuivrons en 2015 les travaux que nous avons lancés afin d'automatiser les prévisions de consommation afin de disposer de prévisions plus fréquentes et d'intégrer nos modèles dans une plateforme de prévisions de consommation globale à RTE. La livraison aux utilisateurs finaux est prévue pour 2016.

3.4 Programme Environnement

Eco-Conception

Maîtrise des émissions de SF6 : Expérimentation d'un transformateur de mesure isolé au gaz G³ et d'une solution de récupération des fuites de SF6 (2015)

Alternatives aux produits phytosanitaires : Finalisation des expérimentations (2015)

Analyse de cycle de vie : Finalisation de la méthodologie d'analyse de cycle de vie des infrastructures de réseau électrique avec prise en compte de la dimension système (2015)

Eco-conception des postes électriques : Spécification du projet Poste du futur permettant le développement d'un poste électrique intégrant à la conception les objectifs environnementaux (2016)

Biodiversité

Biodiversité terrestre : REX sur les modes de gestion des emprises de lignes électriques innovants et favorables à la biodiversité (2015)

Avifaune : Méthodologie d'évaluation de la mortalité avifaune (2015)

Biodiversité marine : Mise en place d'un suivi de la qualité de l'environnement sous marin à l'aide de coquilles St Jacques utilisées comme bio indicateurs (2016)

Biologie et réseaux

Résultats de l'étude sur les effets instantanés du champ électromagnétique sur le système nerveux central et les fonctions cognitives (exposition à des CEM 50Hz de l'ordre des mT) (2015)

Résultats de l'étude sur les effets du champ électromagnétique sur les stimulateurs cardiaques (2015)

Résultats de l'étude du lien possible entre exposition CEM et maladies neuro-dégénératives (Alzheimer) (2016)

Résultats de l'étude épidémiologique sur la géo-localisation des cancers pédiatriques (2016)

Projets socio-net

Résultats du projet européen INSPIREGrid, dont l'objectif est de développer de nouvelles approches pour le management des relations et la concertation entre les opérateurs de réseau avec les parties prenantes, en prenant en compte les dimensions sociales (donc non technologiques ou économiques) (2015)

3.5 Programme SmartGrids

Projet Réseaux Electriques Intelligents

En 2015/2016, les premiers objectifs prévus dans la feuille de route seront atteints. D'abord la création de l'association SmartGrids, dont la rédaction des statuts est pilotée par RTE, devrait voir le jour en février 2015. Celle-ci récupérera le pilotage d'un certain nombre d'actions du plan. Elle financera en particulier la création d'un site Web avec le contenu permettant de valoriser la filière et de recruter des adhérents, ce dans le cadre des actions de promotion prévues pour 2015.

Début février sera lancé le premier concours à Idées visant à promouvoir les Jeunes Pousses. RTE lancera un concours autour du monitoring et des capteurs. Le processus de réception des offres et de sélection des vainqueurs aboutira à une remise des prix autour du mois d'octobre. Cela validera par ailleurs une démarche sur laquelle s'appuieront d'autres acteurs en 2015, et RTE les années suivantes puisque nous comptons renouveler l'opération en 2016.

L'important chantier sur la méthodologie d'Analyse Coûts-Bénéfices, également piloté par RTE, donnera lieu à un rapport qui sortira lors du premier trimestre 2015.

Les campus sélectionnés via l'AMI, où nous sommes intervenus de manière importante dans l'élaboration du Cahier des Charges, auront été labellisés par l'Association.

Enfin, le processus de sélection du territoire, où le déploiement des solutions SmartGrids s'opérera, s'achèvera en juin 2015 ce qui entrainera un début de mises en œuvre des solutions en 2016.

NiceGrid

2015 sera pour NiceGrid la dernière année de tests physiques du réseau électrique intelligent. Pour renforcer la qualité des données des expérimentations des années précédentes mais aussi pour tester de manière plus approfondie les use cases pilotage, infrajournalier et demandes simultanées de RTE et ERDF sur le Network Energy Manager et conduire ensuite les analyses. Le projet sera prolongé sur 2016. Durant cette dernière période RTE sera donc particulièrement impliqué sur les nouveaux usages testés et sur l'évaluation finale du démonstrateur.

Greenlys

Pour 2015/2016, RTE proposera 100 scénarios de consommation et de production EnR pour deux périmètres, France et démonstrateur. Ce jeu de données permettra de préciser les aléas qui s'exercent sur le système électrique et de préciser les interactions entre les besoins nationaux et locaux.

Venteea

Au cours de l'année 2015 avec un glissement envisagé sur 2016, représentant la dernière phase du projet, RTE va être essentiellement impliqué dans l'expérimentation du stockage avec un couplage au réseau programmé à la fin du premier semestre 2015. Les différents tests associés aux multiples services, notamment le réglage primaire fréquence puissance seront planifiés sur une période d'un an. Ils permettront notamment de vérifier la bonne adéquation du service de réglage de fréquence avec les attendus de RTE, sachant qu'il est envisagé une évolution des règles Services Système permettant d'ouvrir la participation aux sites de soutirage RPD à compter du 1er janvier 2016 sans prise en compte de l'énergie de réglage et au 1er janvier 2017 avec prise en compte de l'énergie de réglage, l'ouverture à la participation dissymétrique est quant à elle prévue au 1er octobre 2016.

SmartGrid Vendée

En 2015, nous allons poursuivre les réflexions engagées sur les fonctions techniques (Lot 3) : méthodes innovantes de raccordement des ENR (méthodologie, flexibilités pouvant être contractualisées), interfaces pour une coordination en gestion prévisionnelle (dispatching RTE – Agence de conduite ERDF). Nous contribuerons également au Lot 7 relatif à la formation et aux nouveaux métiers en dispensant une formation à la première promotion d'ingénieurs CNAM spécialisés Smart Grid.

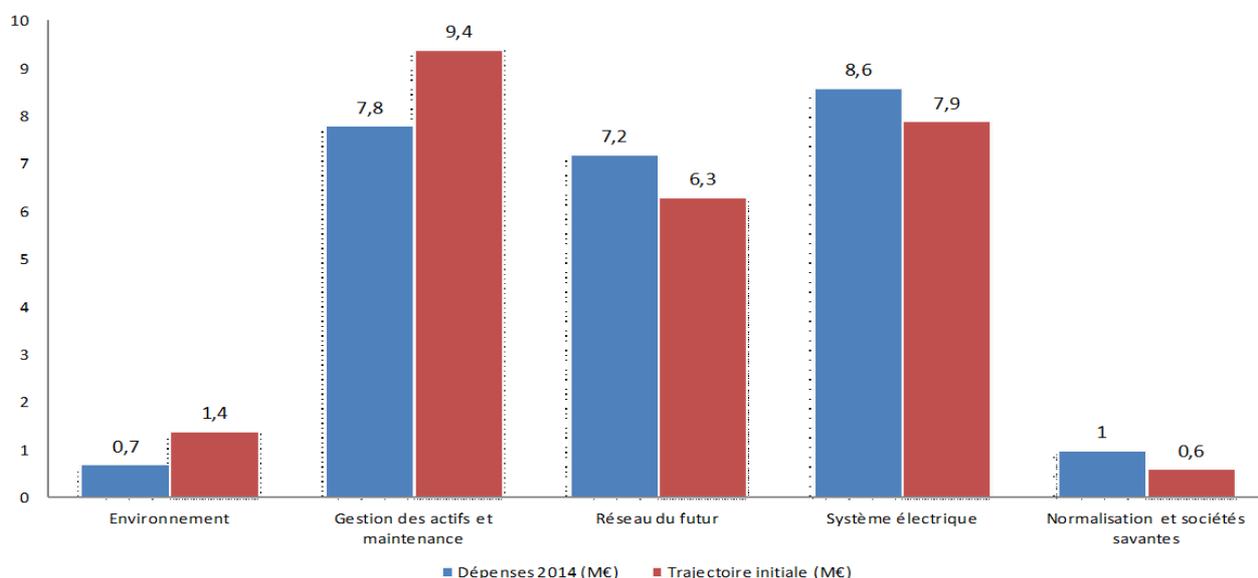
evolVDSO

En 2015 RTE participera aux discussions sur les nouvelles régulations envisagées liées à l'activité des GRD.

4 LES ELEMENTS FINANCIERS SUR L'ANNEE 2014

4.1 Synthèse des montants dépensés en 2014

Le montant des dépenses 2014 est de 25,4 :M€ pour une prévision initiale de 25,6 :M€ (cf. Délibération de la Commission de régulation de l'énergie du 3 avril 2013 portant décision relative aux tarifs d'utilisation d'un réseau public d'électricité dans le domaine de tension HTB).



4.2 Analyse des dépenses en 2014

4.2.1 Programme Réseau du Futur

En 2014, RTE a pu renforcer les activités du programme Réseau du futur notamment sur le projet Poste Intelligent (action sur le Dynamic Line Rating), le projet contrôle-commande du futur (travaux utilisant la plate forme d'essais 61850) et le projet réseaux courant-continu (lancement de collaborations universitaires complétant le projet européen Best Paths).

4.2.2 Programme Gestion des actifs

Comme en 2013, les principaux écarts à la baisse sont liés à l'évolution des essais en laboratoire du programme Gestion des Actifs.

Depuis la décision de cession des laboratoires des Renardières, RTE a cherché à maintenir le niveau de recherche et dépenses projeté, en engageant le programme Smartlab (visant notamment à développer des outils de simulation en lieu et place de certains essais physiques) et en travaillant sur le montage de nouveaux partenariats pour les études de vieillissement.

En 2014, les essais physiques ont ainsi été moindres que prévu dans la trajectoire initiale (négociations avec de nouveaux laboratoires plus longues qu'initialement envisagées et décalage de quelques essais). Concernant les études de vieillissement, nous avons démarré en 2014 un nouveau partenariat.

4.2.3 Programme Système Electrique

Comme pour le programme Réseau du Futur, RTE a renforcé les activités du programme Système Electrique en 2014 via l'accélération du projet Apogée sur le système de conduite du futur et le lancement de collaborations académiques (chaire sur l'analyse et la commande des réseaux électriques intelligents, travaux exploratoires sur la robustesse et la testabilité de systèmes distribués hybrides télécoms/électricité).

4.2.4 Programme Environnement

Le programme Environnement est en écart à la baisse. Ceci est lié au démarrage retardé du projet sur la biodiversité marine.

4.3 Subventions de l'année 2014

Au titre de l'année 2014 le montant comptabilisé des subventions s'est élevé à 1,0 M€ (pour 1,1 M€ de prévu). Les projets concernés sont les projets européens Itesla, eHighway 2050 avec des subventions versées par la Commission Européenne dans le cadre du programme cadre de recherche FP7.

La trajectoire prévue de subventions est de 1,8 M€ en 2015 et 1,8 M€ en 2016. Les subventions seront apportées par la CE (pour les projets FP7), par l'ADEME (Poste Intelligent) et de façon moindre par l'ANR (projet EMODI).

4.4 Les Trajectoires de dépenses sur la période tarifaire

M€ ₂₀₁₄	Réalisé 2013	Réalisé 2014	2015	2016	Total	Référence : Délibération TURPE-4
Programme Environnement	1,2	0,7	1,4	1,5	4,8	5,5
Programme Gestion des actifs	8,9	7,8	10,3	10,1	37,2	38,8
Programme Réseau du Futur	5,2	7,2	7,4	9,4	29,2	28,7
Programme Système Electrique	7,2	8,6	9,2	9,3	34,3	33,1
Normalisation et Sociétés Savantes	0,8	1,0	0,6	0,7	3,1	2,5
Total	23,4	25,4	28,9	31,0	108,6	108,6

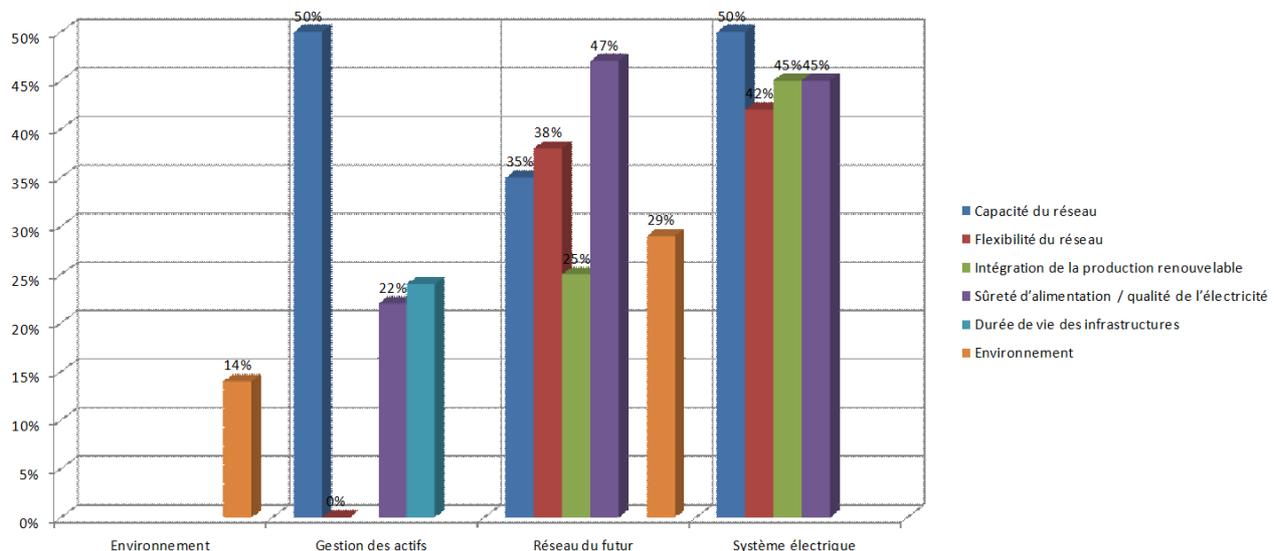
5 LES INDICATEURS DE SUIVI DU BILAN R&D

Afin de suivre la progression du programme de travail R&D sur la période tarifaire 2013- 2016, des jalons correspondants à des attendus en terme d'accomplissement (résultats d'une étude, livraison d'un outil ou d'une méthode ou transfert opérationnel d'une technologie) et de faits marquants (preuve de concepts, spécifications / modélisations) ont été définis sur l'ensemble des programmes de R&D.

Ces jalons n'ont cependant pas tous la même valeur et afin de qualifier la plus-value qui leur est associée selon des indicateurs issus principalement du projet européen GRID+⁶, leur impact – de premier ordre ou de second ordre - sur l'adaptation attendue du transport d'énergie électrique, a été identifié selon les axes suivants :

- Capacité d'accueil (*Increased RES and DER hosting capacity*)
- Flexibilité du réseau (*Increased flexibility from energy players*)
- Intégration de la production renouvelable (*Increased hosting capacity & Reduced energy curtailment of RES and DER*)
- Sécurité d'alimentation / qualité de l'électricité (*Power quality and quality of supply*)
- Durée de vie des infrastructures (*Extended asset life time*)
- Environnement (Non listé dans les indicateurs de GRID+)

Une mise à jour annuelle de la progression de ces indicateurs permet d'établir l'avancée des travaux de R&D selon ces orientations. L'exercice ayant été accompli pour la première fois sur le bilan 2014, il a été réalisé a posteriori sur les éléments de bilan 2013.



Avancement des programmes R&D vis-à-vis de leur contribution aux indicateurs GRID+

5.1 Programme Réseau du Futur

Préparer le réseau du futur s'appuie sur cinq ambitions à long terme :

- 1) **Observer et analyser les potentialités offertes par les progrès technologiques dans l'ensemble des domaines techniques et scientifiques** pour identifier les opportunités de nouvelles solutions permettant d'accroître les performances du réseau en respectant les contraintes économiques et d'acceptabilité qui lui sont imposées.
- 2) **Faire émerger de nouvelles solutions** au service des besoins de l'opérateur de réseau, sur la base d'avancées notamment dans les sciences et technologies des matériaux, les nouvelles technologies de l'information et de la communication ou les nouvelles possibilités offertes par l'électronique de puissance.
- 3) **Spécifier les composants et les conditions de leur mise en œuvre en réponse aux besoins futurs du système électrique**, en soulignant l'importance des aspects industriels (interopérabilité entre constructeurs, les niveaux de fiabilité à atteindre pour chaque composant innovant, résilience du système via des redondances), ceci à des coûts acceptables pour le service rendu.

⁶ Le projet GRID+ vise à accompagner les activités de l'EEGI (European Electricity Grid Initiative) afin de dynamiser les activités de R&D à l'échelle européenne pour la mise en place d'un réseau électrique européen à horizon 2020, à travers la mise en place d'une feuille de route et d'un suivi de celle-ci via une série d'indicateurs.

4) **Valider** par des démonstrations adaptées, en mode exploitation et maintenance, la performance des composants proposés par les constructeurs.

5) **Optimiser le système électrique** en proposant de nouvelles options d'investissements qui tiennent compte de validations expérimentales à grande échelle.

Pour le programme Réseau du Futur, 31 jalons ont été définis à travers 5 thématiques.

Comme le synthétise le tableau ci-dessous, les jalons de ces travaux identifient des contributions de premier ordre (i.e. en vert dans le tableau) dans des recherches visant à l'amélioration de la « Capacité d'accueil » et de la « Flexibilité du système électrique » ; tandis que, parallèlement, les jalons de certains de ces travaux (en noir dans le tableau ci-dessous) apportent également une contribution, mais de second ordre, dans des recherches visant à l'amélioration des items suivants : « Intégration de la production renouvelable », « Sûreté d'alimentation / Qualité de l'électricité » et « Environnement ».

Indicateurs issus de GRID+			Liaison du futur	Poste intelligent	Poste du futur	Contrôle commande du futur	Réseaux à courant continu	Total	Avancement
Increased network capacity at affordable cost	Capacité du réseau	A	3/8	3/7	0/2	3/7	2/7	11/31	35%
Increased system flexibility at affordable cost	Flexibilité du système électrique	B		3/7	0/2	2/4	0/1	5/14	36%
Increased hosting capacity & Reduced energy curtailment of RES and DER	Intégration de la production renouvelable	C		3/7	0/2		0/3	3/12	25%
Power quality and quality of supply	Sûreté d'alimentation Qualité de l'électricité	D		2/5		3/7	2/3	7/15	47%
Extended asset life time	Durée de vie des infrastructures	E						0/0	%
	Environnement	F	2/5		0/2			2/7	29%
Avancement								35%	

D'après le suivi des indicateurs, le programme Réseau du futur a atteint, fin 2014, **35% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.1.1 Liaison du futur

Pour la thématique "Liaison du futur", 8 jalons ont été définis ; ils identifient des contributions de premier ordre dans des recherches visant à l'amélioration de la « Capacité d'accueil » ; parallèlement, certains jalons traduisent également une contribution, mais de second ordre, dans des recherches visant à l'amélioration de l'item « Environnement ».

D'après le suivi des indicateurs, la thématique "Liaison du Futur" a atteint, fin 2014, **38% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.1.2 Poste intelligent

Pour la thématique "Poste intelligent", 7 jalons ont été définis ; ils identifient des contributions de premier ordre dans des recherches visant à l'amélioration de la « Capacité d'accueil » et de la « Flexibilité du système » ; parallèlement, ils apportent également une contribution, mais de second ordre, dans des recherches visant à l'amélioration de la « Sûreté d'alimentation / qualité de l'électricité » ou encore de « l'Intégration des énergies renouvelables ».

D'après le suivi des indicateurs, la thématique "Poste intelligent" a atteint, fin 2014, **43% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.1.3 Poste du futur

Pour la thématique "Poste du futur", 2 jalons ont été définis. Ils identifient des contributions de premier ordre dans des recherches visant à l'amélioration de la « Capacité d'accueil » et de la « Flexibilité du système » ; parallèlement, ils apportent également une contribution, mais de second ordre, dans des

recherches visant à l'amélioration de la prise en compte de « l'Environnement » ou encore de « l'Intégration des énergies renouvelables ».

D'après le suivi des indicateurs, la thématique "Poste du futur" a atteint, fin 2014, **0% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.1.4 Contrôle-commande du futur

Pour la thématique "Contrôle-commande du futur", 8 jalons ont été définis ; ils identifient des contributions de premier ordre dans des recherches visant à l'amélioration de la « Capacité d'accueil » et de la « Flexibilité du système » ; parallèlement, ils apportent également une contribution, mais de second ordre, dans des recherches visant à l'amélioration de la « Sûreté d'alimentation / qualité de l'électricité ».

D'après le suivi des indicateurs, la thématique "Contrôle-commande du futur" a atteint, fin 2014, **38% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.1.5 Réseaux à courant-continu

Pour la thématique "Réseaux à courant-continu", 7 jalons ont été définis. Ils identifient des contributions de premier ordre dans des recherches visant à l'amélioration de la « Capacité d'accueil » et de la « Flexibilité du système » ; parallèlement, certains jalons apportent également une contribution, mais de second ordre, dans des recherches visant à l'amélioration de la « Sûreté d'alimentation / Qualité de l'électricité » ou encore de « l'Intégration des énergies renouvelables ».

D'après le suivi des indicateurs, la thématique " Réseaux à courant-continu" a atteint, fin 2014, **29% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.2 Programme Gestion des actifs

Objectif : Maîtriser la durée de vie de son outil industriel et maîtriser les dépenses qui y sont consacrées requiert de RTE le développement et la mise en œuvre de politiques de maintenance et de renouvellement optimisées en termes de services rendus.

Pour le programme Gestion des Actifs, 29 jalons ont été définis à travers 4 thématiques.

Comme le synthétise le tableau ci-dessous, les jalons de ces travaux identifient des contributions de premier ordre (i.e. en vert dans le tableau) dans des recherches visant à l'amélioration de la « Durée de vie des infrastructures » ; tandis que, parallèlement, les jalons de certains de ces travaux (en noir dans le tableau ci-dessous) apportent également une contribution, mais de second ordre, dans des recherches visant à l'amélioration des items suivants : "Sûreté d'alimentation / Qualité de l'électricité", "Flexibilité du système électrique" et "Capacité d'accueil".

Indicateurs issus de GRID+		Moyens d'observation	Monitoring	Durée de vie	Smartlab	Total	Avancement	
Increased network capacity at affordable cost	Capacité du réseau	A		1/2		1/2	50%	
Increased system flexibility at affordable cost	Flexibilité du système électrique	B	0/4			0/4	0%	
Increased hosting capacity & Reduced energy curtailment of RES and DER	Intégration de la production renouvelable	C				0/0	0%	
Power quality and quality of supply	Sûreté d'alimentation Qualité de l'électricité	D	2/7	0/1		2/8	25%	
Extended asset life time	Durée de vie des infrastructures	E	2/7	0/4	3/10	2/8	7/29	24%
	Environnement	F				0/0	0%	
Avancement						23%		

D'après le suivi des indicateurs, le programme Gestion des Actifs a atteint, fin 2014, **23% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.2.1 Moyens d'observation

Pour la thématique "Moyens d'observation", 7 jalons ont été définis. Ils identifient des contributions de premier ordre dans des recherches visant à l'amélioration de la « Durée de vie des infrastructures » ; parallèlement, ils apportent également une contribution, mais de second ordre, dans des recherches visant à l'amélioration de la "Sûreté d'alimentation / Qualité de l'électricité".

D'après le suivi des indicateurs, la thématique "Moyens d'observation" a atteint, fin 2014, **29% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.2.2 Monitoring

Pour la thématique "Monitoring", 4 jalons ont été définis. Ils identifient des contributions de premier ordre dans des recherches visant à l'amélioration de la « Durée de vie des infrastructures » ; parallèlement, ils apportent également une contribution, mais de second ordre, dans des recherches visant à l'amélioration de la "Flexibilité du système" ou, pour un seul jalon, la "Sûreté d'alimentation / Qualité de l'électricité".

D'après le suivi des indicateurs, la thématique "Monitoring" a atteint, fin 2014, **0% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.2.3 Durée de vie du réseau

Pour la thématique "Durée de vie du réseau", 10 jalons ont été définis sur les lignes souterraines, sous-marines et aériennes. Ils identifient des contributions de premier ordre dans des recherches visant à l'amélioration de la « Durée de vie des infrastructures » ; parallèlement, certains jalons traduisent également une contribution, mais de second ordre, dans des recherches visant à l'amélioration de la "Capacité d'accueil".

D'après le suivi des indicateurs, la thématique "Durée de vie du réseau" a atteint, fin 2014, **30% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.2.4 Smartlab

Pour la thématique "Smartlab", 8 jalons ont été définis. Ils identifient des contributions de premier ordre dans des recherches visant à l'amélioration de l'item "Durée de vie des infrastructures" (exclusivement).

D'après le suivi des indicateurs, la thématique "Smartlab" a atteint, fin 2014, **25% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.3 Programme Système Electrique

L'optimisation en continu du système électrique nécessite d'examiner toutes les sources d'amélioration sur les trois couches du réseau (matériel, logiciel et marché) et ceci pour les trois constantes de temps du système (exploitation-court terme, gestion des actifs, et développement réseau). Les différents objectifs poursuivis au sein du programme Système Electrique s'articulent avec les programmes Réseau du Futur et Gestion des actifs et visent principalement à :

- 1) Intégrer de nouvelles technologies dans le système électrique** (nouveaux composants pour le réseau de transport, nouveaux moyens de production, consommation flexible, moyens de stockage...).
- 2) Mieux exploiter le système électrique d'aujourd'hui et de demain** en améliorant en continu les méthodes et outils actuels d'exploitation du système électrique tout en préparant la génération future de ces méthodes et outils d'exploitation.
- 3) Améliorer les méthodes et outils de développement de réseau** en tenant compte des évolutions de contexte du système électrique européen.
- 4) Assurer l'équilibre offre-demande** en s'appuyant notamment sur de nouveaux modèles de marché et en développant des outils de modélisation, simulation et optimisation pour pouvoir estimer et prévoir la production renouvelable et la consommation afin de mieux gérer l'équilibre offre/demande.

Pour le programme Système Electrique, 29 jalons ont été définis à travers 4 thématiques.

Comme le synthétise le tableau ci-dessous, les jalons de ces travaux identifient des contributions de premier ordre (i.e. en vert dans le tableau) dans des recherches visant à l'amélioration des items : « Intégration de la production renouvelable », « Flexibilité du système électrique » et « Sûreté

d'alimentation / Qualité de l'électricité ». Parallèlement, les jalons de certains de ces travaux (en noir dans le tableau ci-dessous) apportent également une contribution, mais de second ordre, dans des recherches visant à l'amélioration des items suivants : « Capacité du réseau ».

Indicateurs issus de GRID+		Codes de simulation & plates-formes d'étude	Exploitation du futur	Développement futur du réseau	Equilibre offre-demande du futur	Total	Avancement
Increased network capacity at affordable cost	Capacité du réseau	A	0/1	2/4	3/5	5/10	50%
Increased system flexibility at affordable cost	Flexibilité du système électrique	B	2/5	3/9	3/5	8/19	42%
Increased hosting capacity & Reduced energy	Intégration de la production renouvelable	C	4/9	3/9	3/5	13/29	45%
Curtailment of RES and DER	Sûreté d'alimentation	D	4/9	3/9	3/5	13/29	45%
Power quality and quality of supply	Qualité de l'électricité	D	4/9	3/9	3/5	13/29	45%
Extended asset life time	Durée de vie des infrastructures	E				0/0	0%
	Environnement	F				0/0	0%
Avancement						45%	

D'après le suivi des indicateurs, le programme Système Electrique a atteint, fin 2014, **45% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.3.1 Codes de simulation et plates-formes d'étude

Pour la thématique "Codes de simulation et plates-formes d'étude", 9 jalons ont été définis. Ils identifient des contributions de premier ordre dans des recherches visant à l'amélioration des items : « Intégration de la production renouvelable », « Flexibilité du système électrique » et « Sûreté d'alimentation / Qualité de l'électricité » ; parallèlement, certains jalons apportent également une contribution, mais de second ordre, dans des recherches visant à l'amélioration de la « Capacité d'accueil ».

D'après le suivi des indicateurs, la thématique "Codes de simulation et plates-formes d'étude" a atteint, fin 2014, **44% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.3.2 Exploitation du futur

Pour la thématique "Exploitation du futur", 9 jalons ont été définis. Ils identifient des contributions de premier ordre dans des recherches visant à l'amélioration des items : « Intégration de la production renouvelable », « Flexibilité du système électrique » et « Sûreté d'alimentation / Qualité de l'électricité » ; parallèlement, ils apportent également une contribution, mais de second ordre, dans des recherches visant à l'amélioration de la « Capacité d'accueil ».

D'après le suivi des indicateurs, la thématique " Exploitation du futur " a atteint, fin 2014, **33% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.3.3 Développement futur du réseau

Pour la thématique "Développement futur du réseau", 5 jalons ont été définis. Ils identifient des contributions de premier ordre dans des recherches visant à l'amélioration de deux items : « Intégration de la production renouvelable », « Flexibilité du système électrique » et « Sûreté d'alimentation / Qualité de l'électricité » ; parallèlement, ils apportent également une contribution, mais de second ordre, dans des recherches visant à l'amélioration de la « Capacité d'accueil ».

D'après le suivi des indicateurs, la thématique « Développement futur du réseau » a atteint, fin 2014, **40% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.3.4 Equilibre offre-demande du futur

Pour la thématique "Equilibre offre-demande du futur", 6 jalons ont été définis. Ils identifient des contributions de premier ordre dans des recherches visant à l'amélioration des deux items : « Intégration de la production renouvelable » et « Sûreté d'alimentation / Qualité de l'électricité » (exclusivement).

D'après le suivi des indicateurs, la thématique « Equilibre offre-demande du futur » a atteint, fin 2014, **50% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.4 Programme Environnement

Objectif : Les opérateurs de réseau ont besoin de solutions nouvelles pour répondre aux défis posés au système électrique européen, ceci pour avoir une capacité de réponse face à l'opposition du public qui se manifeste aussi bien à l'occasion de l'extension du réseau que lors des opérations de maintenance.

Pour le programme Environnement, 14 jalons ont été définis à travers 4 thématiques.

Comme le synthétise le tableau ci-dessous, les jalons de ces travaux identifient des contributions de premier ordre (i.e. en vert dans le tableau) dans des recherches visant à l'amélioration de la prise en compte de « l'Environnement » (ils n'apportent pas de contribution substantielle dans les autres domaines).

Indicateurs issus de GRID+		Eco-conception	Biodiversité	Biologie et réseaux	Socionet	Total	Avancement
Increased network capacity at affordable cost	Capacité du réseau	A				0/0	0%
Increased system flexibility at affordable cost	Flexibilité du système électrique	B				0/0	0%
Increased hosting capacity & Reduced energy	Intégration de la production renouvelable	C				0/0	0%
curtailment of RES and DER							
Power quality and quality of supply	Sûreté d'alimentation Qualité de l'électricité	D				0/0	0%
Extended asset life time	Durée de vie des infrastructures	E				0/0	0%
	Environnement	F	1/6	0/3	0/4	1/2	2/15
Avancement						13%	

D'après le suivi des indicateurs, le programme Environnement a atteint, fin 2014, **13% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.4.1 Eco-conception

Pour la thématique Eco-conception, 6 jalons ont été définis ; ils identifient des contributions de premier ordre dans des recherches visant à l'amélioration de la prise en compte de « l'Environnement ».

D'après le suivi des indicateurs, le projet Eco-conception a atteint, fin 2014, **17% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.4.2 Biodiversité

Pour la thématique Biodiversité, 3 jalons ont été définis ; ils identifient des contributions de premier ordre dans des recherches visant à l'amélioration de la prise en compte de « l'Environnement ».

D'après le suivi des indicateurs, le projet Biodiversité a atteint, fin 2014, **0% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.4.3 Biologie et réseau

Pour la thématique Biologie et réseau, 4 jalons ont été définis ; ils identifient des contributions de premier ordre dans des recherches visant à l'amélioration de la prise en compte de « l'Environnement ».

D'après le suivi des indicateurs, le projet Biologie et réseau atteint, fin 2014, **0% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.

5.4.4 Socionet

Pour la thématique Socionet, 2 jalons ont été définis ; ils identifient des contributions de premier ordre dans des recherches visant à l'amélioration de la prise en compte de « l'Environnement ».

D'après le suivi des indicateurs, le projet Socionet a atteint, fin 2014, **50% de ces objectifs** sur la période 2013-2016.