



Le réseau de l'intelligence électrique



LES RÉSEAUX DE TRANSPORT D'ÉLECTRICITÉ DU FUTUR

Présentation MEDEE – Lille - MAI 2015

Didier ZONE – Centre National d'Expertise Réseaux de RTE

1



4461 M€

de chiffre d'affaires



379 M€

de résultat net



8 500

salariés

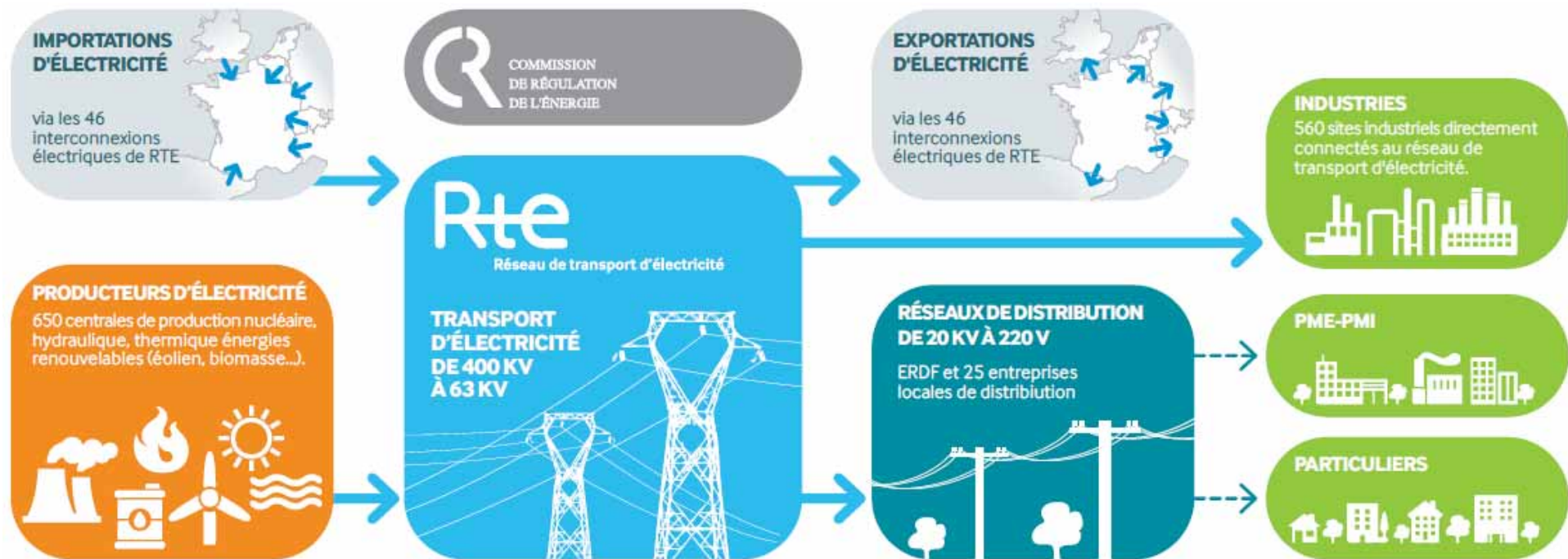
RTE

Opère, maintient et développe
le réseau de transport d'électricité en France

Est responsable de l'équilibre offre/demande

Assure le design du marché de l'électricité en France

RTE PARMIS LES ACTEURS DU SYSTÈME



LE RÉSEAU DE TRANSPORT EN FRANCE



2700 postes électriques

105000 kms de lignes HT
et THT

NOTRE « TERRAIN DE JEU »

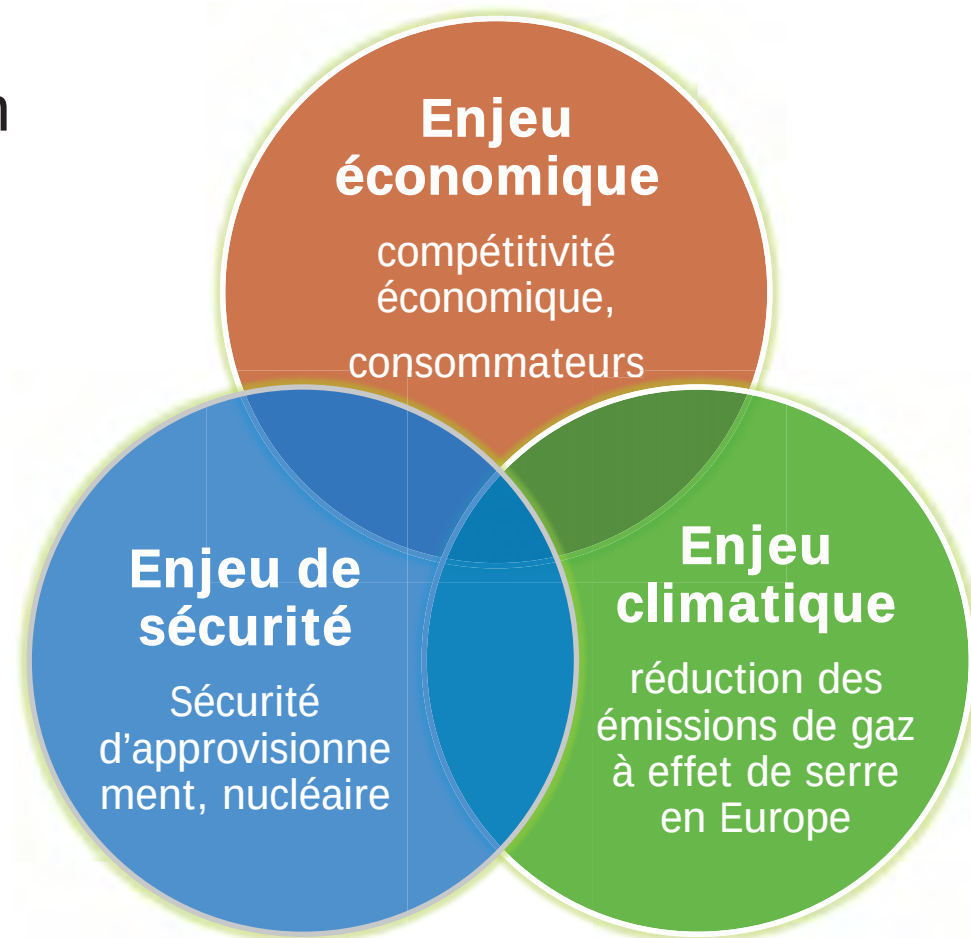


2

Contexte et enjeux

2.1 - LE CONTEXTE EUROPÉEN

Trois enjeux en interaction



UNE HISTOIRE ÉCRITE AU NIVEAU EUROPÉEN



À BRUXELLES

2020

Contraignant / national



Emissions de CO₂, par rapport à 1990

Contraignant / national



De renouvelable dans l'énergie finale

Indicatif / Europe



Efficacité énergétique

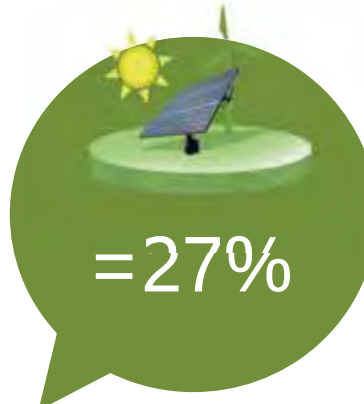
2030

Contraignant / national



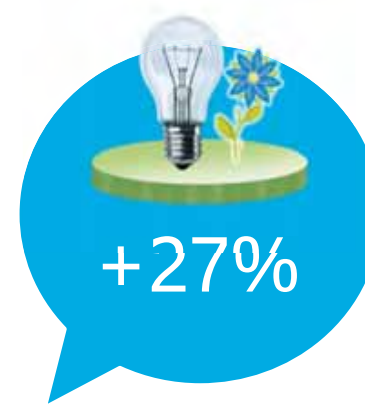
Emissions de CO₂, par rapport à 1990

Contraignant / Europe



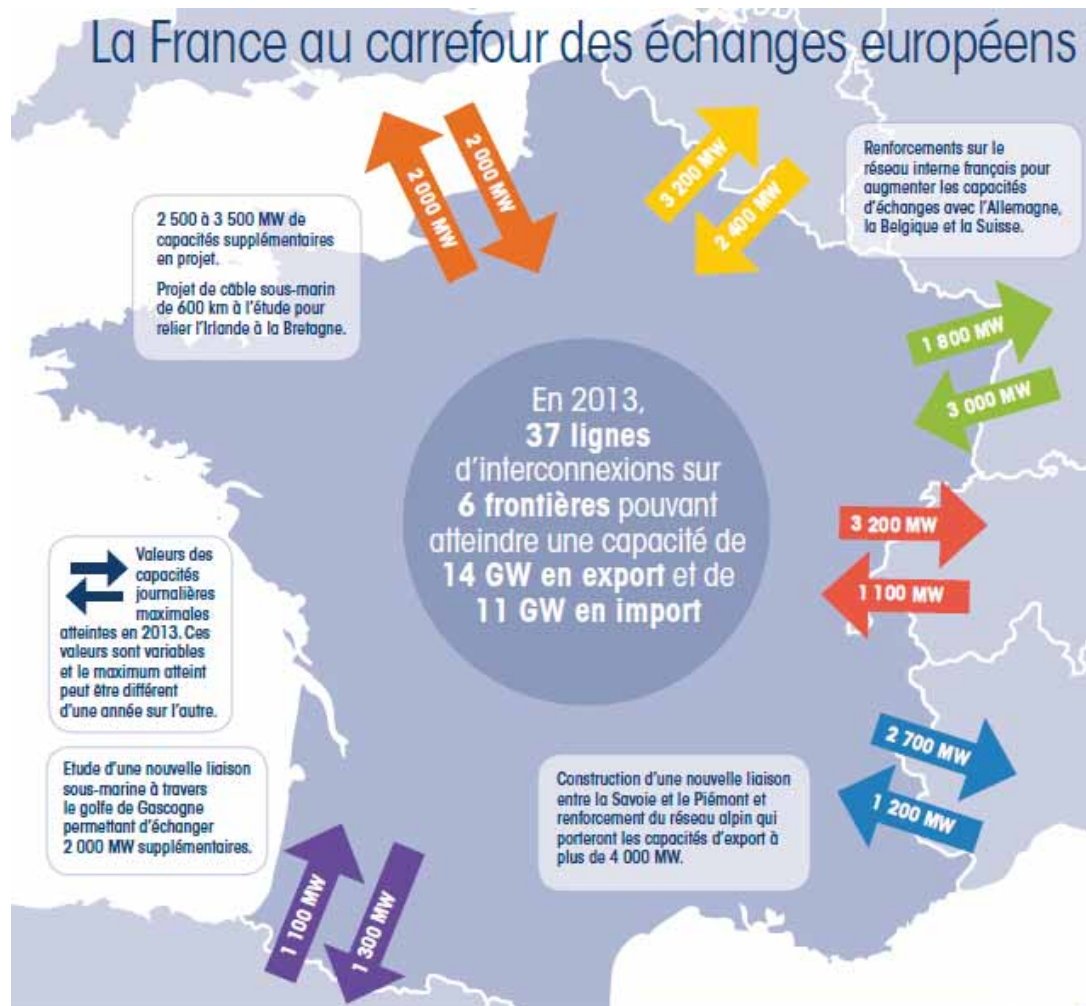
De renouvelable dans l'énergie finale

Indicatif / Europe



Efficacité énergétique

2.2 - UN RÉSEAU INTERCONNECTÉ



L'Europe est la région la plus interconnectée du monde

600

millions de consommateurs

3 355 TWh

d'électricité produite en 2013

+ de 300 000 km

de lignes très haute tension

341

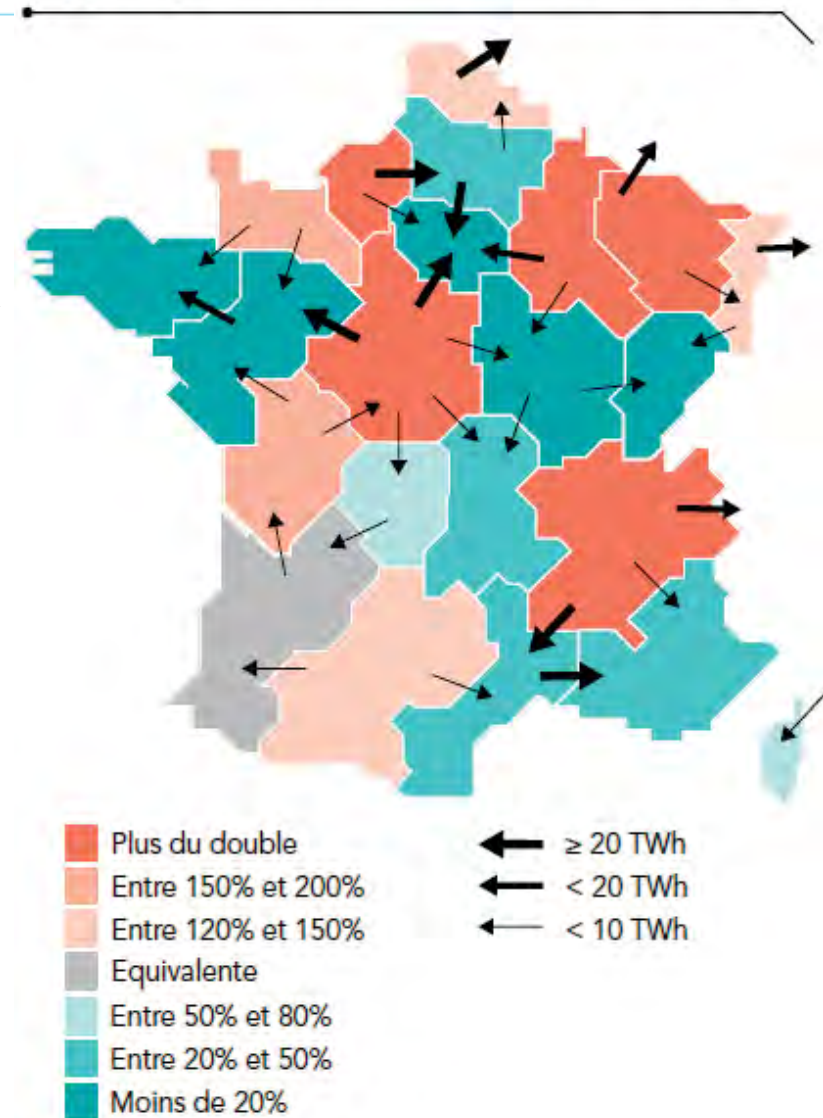
lignes d'interconnexion

2.3 - LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

De fortes concentrations de moyens de production renouvelables

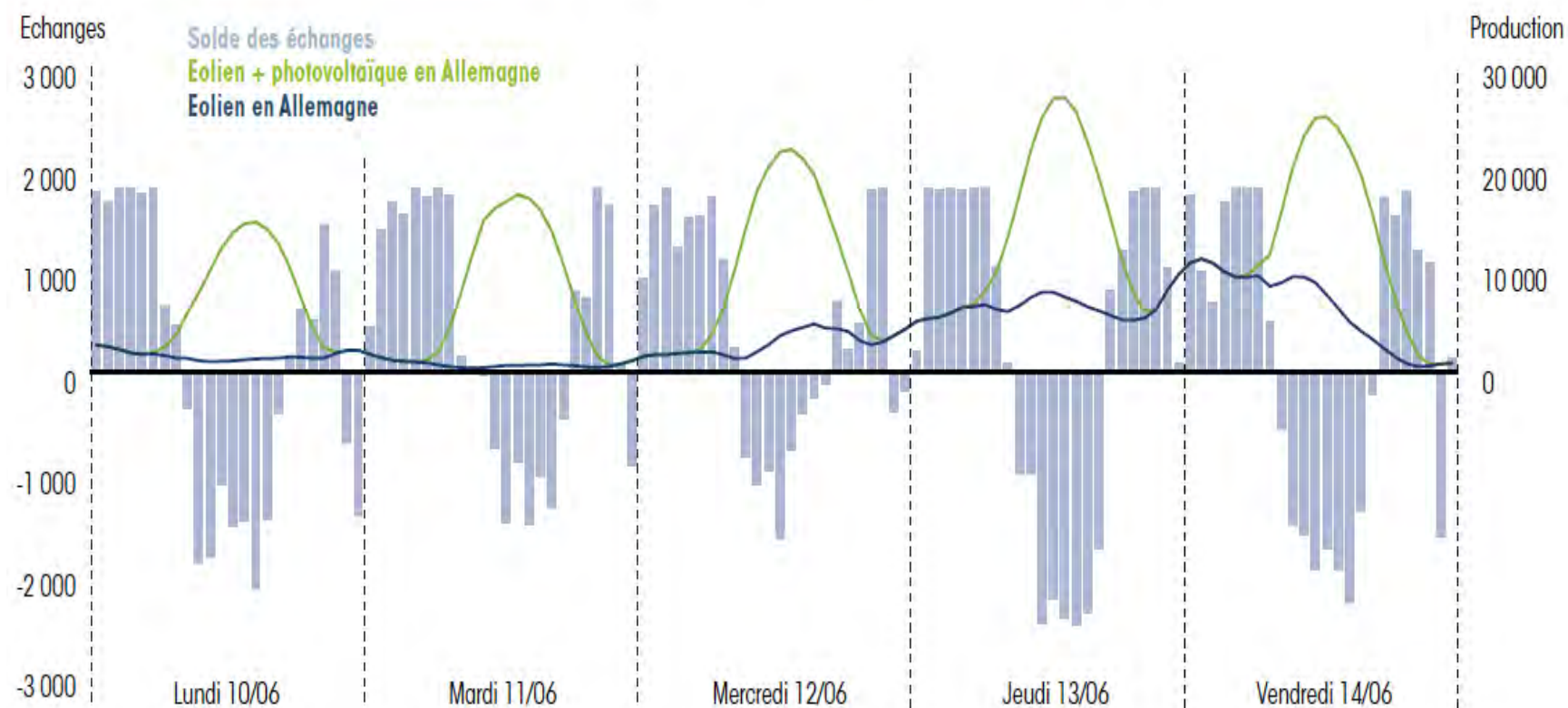


Rapport production/consommation en 2014



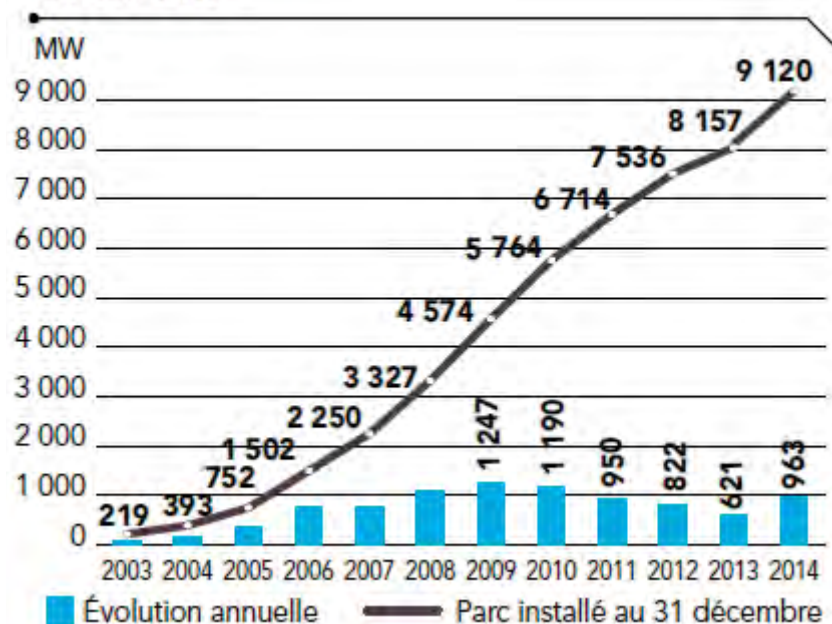
2.3 - LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Evolution comparée du solde des échanges sur la frontière franco-allemande et de la production éolienne et photovoltaïque en Allemagne sur une semaine de 2013 (MW)

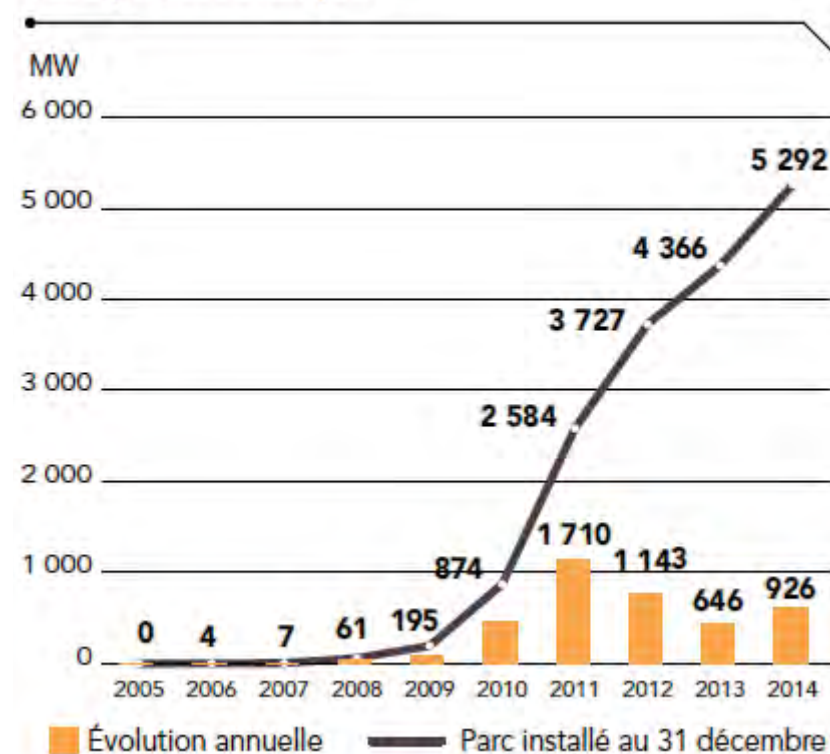


ÉVOLUTION DE PUISSANCES INSTALLÉS ENR

Parc éolien

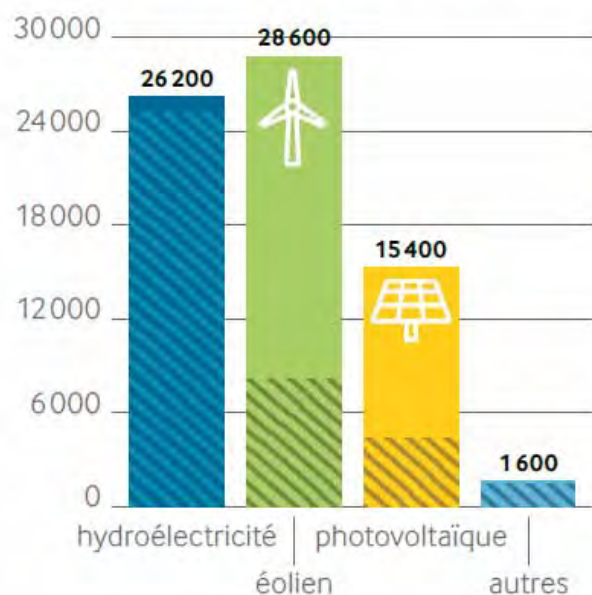


Parc photovoltaïque

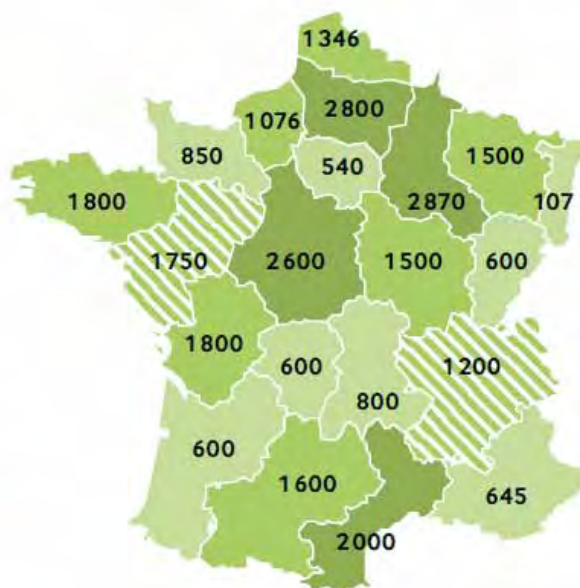


SRCAE : AMBITIONS FORTES ET CONTRASTÉES

Estimation des ambitions EnR 2020 sur l'ensemble de la France, hors Corse (MW)

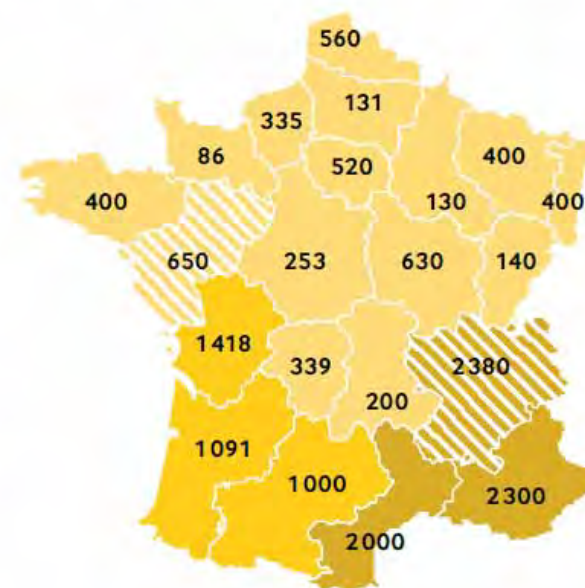


Ambitions 2020 des SRCAE pour l'éolien terrestre (MW)



- 0 - 1 000 MW
- 1 000 - 2 000 MW
- Plus de 2 000 MW
- SRCAE publié au 1^{er} mars 2014
- SRCAE mis en consultation

Ambitions 2020 des SRCAE pour le photovoltaïque (MW)



- 0 - 1 000 MW
- 1 000 - 2 000 MW
- Plus de 2 000 MW
- SRCAE publié au 1^{er} mars 2014
- SRCAE mis en consultation

EOLIEN OFFSHORE



DE NOUVEAUX HORIZONS : ÉOLIEN FLOTTANT - HYDROLIENNES

■ Des technologies très différentes en concurrence, mais à peine quelques prototypes en essai à travers le monde :

- Portugal 2 MW. Japon (2 MW)
+ poste flottant en mer (33 kV)

■ Une filière en effervescence

- Des demandes de PTF sans suite pour de fortes puissances en Méditerranée (500 à 600 MW)

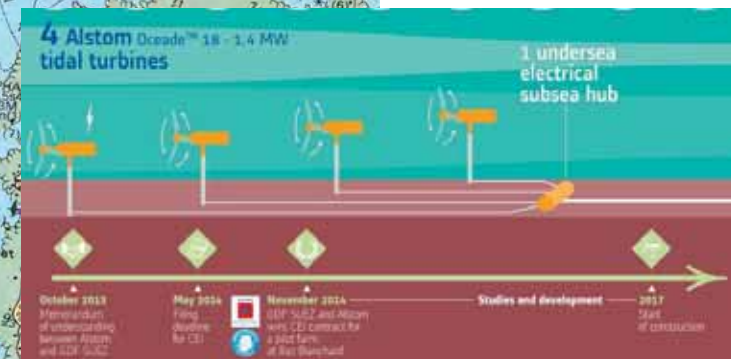
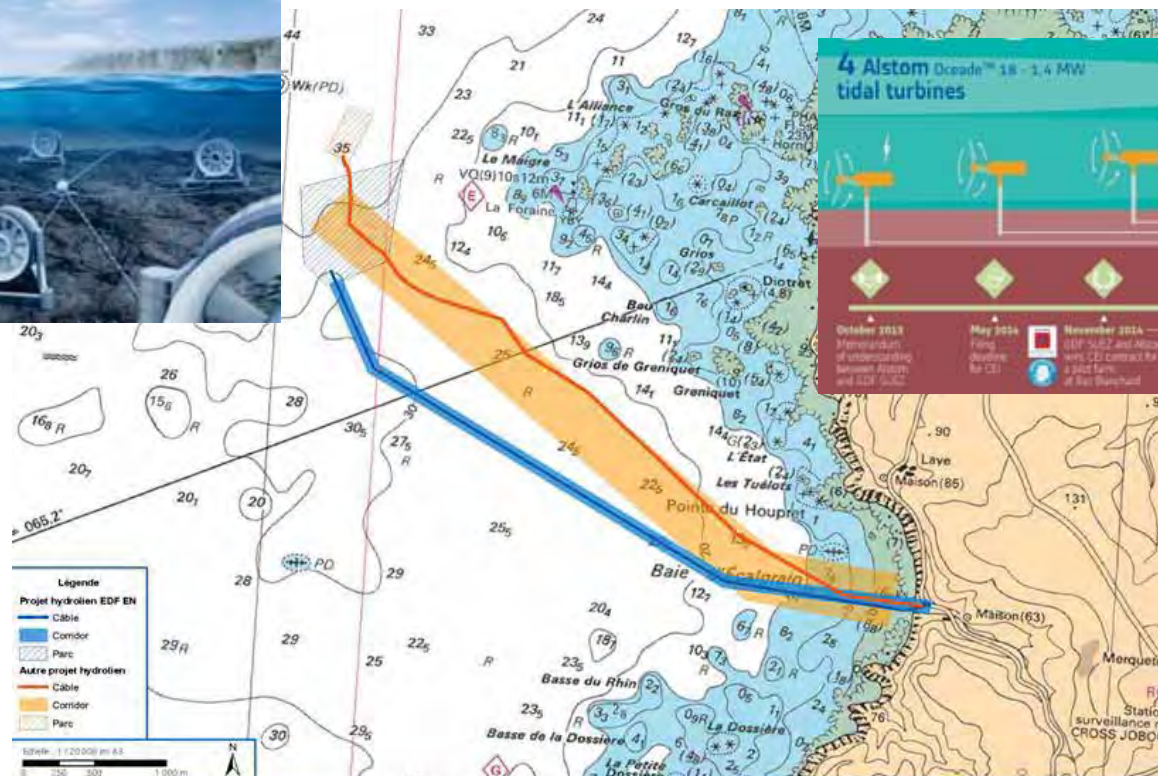
■ La DGEC souhaite s'en tenir aux deux projets pilotes en cours :

- Projet Nénuphar avec EDF EN à Fos-sur-Mer
- Projet Winflo avec Nass&Wind à Groix



DE NOUVEAUX HORIZONS : LES HYDROLIENNES

- ✓ Deux projets attribués dans le cadre de l'AMI fermes pilotes hydroliennes
- ✓ Dépôt de dossiers en 2015, mise en service prévue en 2018
- ✓ EDF EN/DCNS pour 14 MW (7 machines)
- ✓ GDF Suez/Alstom pour 8,4 MW



Réseau CC Mer du Nord

proposition de topologie pour un réseau électrique offshore conforme au scénario de capacité installée éolien

CAPACITE INSTALLEE PLANNIFIEE (MW)

	2000	2020
BELGIQUE	3,000	3,000
DANEMARK	3,000	3,000
FRANCE	3,000	3,000
ALLEMAGNE	3,000	3,000
ROYAUME-UNI	3,000	3,000
PAYS-BAS	3,000	3,000
NOUVEAU	3,000	3,000
TOTAL	18,000	18,000

LEGENDE

- RESEAU PROPOSE EN OUTRE MER LE LONG DU COTE
- RESEAU OPERATIONNEL EN PLACE
- PARCS EOLIENS « JAUVES » INSTALLEES PLANNIFIEES
- PARCS EOLIENS « JAUVES » INSTALLEES PLANNIFIEES

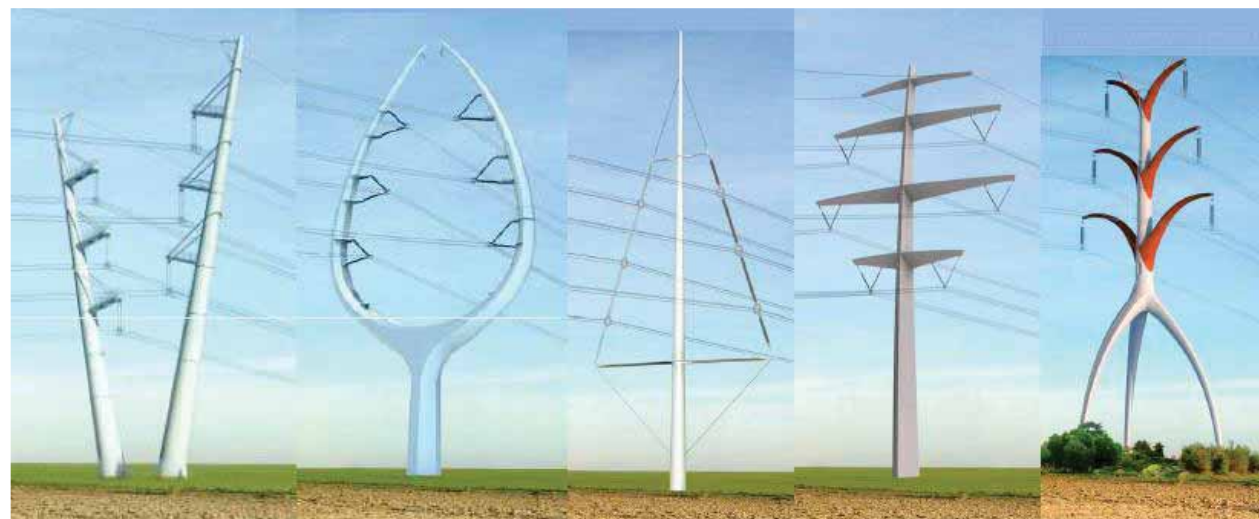
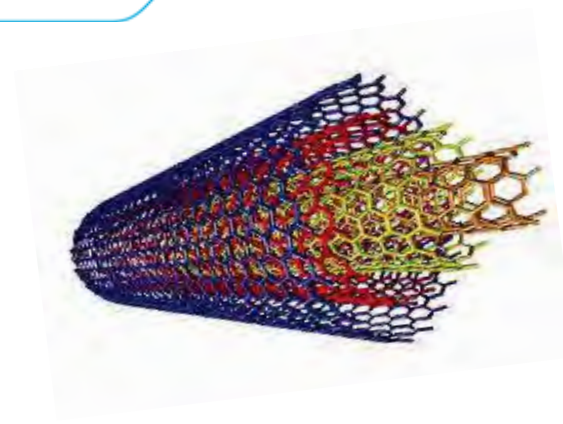
Cartographie : Les données sont issues de la base de données de l'Agence Française de l'Énergie (AFE) et de la base de données de l'Agence Française de l'Énergie (AFE) et de la base de données de l'Agence Française de l'Énergie (AFE).

Greenpeace

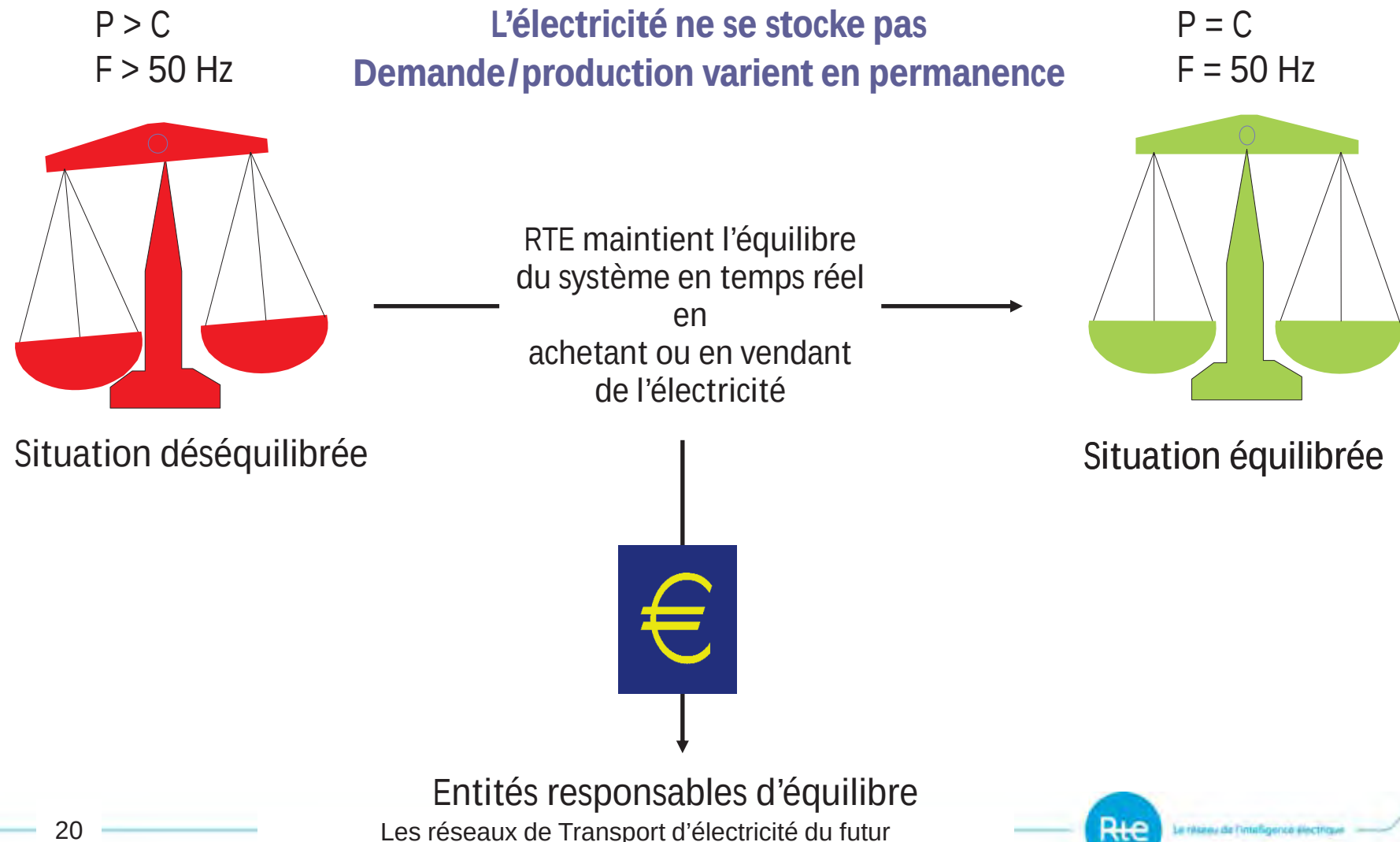
www.greenpeace.fr



2.4 – DES TECHNOLOGIES NOUVELLES

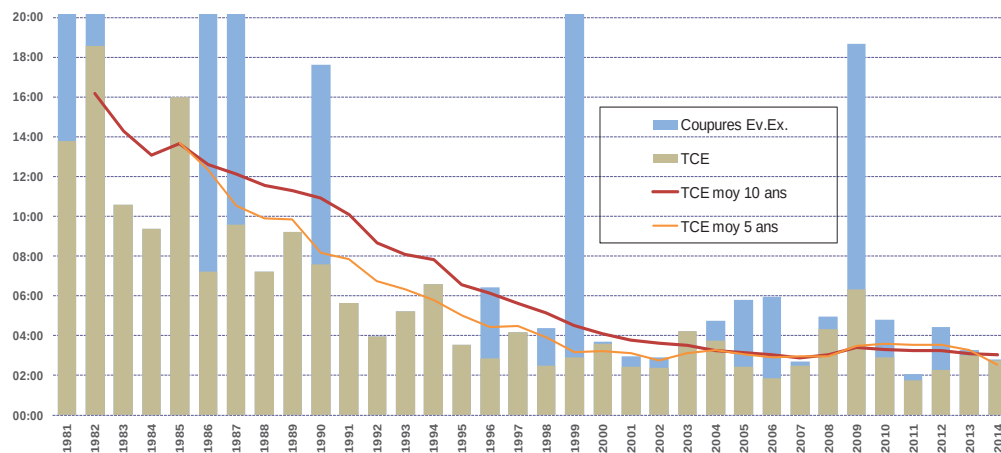


2.5 – DES ATTENTES DES CLIENTS ET UN MARCHÉ EUROPÉEN



2.5 – DES ATTENTES DES CLIENTS, UN MARCHÉ EUROPEEN

Evolution du TCE



2.5 – DES ATTENTES DES CLIENTS ET UN MARCHÉ EUROPÉEN

Maintenance



Incident climatique



Martin-Lothar 1999
Klaus 2009

Développement ingénierie



Alimentation PACA: projet
Boutre Broc Carros

Exploitation



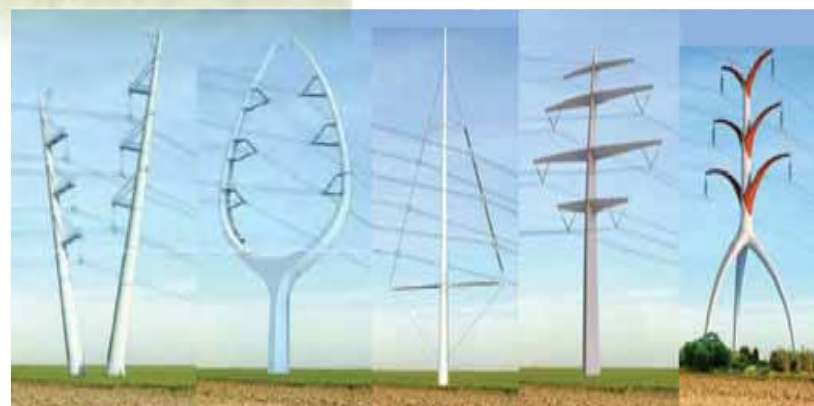
Black Out Allemand
Nov 2006

Bases de données



Perte observabilité

2.6 – UN RAPPORT DIFFERENT A L'ENVIRONNEMENT



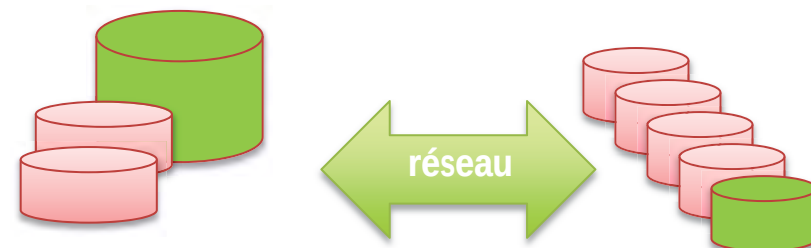
2.7 – UN CHANGEMENT RADICAL DE MODELE

XX ème siècle | XXI ème siècle

Marchés nationaux	▪ Marché européen intégré
Intégration verticale	▪ Séparation des activités
Peu d'interconnexion essentiellement pour des raisons de sécurité de fonctionnement	▪ Augmentation des interconnexions
Opposition modérée	▪ Environnement régulé
	▪ Forte opposition (NIMBY - BANANA)
	▪ Réduction CO2: objectif 3 x 20
<i>Prévision de la consommation et action sur la production</i>	



Une part de la production est intermittente



3



Quelles évolutions sur les
réseaux?

POUR FAIRE FACE À CES ENJEUX, DES ÉVOLUTIONS

Un réseau qui doit s'adapter rapidement pour réussir l'intégration des énergies renouvelables

Un réseau qui vieillit : comment y faire face à coût et qualité maîtrisés

Le recours massif au Courant Continu au cœur du réseau de transport



- Sécurité d'alimentation
- Gestion des tensions basses
- Gestion des tensions hautes
- Maîtrise des intensités de court-circuit
- Stabilité du réseau

- Projet de renforcement de ligne
- Projet de création de nouvelle ligne
- Projet à l'étude
- Projet de création ou d'adaptation de poste électrique

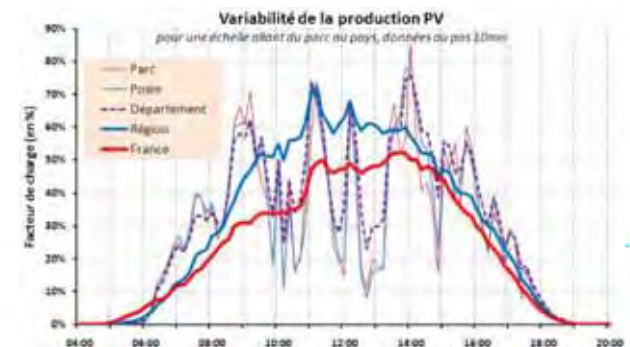
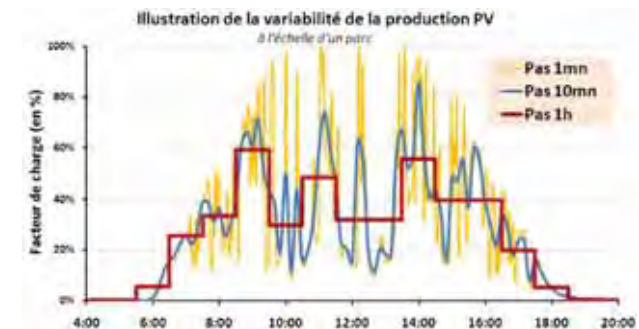
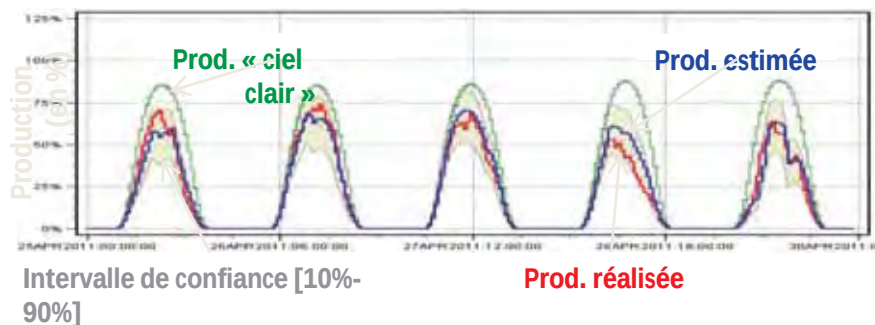
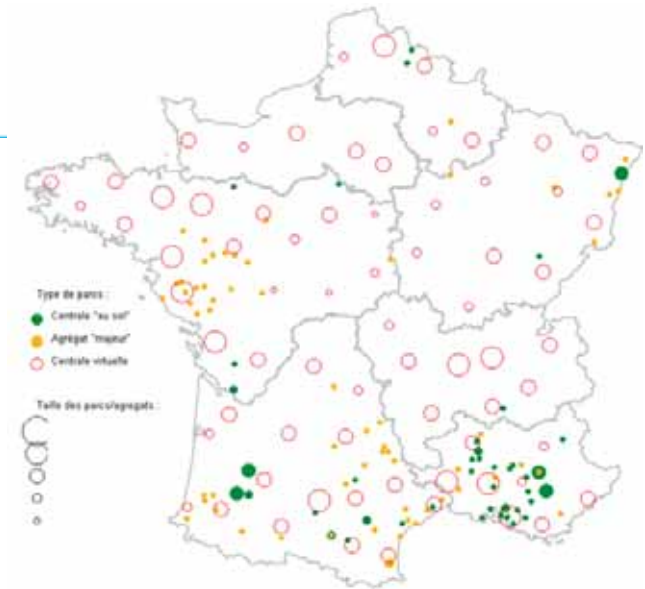
- ### Accueil de production

-  Cycle combiné gaz
-  Éolien, Photovoltaïque
-  Hydrolien

PRÉVOIR DE MIEUX EN MIEUX LES ENR

La prévision est essentielle pour prévoir la veille pour le lendemain les possibilités de réaliser l'équilibre entre offre et demande

- Le projet IPES fournit des prévisions pour l'éolien terrestre
- Prévoir la production à base de solaire photovoltaïque
- Améliorer la prévision de l'éolien terrestre (sur des zones plus petites)
- Prévoir l'énergie éolienne offshore ... et demain les hydroliennes

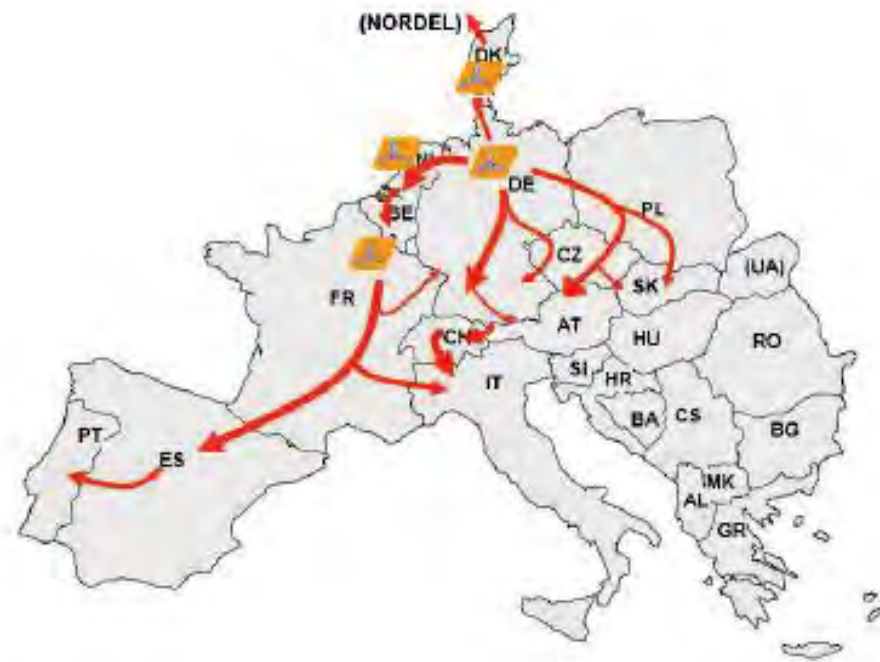


COORDONNER L'EXPLOITATION EN EUROPE

Objectif : Améliorer la flexibilité et les performances du réseau par une meilleure coordination.

Méthode : Outil de supervision et de contrôle du système électrique utilisant modules de DLR (Dynamic Line Rating) ainsi que des PMU (Phasor Measurement Unit) et contrôlant des transformateurs Déphaseurs et des liaisons HVDC

Partenaires : ELIA, RTE, Siemens, CORESO, ULG, KUL, ULB, Alstom



DES OUTILS INNOVANTS POUR LA CONDUITE DES RESEAUX



Système de conduite du futur:

preuve de concept sur l'hypervision et
l'automatisation

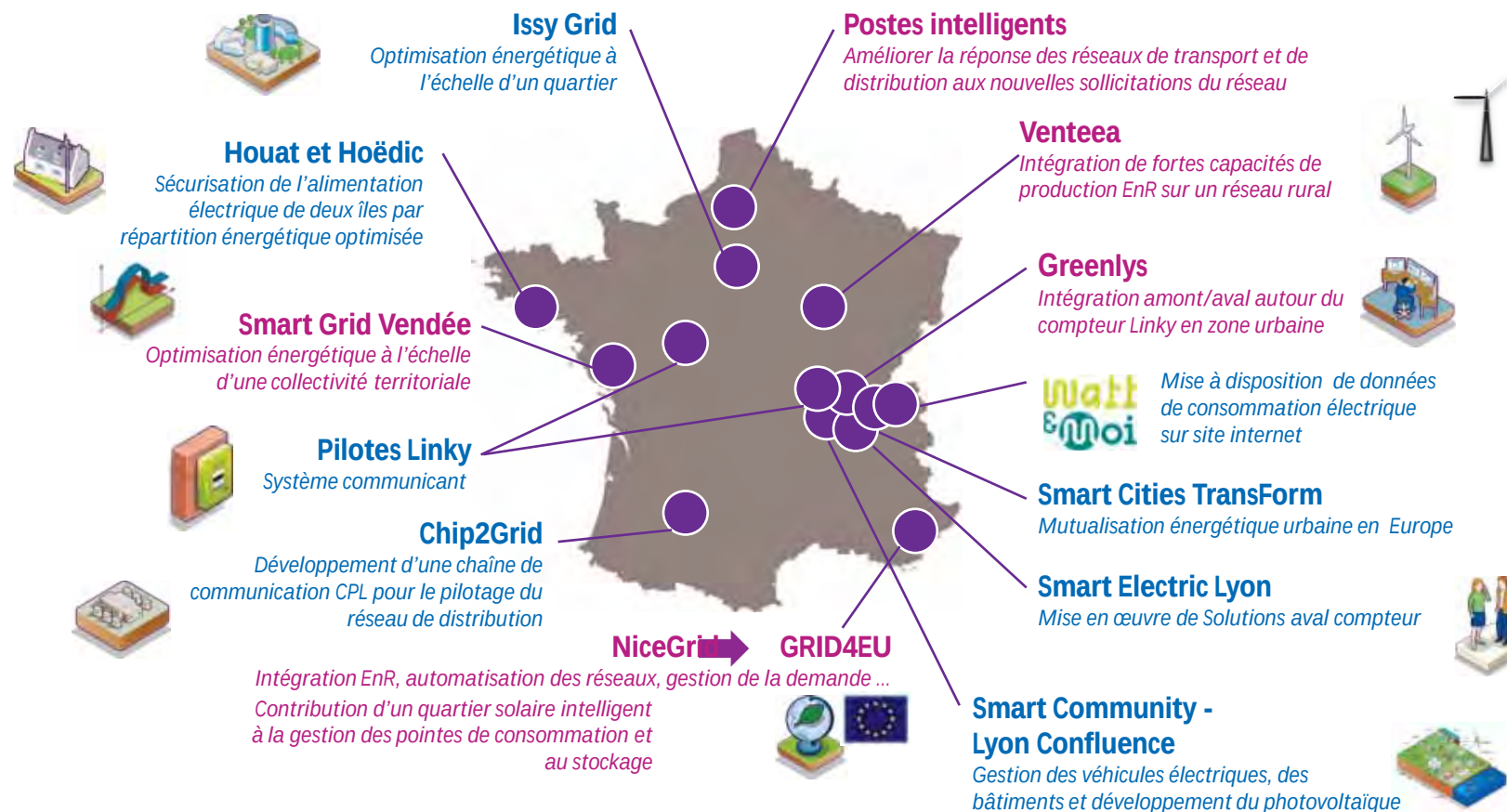
optimisation des pertes & manœuvres
périodiques

Rapidité et traçabilité des échanges avec
les équipes d'intervention



AGIR SUR LA CONSOMMATION : LES PROJETS SMART GRIDS

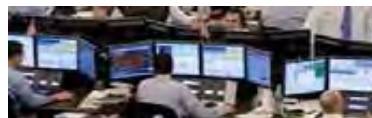
RTE leader



AGIR SUR LA CONSOMMATION : LES PROJETS SMART GRIDS

3.

Marché



2.

Exploitation du
système



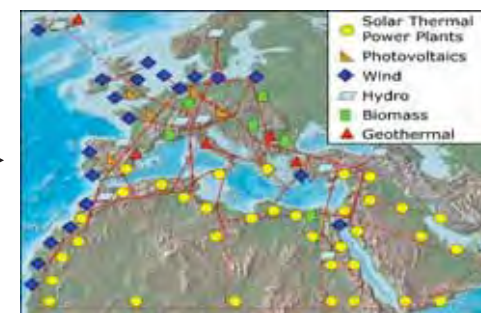
1.

Infrastructures



...spatiales...

...fonctionnelles...



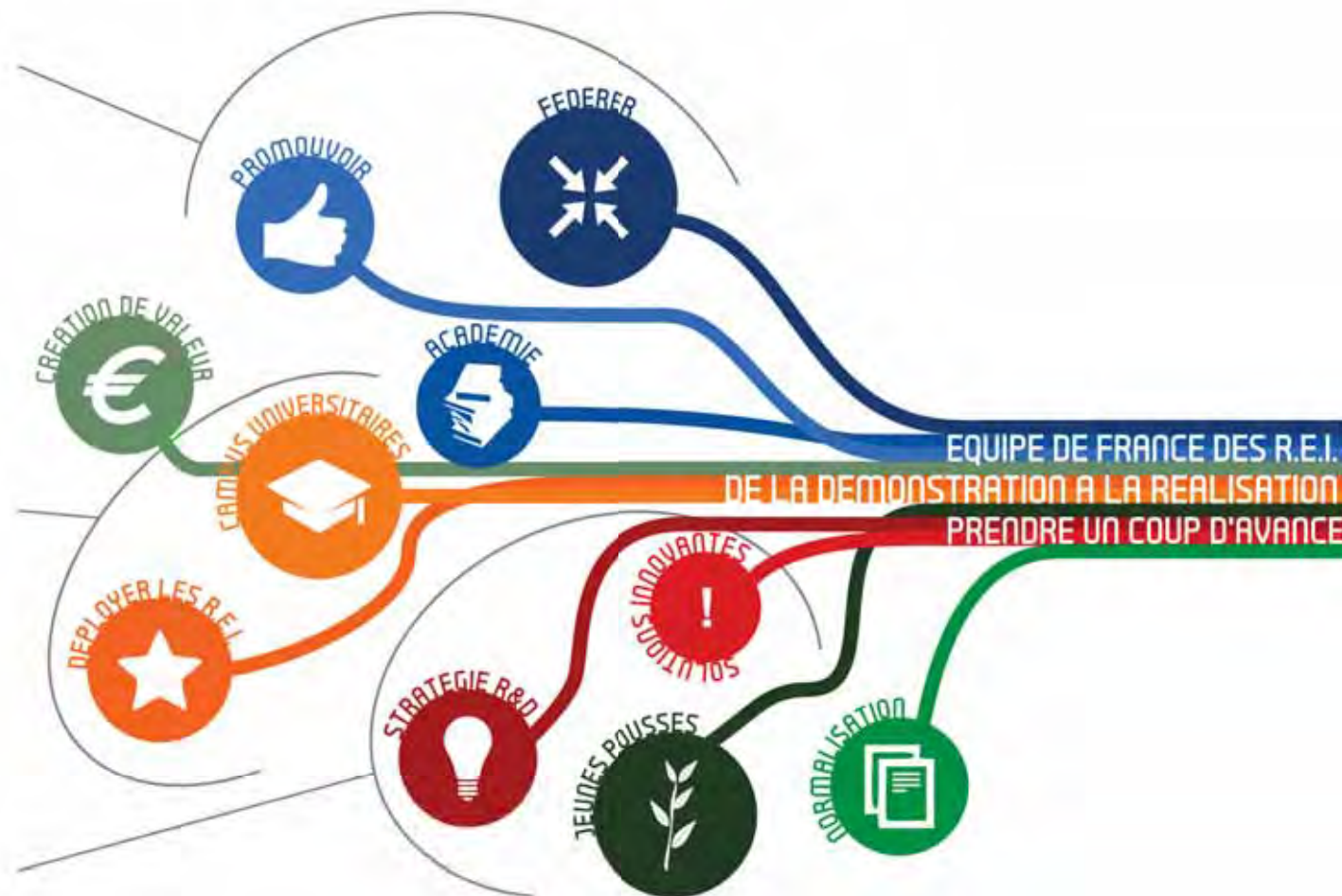
- Des solutions déjà opérationnelles existent (Linky, IPES, CORESO, Poste Intelligent, NEBEF, Monitoring, *tout ne relève pas de la R&D*) ; sinon, les solutions technico-économiques les plus pertinentes sont à trouver...

LE PROJET REI DANS LE CADRE DE LA NOUVELLE FRANCE INDUSTRIELLE

UN GROUPEMENT
ET UNE VITRINE
■► 2014

UN DEPLOIEMENT
A GRANDE ECHELLE
■■■■► 2017

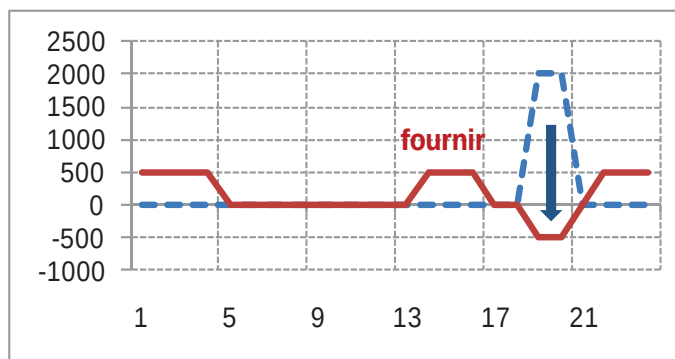
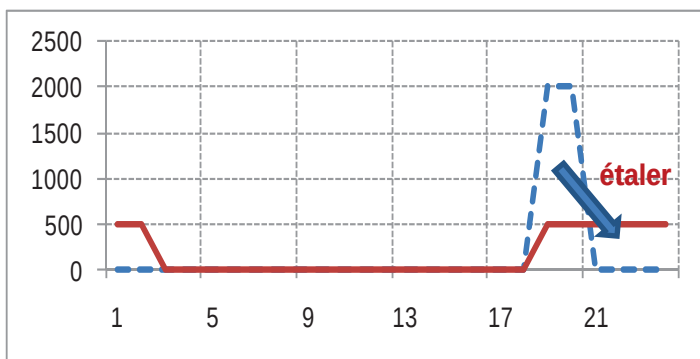
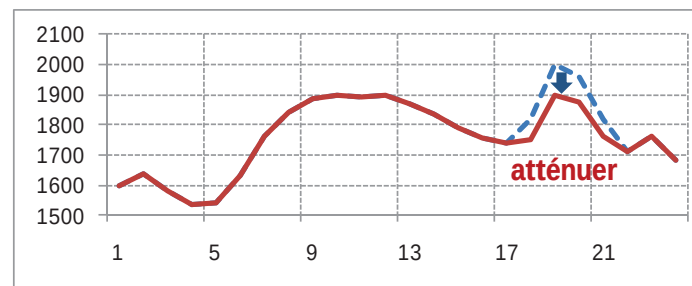
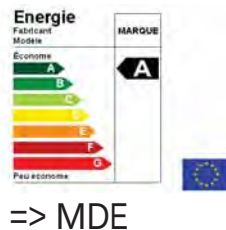
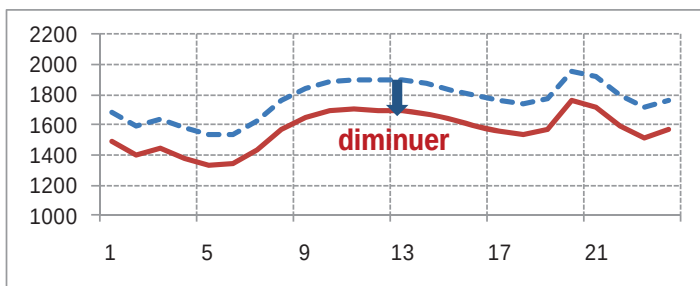
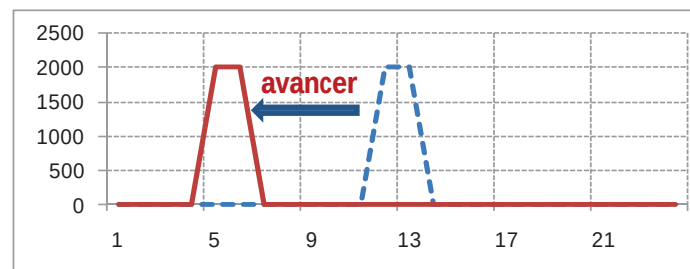
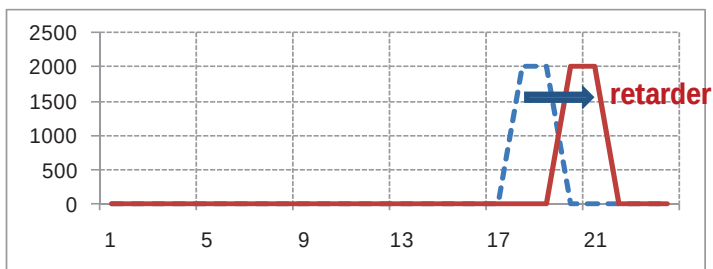
UNE STRATEGIE
LONG-TERME
■■■■■■■■■■► 2020



COMMENT MODULER LA DEMANDE ?



Différentes stratégies d'action sur la courbe de charge



SMARTGRID : LE POSTE « INTELLIGENT » DU FUTUR

→ *Tester des technologies innovantes
autour de 2 postes*



Un poste
Transport
Blocaux



1 ou 2
postes
sources
Alleux

→ *Sur la base des avancées pré-industrielles actuelles :*
horizon de 2 à 4 ans

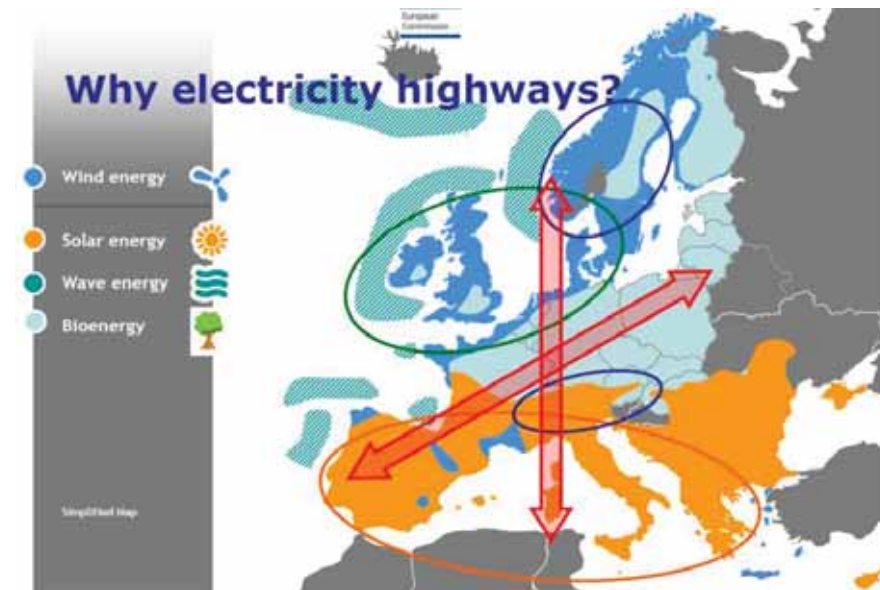
→ *En explorant au maximum les interfaces :*
poste MT/BT, production ENR raccordée aux postes, bâtiments
énergétiques pilotables, téléconduite...

→ *Utiliser les avancées en technologie numérique*

Technologies de télécommunication
Numérisation/Informatisation
Architectures de calcul réparties



E-HIGHWAY 2050



Le projet e-Highway2050 est le premier projet européen ayant pour but de définir ce que sera le réseau de transport d'électricité et le système électrique à un horizon très long terme: 2050.

Les résultats du projet permettront alors de définir les orientations du système électrique à l'échelle européenne.

IMAGINER LES SOLUTIONS DE LIGNES AÉRIENNES POUR DEMAIN

Bimétallique



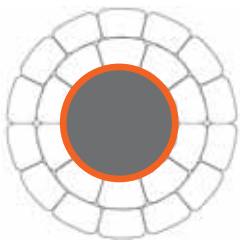
Brins conducteurs trapézoïdaux en aluminium recuit
Ame acier à très haute résistance mécanique
→ fonctionnement max : 200°C

Composite à matrice métallique



Brins conducteurs trapézoïdaux en aluminium/zirconium
Ame composite aluminium à fibres métalliques
→ fonctionnement max : 240°C

Composites à Matrice Organique



Brins conducteurs trapézoïdaux en aluminium/zirconium ou aluminium recuit
Ame composite organique à fibres de carbone
→ fonctionnement max : environ 180°C

Des premiers calculs réalisés sur différents **nanotubes de carbone**

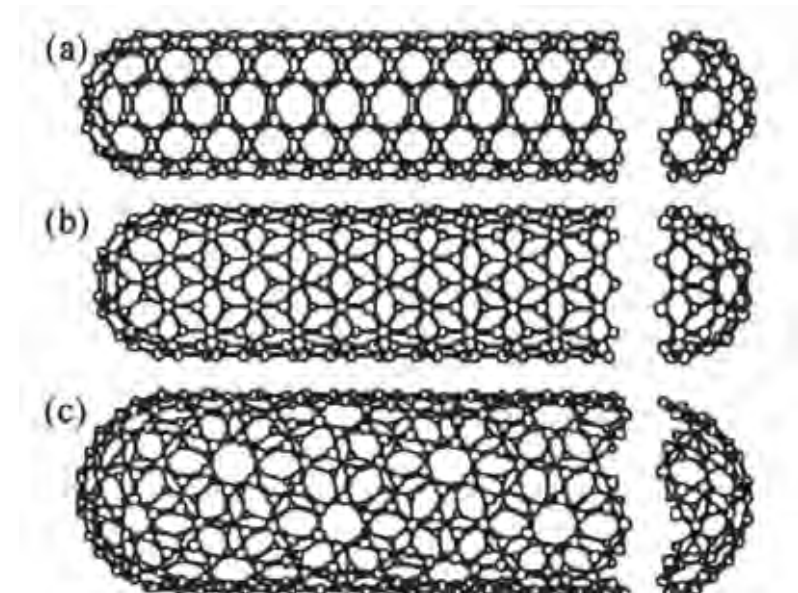
Une étude en cours (CEA- labo X)

Paramètres analysés :

- la géométrie du tube/son enroulement
- le nombre d'atomes
- le diamètre du tube

Constat principal : la géométrie est l'élément influençant le plus la conductivité

Montage d'un projet européen pour aboutir à un prototype dans 5 ans ... peut être



LA SUPRACONDUCTIVITÉ DE FORTE PUISSANCE :

5 GW pour transporter les ENR sur de longues distances

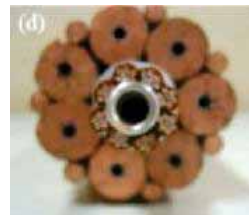
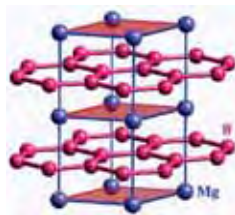
Un composé innovant : MgB_2 Pas de diélectrique solide

L'hydrogène liquide joue à la fois le rôle de diélectrique et de fluide cryogène

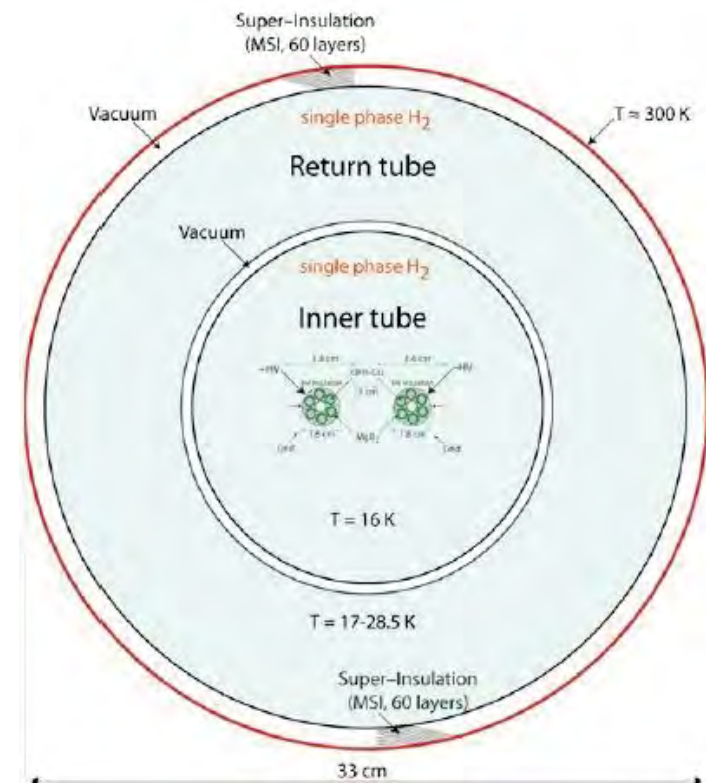
- Objectif = ± 125 kV DC
- Pour le transit de 40 kA en régime nominal, soit 5 GW !

Isolant thermique

- Vide et 60 feuilles super-isolantes pour limiter les pertes thermiques



Aller-retour du fluide de refroidissement dans deux enveloppes concentriques



TWENTIES : UN PROJET R&D EUROPÉEN POUR INTÉGRER LES ÉNERGIES ÉOLIENNES OFFSHORE

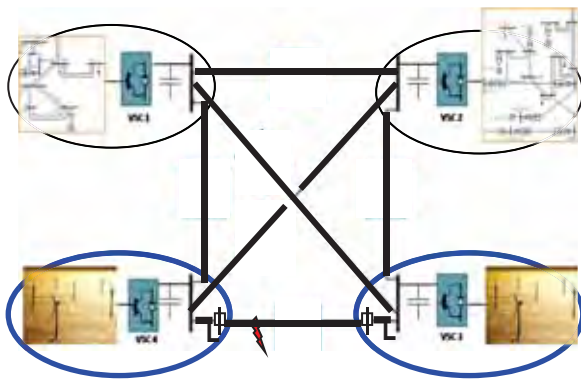
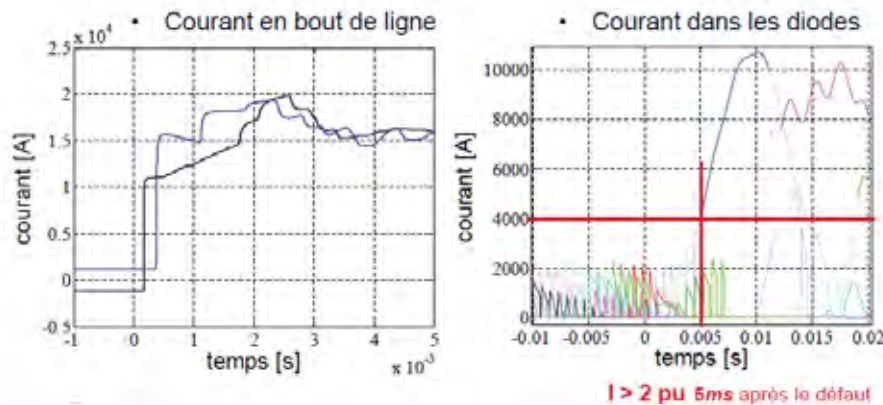


Objectif : Permettre l'insertion dans le réseau des parcs éoliens offshore, entre autre de la mer du Nord

Méthode : Démonstrateur à échelle réduite d'un réseau à courant-continu, prototype d'un disjoncteur courant-continu et du système de protection associé

Partenaires : RTE, Alstom Grid, ABB, University of Strathclyde, INESC Porto, University College Dublin, RSE

DÉVELOPPER LES RÉSEAUX COURANT CONTINU



Etudes technico-économiques

Analyse des interactions entre les réseaux DC et AC et détermination des contrôles des réseaux DC et de leur protection.



Démonstration du fonctionnement d'un réseau DC

Réalisation d'un réseau DC à échelle réduite et simulation temps réel hybride.



Démonstration d'un module de disjoncteur CC en 2012

Les essais d'un module permettant de valider le concept de disjoncteur seront réalisés dans les laboratoires d'Alstom Grid.

Applications possibles au delà de 2020

Les prototypes permettent d'envisager une industrialisation future.

MAIS AUSSI COMMENT FAIRE ACCEPTER NOS OUVRAGES?

- Recherche sur les champ électromagnétique et la santé
- Projet sur des méthodes innovantes de concertation : projet européen INSPIRE GRID



- Etudes sur la biodiversité : comment nos installations peuvent offrir un terreau favorable à la biodiversité (terrestre et marine) ?

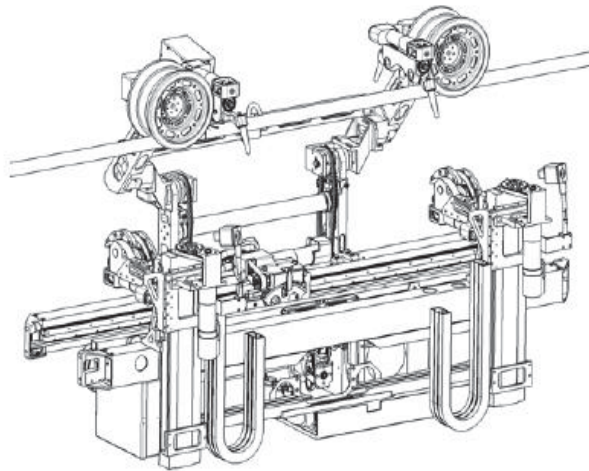
IMAGINER LES LIGNES AÉRIENNES DE DEMAIN

Imaginer de nouvelles formes et de nouveaux concepts :
inverser le sens de la démarche designer - ingénieur

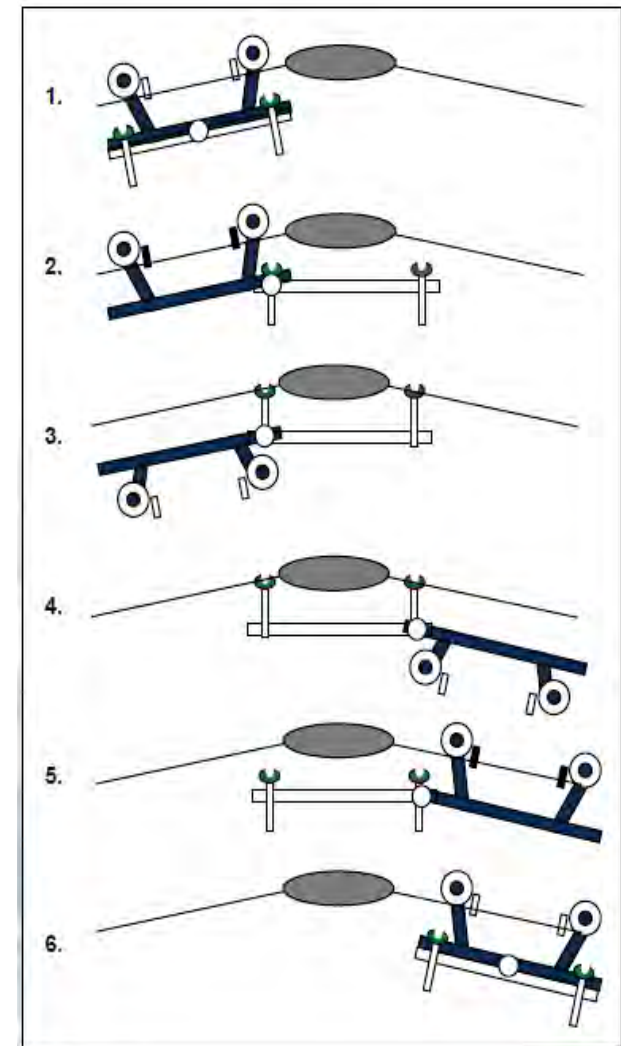


INTEGRER LES EVOLUTIONS DE LA ROBOTIQUE

- Travail prospectif sur la robotique avec université Pierre et Marie Curie
- Profiter de l'expérience d'HydroQuébec en matière de robotique



Capteurs innovants pour le diagnostic des conducteurs



DES DRONES POUR AMÉLIORER LE DIAGNOSTIC ET LA RÉACTIVITÉ

Plusieurs expérimentations menées:

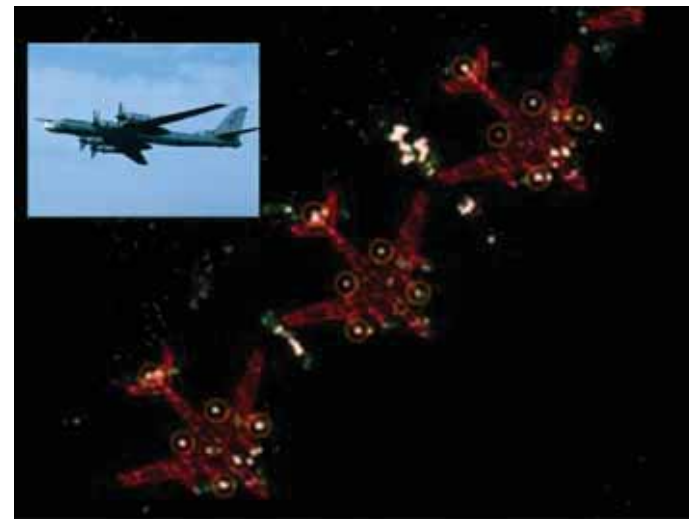
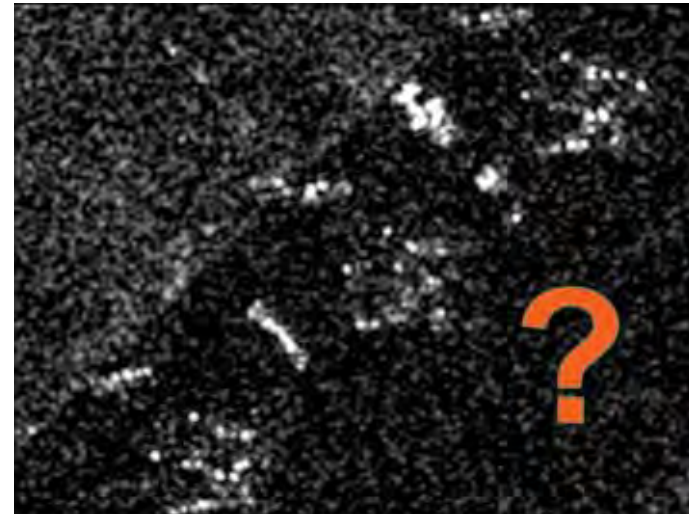
- en lignes aériennes et postes
- par des prestataires, puis transfert aux métiers



Des travaux pour demain : vol en fin de tempête, stabilisation par rapport à un câble, capteurs et appareils de mesure embarqués, traitement des images ...

LES SATELLITES POUR AIDER AUX DIAGNOSTICS

Comment accélérer le
diagnostic après tempête ?
Partenariat ESA



DES OUTILS DE SIMULATION PUISSANTS POUR MIEUX MAITRISER LES ÉVOLUTIONS

- Etude d'insertion de nouveaux équipements Haute Tension en courant continu et de leur interaction
- Etudes de stabilité
- Validation ou qualification matérielles d'automates, de protections
- Préparation des opérations de maintenance des stations de conversion, des CSPR, ...



DES TRAVAUX DE R&D POUR RENFORCER LES TST

- Développement d'outils et méthode pour les TST sous faible pluie : permet de lancer un chantier si risque de faible précipitation, et donne plus de période pour les TST
- Développement des TST sous tension continue
- Développement d'engins de positionnement en poste

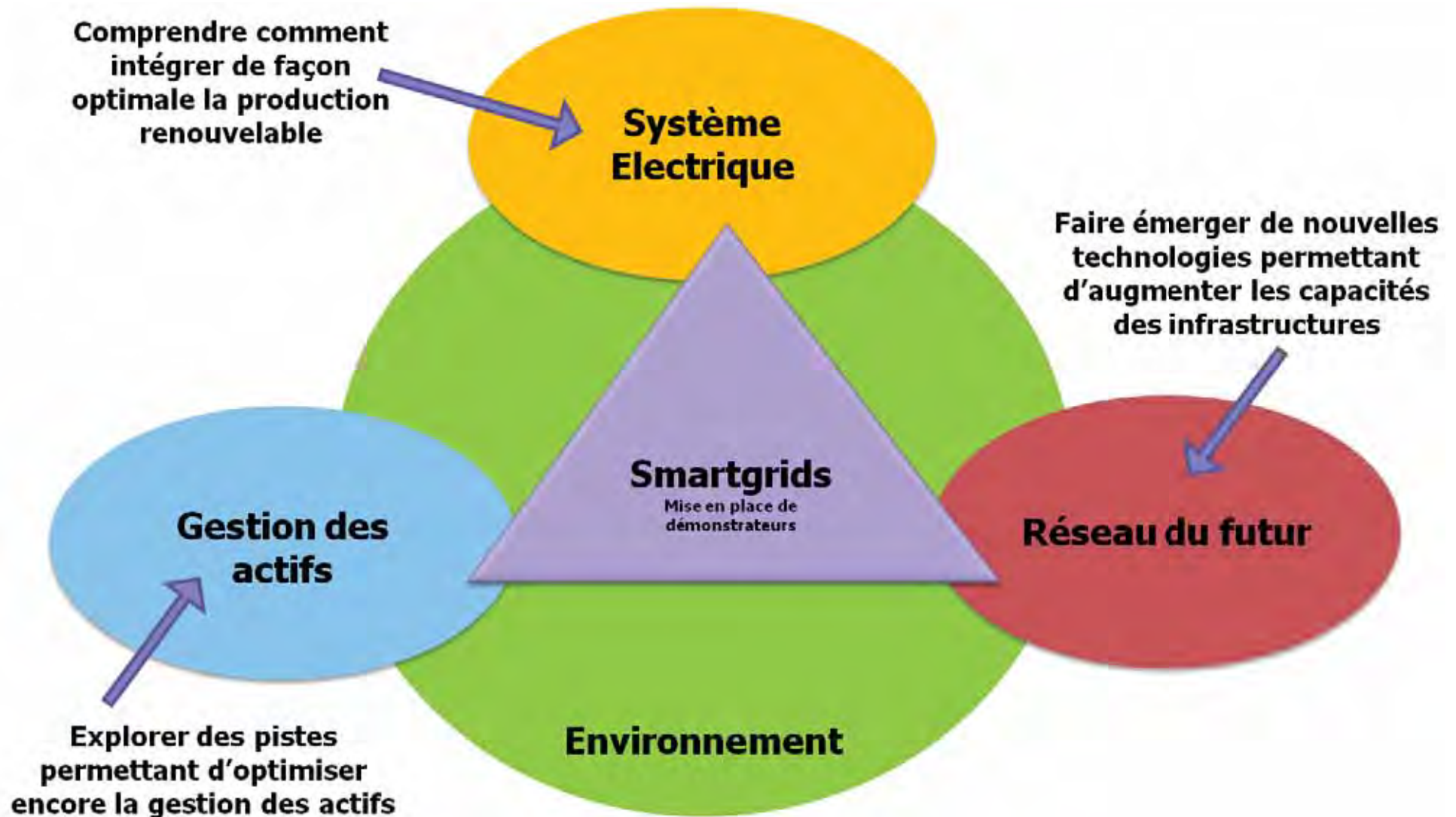


172
ATBI

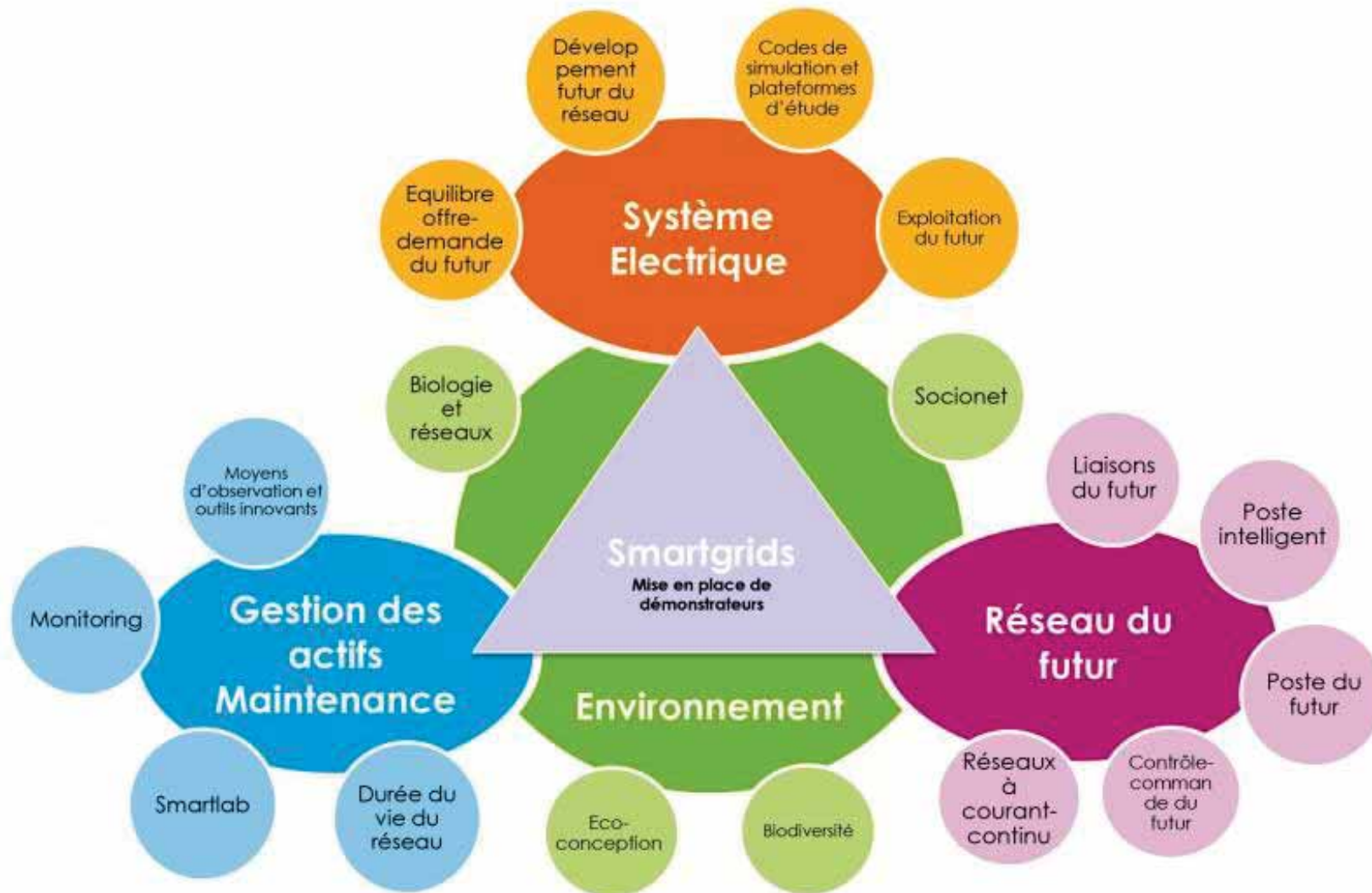


- Travaux sur les limites d'exposition aux champs magnétiques

ACTIVITÉS DE R&D ET D'EXPERTISE A RTE



ANNEXE = STRUCTURATION EN PROGRAMMES/PROJETS





RTE

[Rte-
France.com](#)
[Rte&Vous](#)

[Eco₂mix](#)

Nos sites

[Info travaux](#)
[Sous les lignes prudence !](#)
[La clef des champs](#)
[Au-delà des lignes](#)
[Fondation RTE](#)
[Réso](#)
[EcoWatt Bretagne](#)
[EcoWatt PACA](#)
[Ligne Avelin-Gavrelle](#)
[Projet Midi-Provence](#)
[Ligne Cergy-Persan](#)
[Jeu online Need4Grid](#)

Nos sites clients

[Portail Clients](#)
[Cataliz](#)
[Concerte](#)

Nos filiales

[Airtelis](#)
[Arteria](#)
[Cirtéus](#)
[INELFE](#)
[RTE International](#)