



La recharge des véhicules électriques et le Réseau

IEEE - 7 octobre 2014

Bruno Dobrowolski

*Directeur du Projet Mobilité électrique et Smart Cities
Direction Clients et Territoires*



ELECTRICITÉ RÉSEAU DISTRIBUTION FRANCE

CÔTÉ VÉHICULES ÉLECTRIQUES

- ▶ **25 kWh** : « plein » d'une batterie
- ▶ **125 km** : autonomie moyenne d'un véhicule électrique actuel
- ▶ **2 €** : coût de l'électricité pour 100 km
- ▶ **15** : nombre de modèles de véhicules électriques de série en vente actuellement
- ▶ **24 km** : trajet quotidien moyen des français

AUJOURD'HUI

- ▶ **42 000** : nombre d'immatriculations de véhicules 100% électrique (1/1000 du parc, 0,5% du marché)
- ▶ **7 300** points de recharges recensés dans les infrastructures publiques et plus de **7 000** autres en projet
- ▶ **6 300 €** : prime d'état pour l'achat d'un véhicule électrique + **3 700 €** (sous conditions) de super-bonus (décision gouvernementale du 2 octobre 2014)

ET DEMAIN ?

- ▶ **450 000** VE prévus à l'horizon de 2020
- ▶ **7 000 000** de points de recharge privés et **700 000** points de recharge publics à l'horizon de 2030



La mobilité électrique est une formidable opportunité pour re-équilibrer les réseaux locaux.

(1) Les enjeux techniques : conséquences de la recharge des VE/VHR sur les réseaux électriques

- En termes d'énergie
- En termes de puissance
- En termes de qualité de l'onde
- En tant que composante des « smart grids »

(2) Les enjeux économiques et financiers

- Les besoins d'investissements
- La modélisation des usages et les capacités d'effacement
- Les conditions d'équilibre pour une flotte d'entreprise



Hyp. : un parc de **1 million** de VE/VHR



Quelles conséquences sur le réseau électrique ?

- **En énergie : une incidence faible**

- 1 plein = 25 kWh pour une autonomie moyenne de 125 km
- Une voiture particulière parcourt en moyenne 12 500 km par an (*source . INSEE 2013*)
- Conso totale annuelle liée à la recharge = 2.5 TWh, à rapporter à la consommation France = 476.2 TWh en 2013 → 0.5% de la consommation totale

- **Mais c'est le seul nouvel usage identifié sur les 10 ans à venir, dans un contexte de croissance des consommations atone**



■ En puissance : un impact sensible au niveau national et au niveau local

- Puissance totale installée France = 128 GW (*source : RTE 2013*)
- Avec un coefficient de disponibilité de l'ordre de 80%, Puissance totale disponible = 100 GW
- Recharge simultanée en mode normal (3.7 kW, 16A mono) → 3.7 GW, soit **3.7%** de la puissance disponible
- Recharge simultanée en mode accéléré (22 kW, 32A tri) → 22 GW, soit **22%**
- Recharge simultanée en mode rapide (47 kW, 63A tri) → 47 GW, soit **47%**
- La recharge peut aussi avoir des conséquences en local, (dimensionnement des ouvrages sur le RPD, installations privées : immeuble, parkings, etc.)

➡ **Anticiper l'implantation des infrastructures de charge pour limiter les besoins de renforcements locaux de réseaux**

➡ **Piloter « intelligemment » la recharge pour éviter les périodes de pointe**

4

Enjeux techniques : en puissance

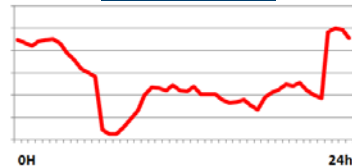


Une des missions d'ERDF : maintenir la tension à l'intérieur de la plage réglementaire.
 La tension dépend du dimensionnement du réseau et de la charge ou injection instantanées.
 → La recharge des VE affecte différemment les étages du système électrique

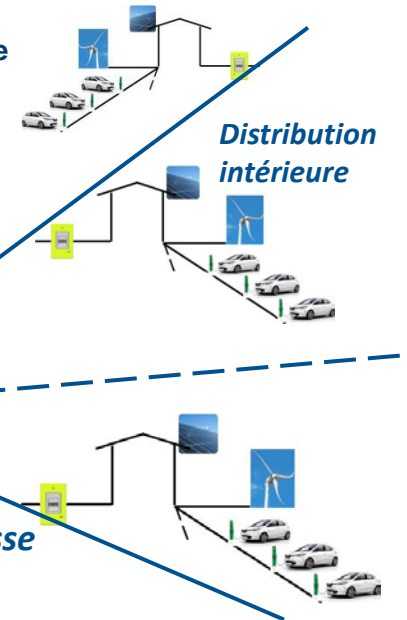
Courbe de charge journalière nationale



Courbe de charge journalière ex. un poste source



Courbe de charge journalière ex. un poste MT/BT



Marché Fourniture Capacité

Réseaux et Système de transport

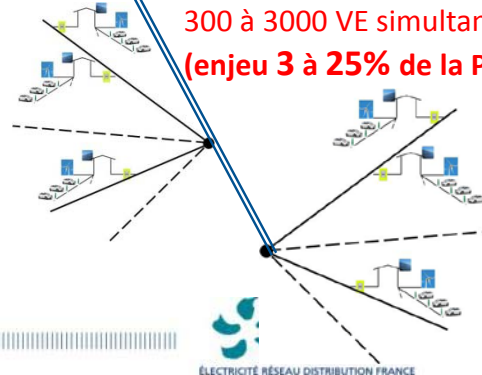
Réseau moyenne tension

300 à 3000 VE simultanément
 (enjeu 3 à 25% de la Pmax)

Réseau basse tension

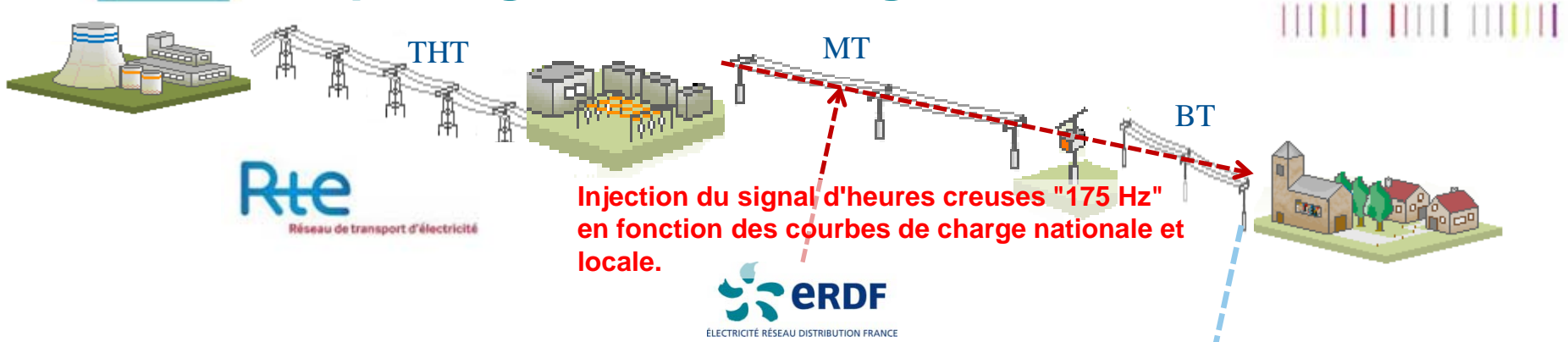
0 à 100 VE simultanément
 (enjeu 0 à 100% de la Pmax)

Hypothèse : 1 million de véhicules électriques se rechargent simultanément
 (enjeu 5 % de la Pmax)



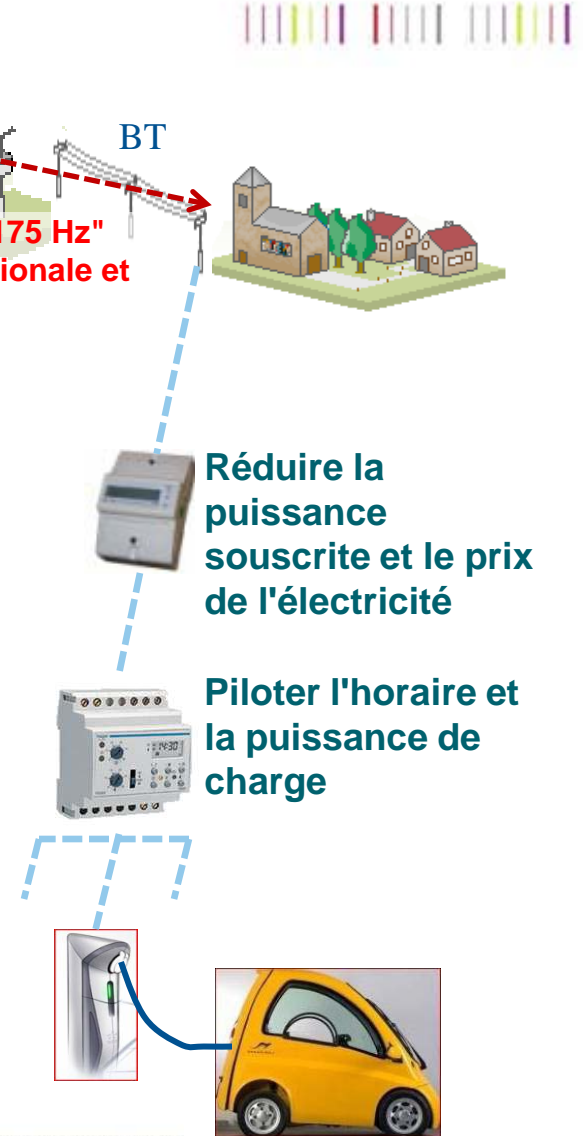
4

Enjeux techniques : en puissance Le pilotage de la recharge



Injection du signal d'heures creuses "175 Hz" en fonction des courbes de charge nationale et locale.

- **A minima, une solution déjà disponible : asservir les recharges au signal d'heure creuse , avec un décalage**
- **A court terme, introduire des algorithmes de pilotage intelligent pour étaler les recharges de véhicules**
 - **Bénéfique à la fois pour le client qui minimisera le besoin d'augmenter sa PS, et pour ERDF (et donc in fine pour tous les clients d'ERDF) qui limitera les travaux de renforcement/développement du RPD**



Réduire la puissance souscrite et le prix de l'électricité

Piloter l'horaire et la puissance de charge

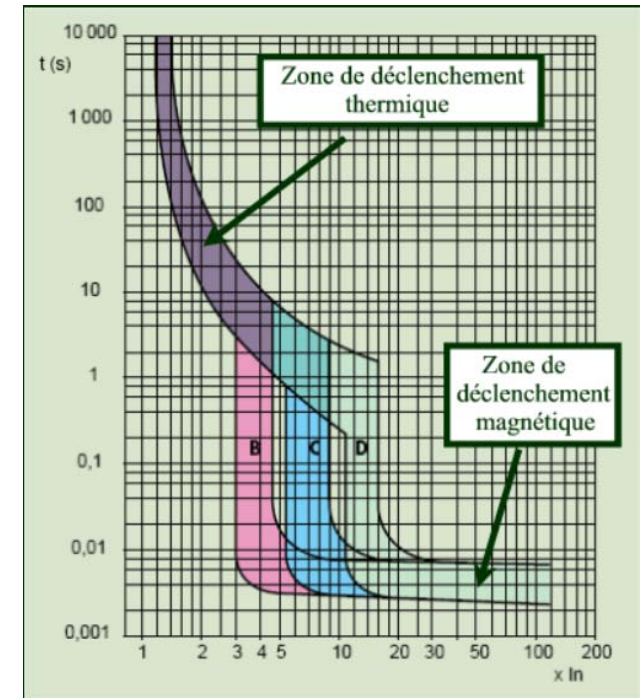
5

Enjeux techniques : les perturbations



- Une des missions d'ERDF : garantir le niveau de qualité de l'électricité qu'elle distribue
- Travaux en cours avec la R&D d'EDF pour analyser les perturbations induites par la recharge des VE (respect norme CEI 61000)

- Quasiment tous les véhicules respectent les spécifications, pris individuellement ; mais par groupe de 6 à 8, il peut y avoir des situations critiques (selon la PCC)
- Les chargeurs (modulation d'amplitude) renvoient des harmoniques sur le réseau ; chaque VE a une signature harmoniques qui lui est propre
- Certains chargeurs, fonctionnant sur une plage de puissance large, présentent une certaine instabilité suivant leur point de réglage
 - courants transitoires très importants, provoquant la disjonction des protections thermiques classiques (400 A pendant quelques millisecondes)
 - appareil à courbe D + différentiels hautes immunités

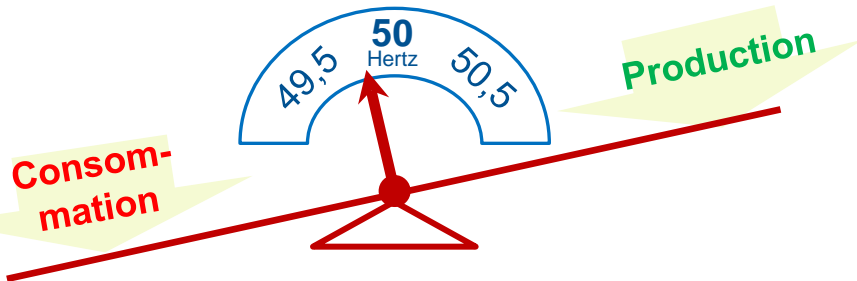


6

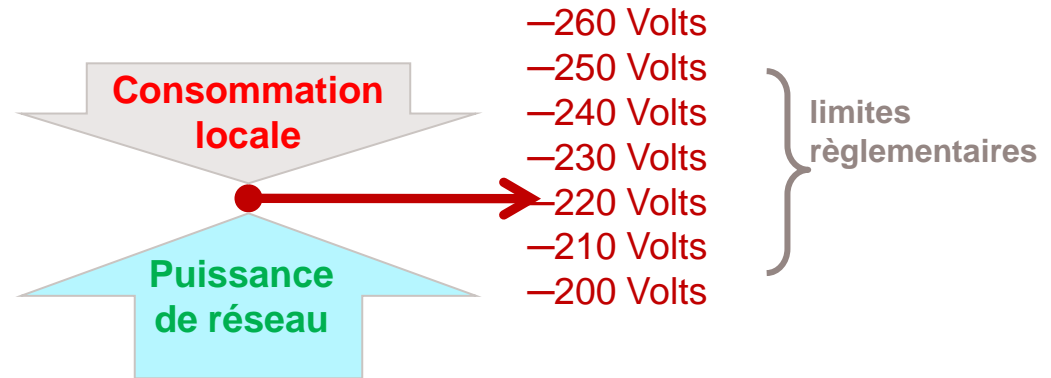
Enjeux techniques : VE et smart grids Conception historique des réseaux



Flux descendant



➤ Equilibre global par RTE entre production et consommation : régulation en fréquence

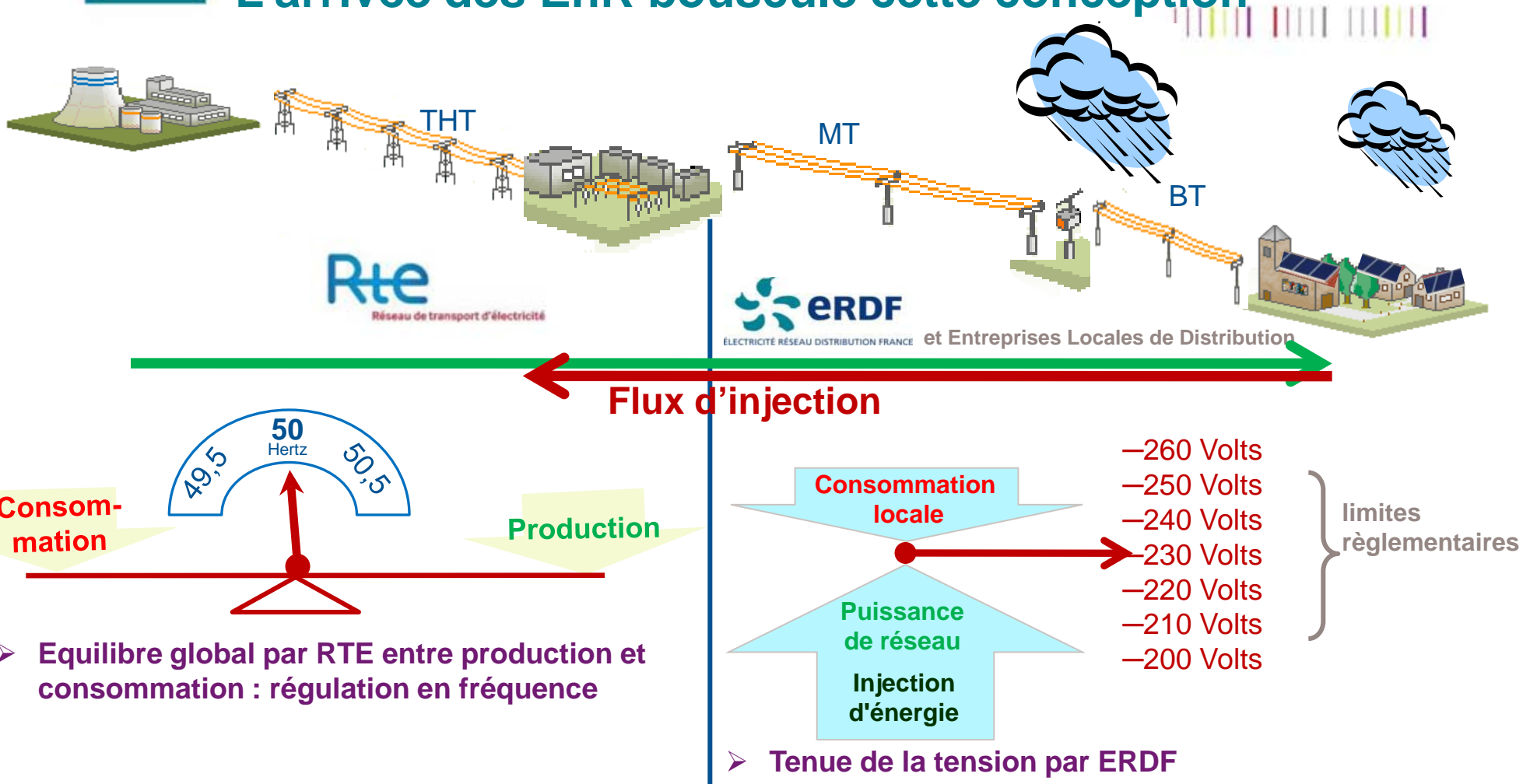


➤ Tenue de la tension par ERDF

+ Respect de la capacité maximale de transit de chaque ouvrage.

6

Enjeux techniques : VE et smart grids L'arrivée des EnR bouscule cette conception



+ Respect de la capacité maximale de transit de chaque ouvrage

6

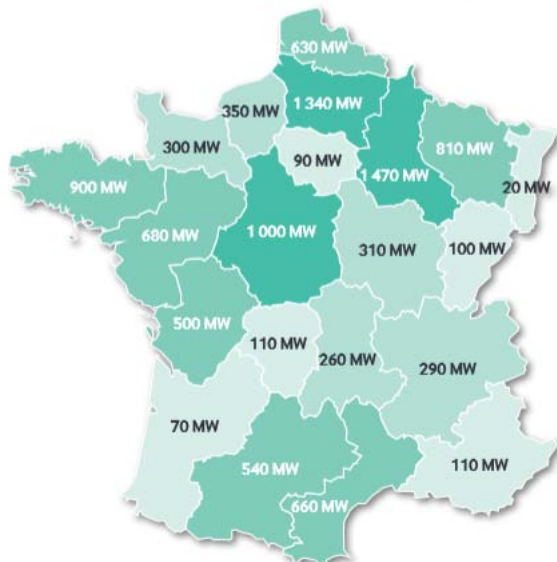
Enjeux techniques : VE et smart grids La dynamique de développement des EnR



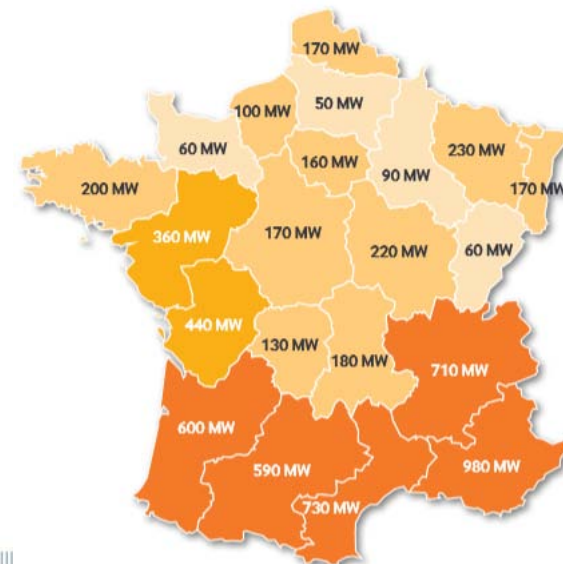
Source : Bilan prévisionnel RTE – édition 2014

	Puissance installée au 01/01/14 (sur un total de 128 GW)	hyp. de croissance retenue par RTE	hyp. de puissance installée au 01/01/19 (sur un total de 129.4 GW)
éolien terrestre	8.1 GW	+ 800 MW/an	12.1 GW
photovoltaïque	4.3 GW	+ 700 MW/an	7.8 GW

Hypothèse de puissance éolienne terrestre en service en 2017
10,5 GW au total



Hypothèse de puissance photovoltaïque en service en 2017
6,4 GW au total



6

Le développement des véhicules électriques en synergie avec celui de la production EnR



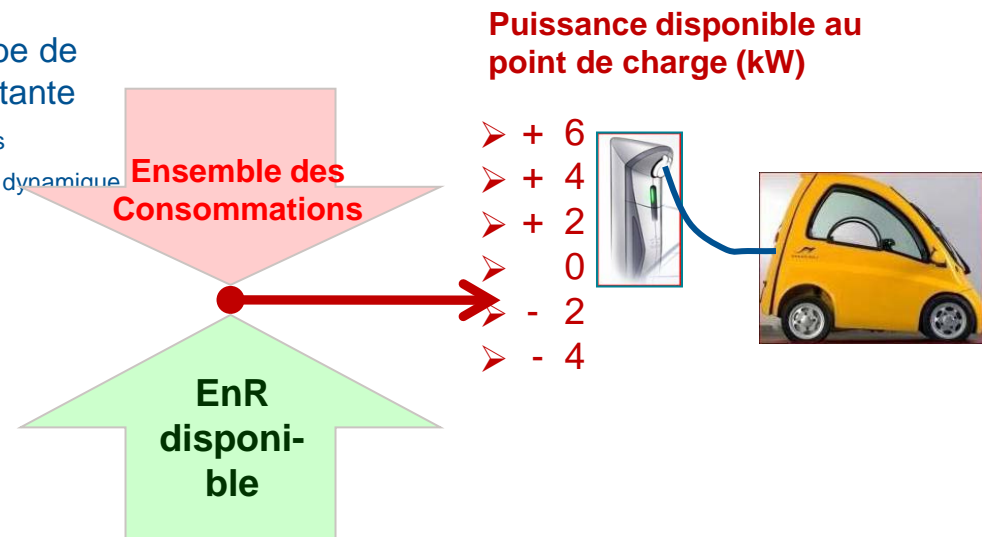
▪ Energies renouvelables

- Variabilité instantanée fonction de la situation climatique, sans relation avec les besoins de consommation
- Pas de capacité de stockage tampon (il y a des expérimentations basées sur volants d'inertie, air comprimé, hydrogène, mais cela reste marginal)

▪ Véhicules électriques : valorisation des batteries

- Gestion des appels de puissance en fonction de la courbe de charge du site, afin de viser une puissance appelée constante
 - Modulation possible de l'instant de recharge, en durée, avec cycles limités
 - Modulation de la puissance, à la baisse ou à la hausse, en statique ou en dynamique
- Réinjection potentielle sur le réseau

**Une vraie complémentarité,
utile à l'équilibre
énergétique local
→ le VE est une composante
des
« smart grids »**



7

Point sur le déploiement de VE au sein de la flotte ERDF



Aujourd'hui (début octobre) :

457 véhicules électriques

418 Kangoo ZE

**39 autres Véhicules
Electriques**

- 13 Peugeot-ion
- 19 Smart ED
- 1 MIA
- 6 Twizy



+ 1 utilitaire > 3m³ en expérimentation

A fin 2014 :

768 véhicules électriques

720 Kangoo ZE,

**48 autres Véhicules
Electriques**

- 13 Peugeot-ion
- 25 Smart ED
- 1 MIA
- 6 Twizy
- 3 Zoé

**Objectif : 2 000 Véhicules Electriques à horizon 2016 dont 1 500 Kangoo ZE
(sur une flotte de 18 000 véhicules légers)**



8

Introduction de VE dans une flotte d'entreprise



D'après l'expérience d'ERDF sur sa propre flotte de VE :

- L'insertion de VE dans une flotte thermique permet de réduire le coût d'exploitation de la flotte (ainsi que les émissions de CO₂) ... à la condition ...

de les faire rouler !



seuil de rentabilité = 11 500 km/an, soit environ 50 km/jour

- un VE qui roule coûte à peine plus cher qu'un VE qui ne roule pas (ce n'est pas vrai pour un VT)
- un « plein » de 100 km revient à environ 2 €, à comparer aux 12 € que coûtent en moyenne les 100 km en diesel
- les VE s'usent moins vite que les VT (batterie donnée pour 200 000 km)

8

Introduction de VE dans une flotte d'entreprise



D'après l'expérience d'ERDF sur sa propre flotte de VE :

- Le **pilotage optimisé de la recharge** permet en général de ne pas dépasser la Puissance Souscrite du site, et a minima d'en limiter le besoin d'augmentation
 - Le gain est aujourd'hui relativement faible, du fait de la structure actuelle du TURPE (tarif d'utilisation des réseaux électriques) qui présente un prix de l'énergie plus élevé en relatif que le prix de la puissance
 - mais cette répartition pourrait être revue à l'avenir et l'optimisation deviendrait alors essentielle
- Un **accompagnement des équipes** est nécessaire (conduite du changement, formation des conducteurs et des managers), car il y a à gérer un changement d'habitudes en profondeur



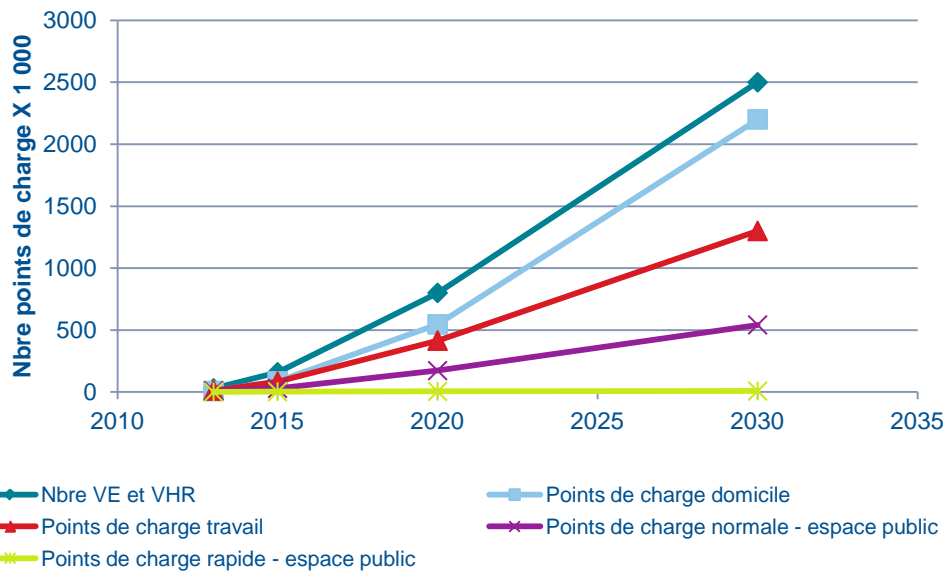
9

Les enjeux financiers pour ERDF

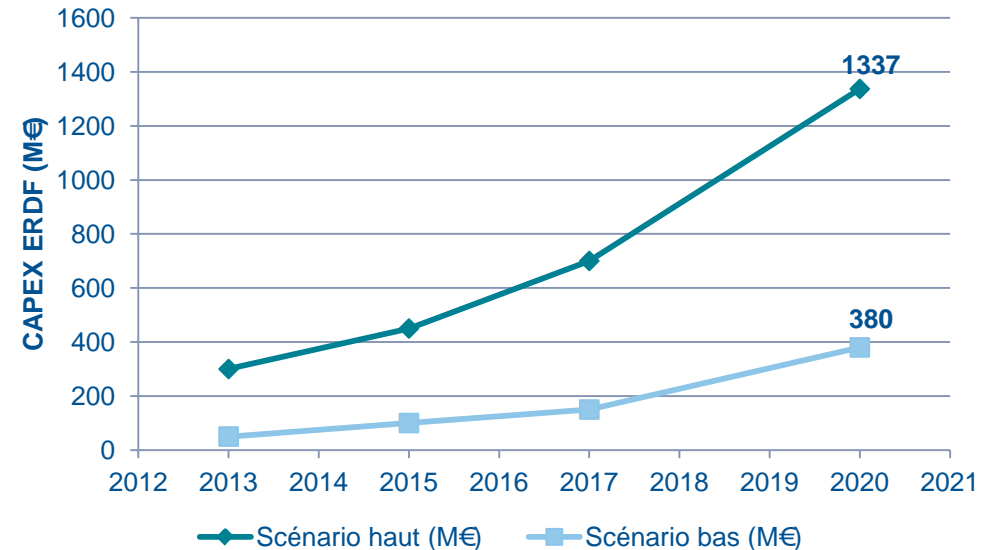


- Les scénarios de pénétration d'ERDF sont fortement revus à la baisse : 450 000 à 800 000 véhicules en 2020 dans les scénarios actuels contre 2 millions dans le scénario central précédent.

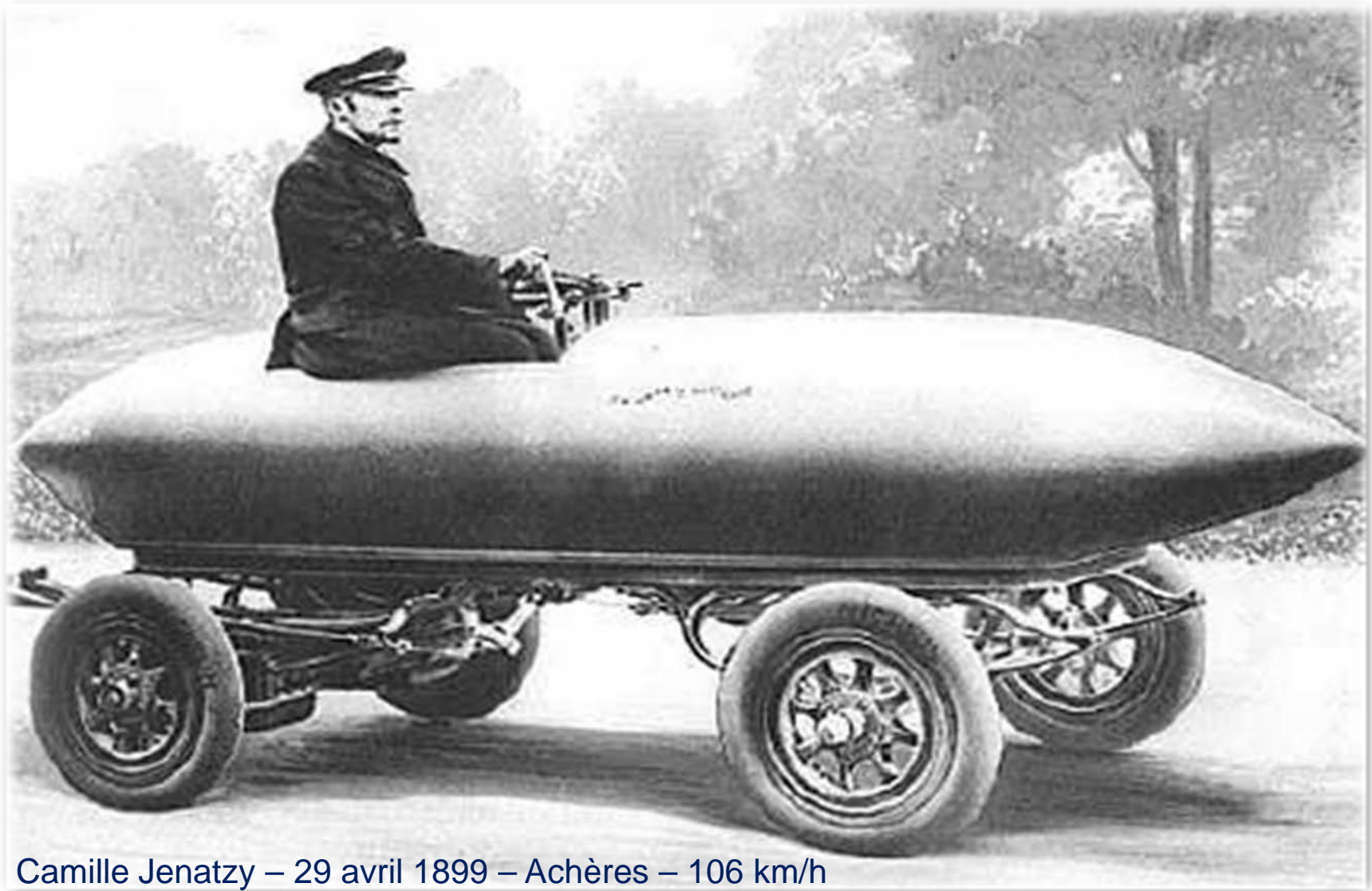
Evolution prévisionnelle du nombre de VE/VHR et de points de charge (scénario haut)



Evolution prévisionnelle des CAPEX ERDF engagés



Que de chemin déjà parcouru ...



Camille Jenatton – 29 avril 1899 – Achères – 106 km/h