

# **VDF MOBILITY of the FUTURE**

**Wireless Power Transfer Technology**

**Professeur Alain JAAFARI**

**Le potentiel des techniques d'induction**

# Mobilité et infrastructure durables

- ◆ Dans ce monde, nous avons besoin :
- ◆ De se nourrir
- ◆ Et surtout de se déplacer
- ◆ Comment ?
- ◆ Avec quelle énergie ?

# Exposition universelle 1900

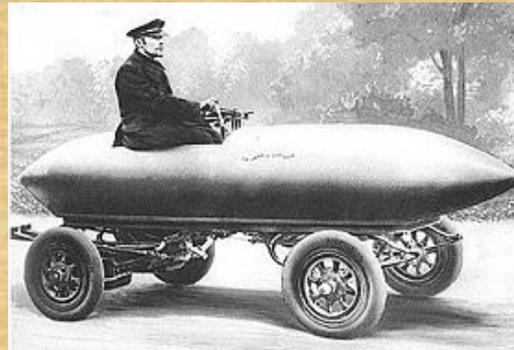


- ◆ L'électricité est l'une des plus importantes inventions de l'humanité:
- ◆ L'électricité est le poumon de notre industrie.
- ◆ Le TGV, le métro, le tram... ont une place dominante dans les transports terrestres électriques.
- ◆ **La voiture électrique a-t-elle une chance dans ce challenge ?**

# *La voiture électrique: de la première jusqu'à maintenant...*



**1884: première voiture électrique  
(Thomas PARKER)**



**1899: « la jamais contente »**



**La Tesla 2017**



**: L'autonomie**

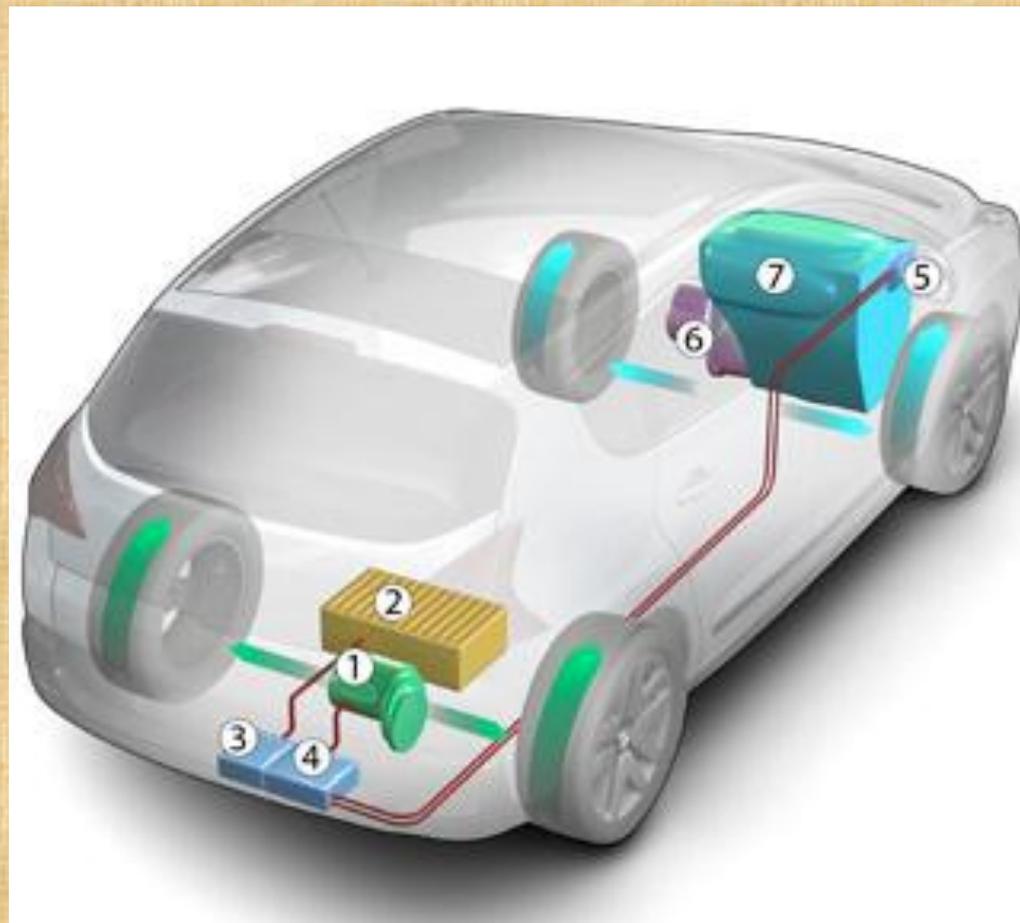
!

**L'interdiction de la vente de véhicules thermiques planifiée pour 2030 par l'UE**

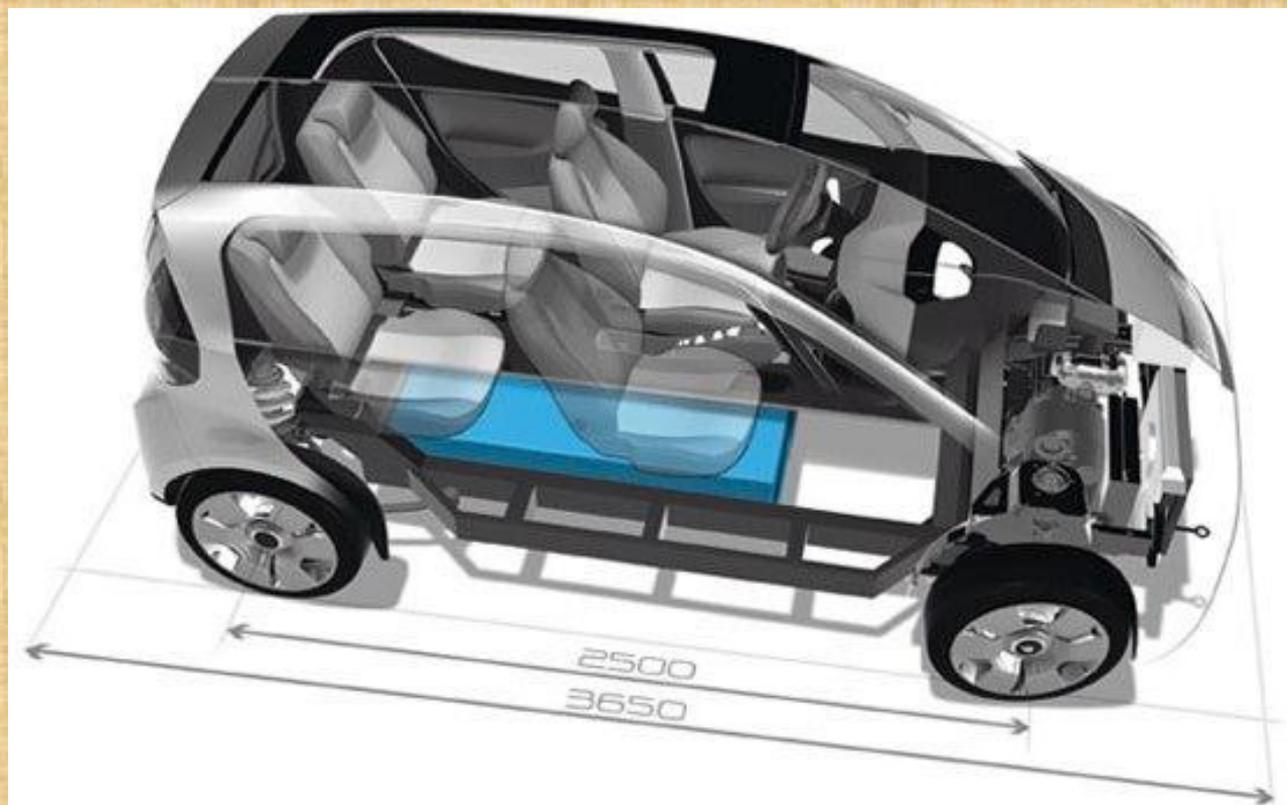
signifie que les acheteurs de voitures neuves auront trois options :  
VHR, VEB ou VEPC

- ◆ trois options s'imposent aux constructeurs automobiles:
- ◆ les hybrides rechargeables (VHR)
- ◆ les véhicules électriques à batterie (VEB)
- ◆ les véhicules à pile à combustible VEPC (hydrogène)

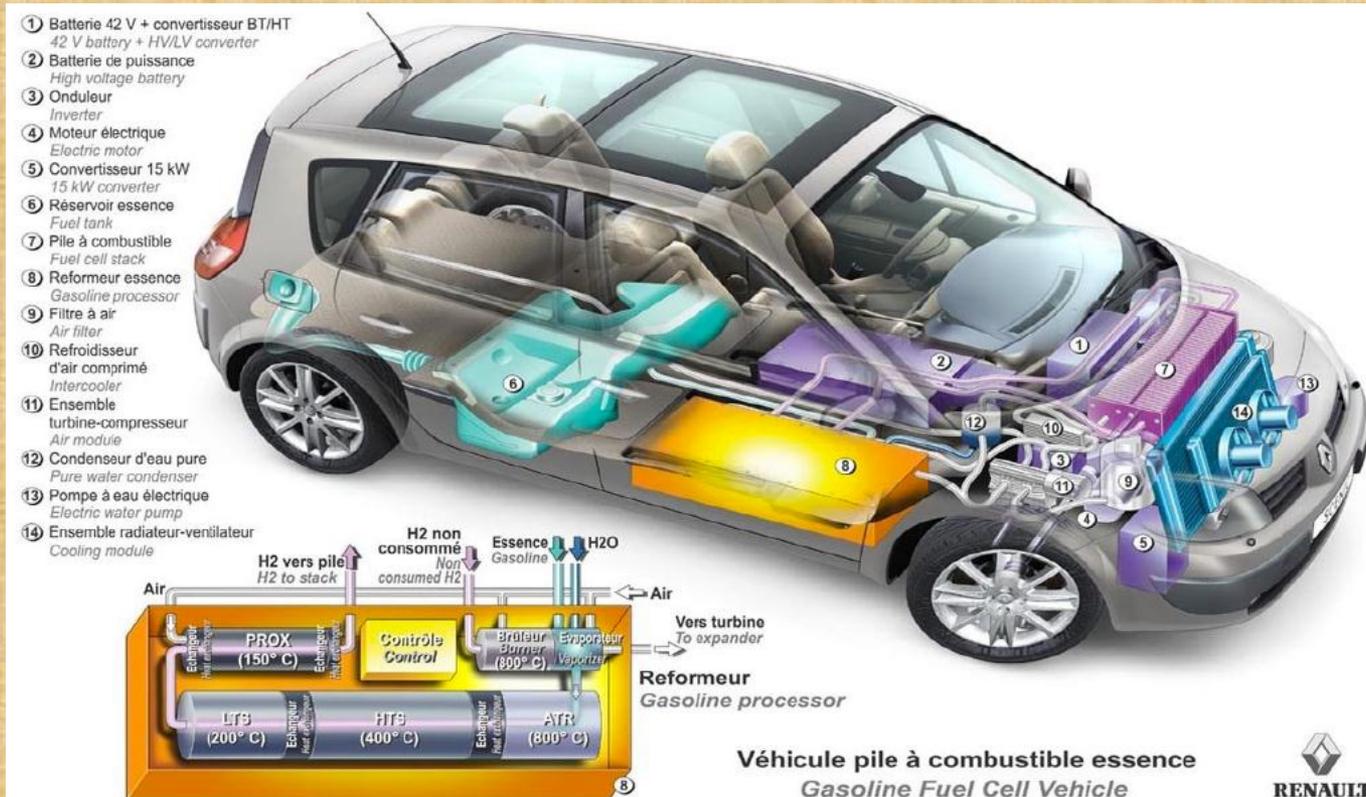
# Hybride VHR



# Vehicule VEB



# Vehicule Hydrogène



# Full hybrid, Toyota

- ◆ La première Full hybrid s'appelle Prius. La voiture hybride est équipée à la fois d'un moteur thermique et d'un ou plusieurs moteurs électriques.
- ◆ Ces derniers sont alimentés par une batterie qui se charge en récupérant une partie de l'énergie du moteur thermique lors de son fonctionnement, ainsi que lors du freinage et de la décélération.
- ◆ Elle ne se recharge pas ! La batterie des hybrides non rechargeables est d'une capacité relativement faible (de l'ordre de 1,3 kWh pour une [Toyota Prius](#) ou 1,2 kWh pour la [Renault Clio E-Tech](#)). La conduite en mode tout électrique n'est donc possible que sur de courtes distances (inférieures à 5 km).

# Hybride rechargeable

- ◆ La principale différence entre une voiture hybride et une hybride rechargeable est la capacité de la batterie (qui devra être rechargée). Les voitures hybrides rechargeables (PHEV, Plug-in hybrid) disposent d'une batterie de plus grande capacité ( **10 à 14 kWh**).
- ◆ Elle alimente un ou plusieurs moteurs électriques (2 ou 4 roues motrices) à la puissance parfois importante. Il en résulte une **autonomie 100 % électrique pouvant atteindre une cinquantaine de kilomètres**.
- ◆ Cette autonomie permet en outre de faire nettement baisser la consommation et les émissions de CO<sub>2</sub> moyennes du véhicule. Pour tirer parti de la voiture, il faut la recharger le plus souvent possible pour pouvoir parcourir le plus de km possible en tout électriques.
- ◆ Sur autoroute, l'autonomie électrique sera ridicule et vous devrez tirer 200 à 300 kilogrammes de batteries avec le moteur thermique, ce qui va faire gonfler la consommation.

# Renault ZOE

- ◆ **Accélération 0-100 km/h** : 9,5 à 11,4 secondes
- ◆ **Batterie** : 52 kWh 400 V lithium-ion
- ◆ **Temps de chargement de la batterie** :
- ◆ la batterie sera pleinement chargée en un peu plus de 14 heures avec une recharge de 3,7 kW.
- ◆ **Volume de coffre** : 388 L, volume utile 1 225 L
- ◆ **Dimensions** : 4 084 mm L x 1 787 mm L x 1 562 mm H
  
- ◆ La batterie de la Renault Zoé pèse 326 kg, ce qui représente près d'un quart du poids du véhicule.

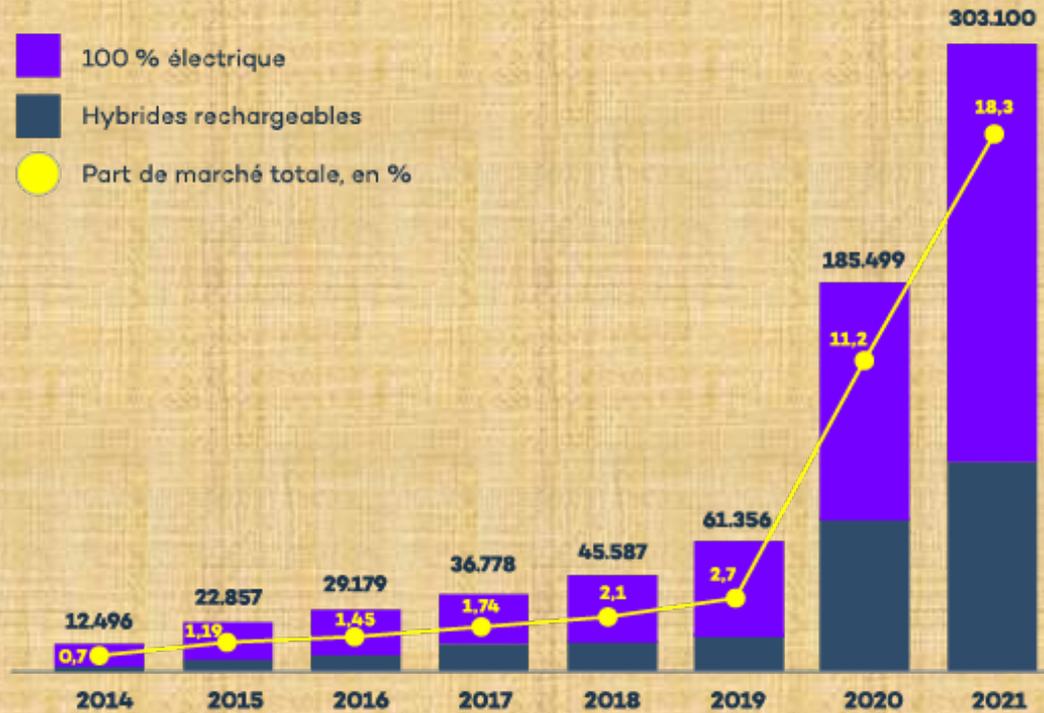
# Tesla Model 3

- ◆ **Dimensions** : 4 694 mm L x 1 849 mm L x 1 443 mm H
- ◆ **Volume de coffre** : 542 L, volume utile 649 L
- ◆ **Puissance** : 208 à 377 kW
- ◆ **Batterie** : 60-79 kWh 360 V lithium-ion
- ◆ **Poids à vide** : 1 752 à 1 836 kg
- ◆ **Poids de la batterie de la Tesla Model S**
- ◆ Selon la version, le poids de la batterie peut varier entre 430 et 600 kg pour un véhicule pesant entre 2 100 et 2 300 kg au total. La batterie de 600 kg de la Tesla Model S permet de pousser l'autonomie du véhicule au-delà des 500 km. Selon votre mode de conduite et le type de trajet que vous réalisez, l'autonomie de cette voiture électrique peut même atteindre les 600 km.

# Les véhicules électriques et hybrides représentent 40 % des intentions d'achat d'ici fin 2023

## L'évolution rapide des ventes de véhicules électriques

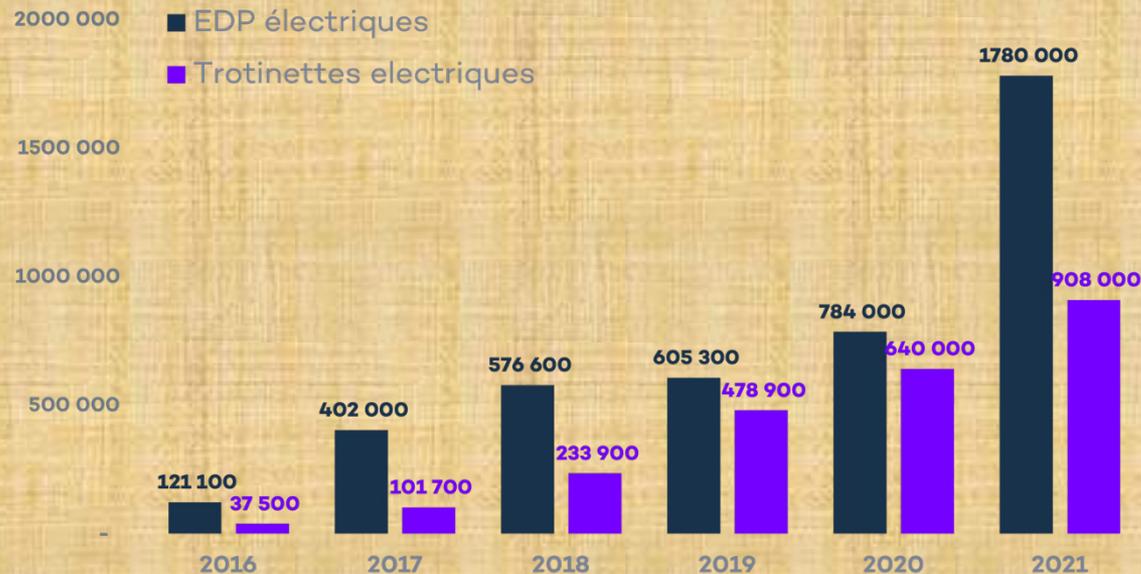
En nombre de véhicules neufs



Source: PFA

# L'essor de la micro-mobilité électrique

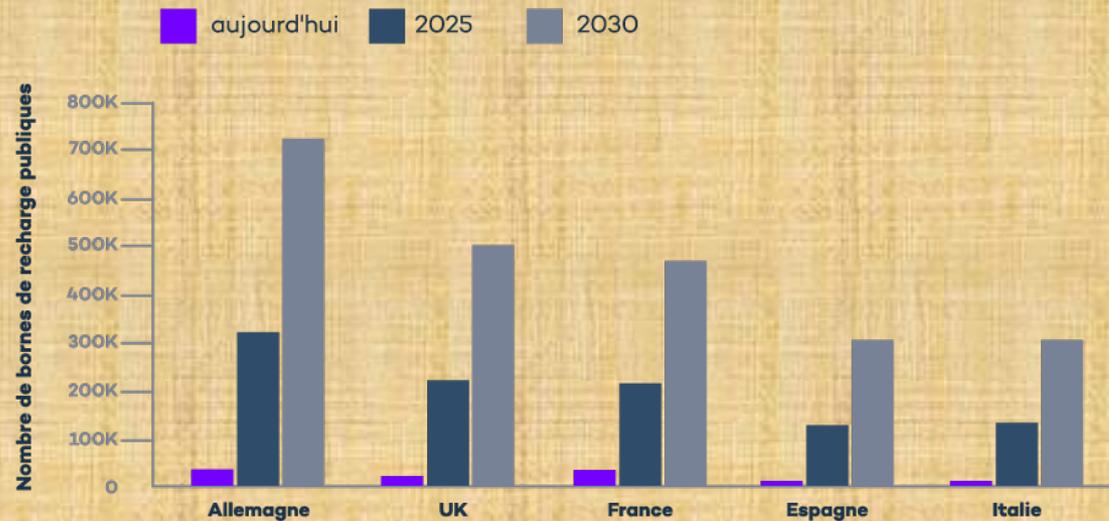
## Ventes d'EDP électriques et de trottinettes électriques en France entre 2016 et 2021



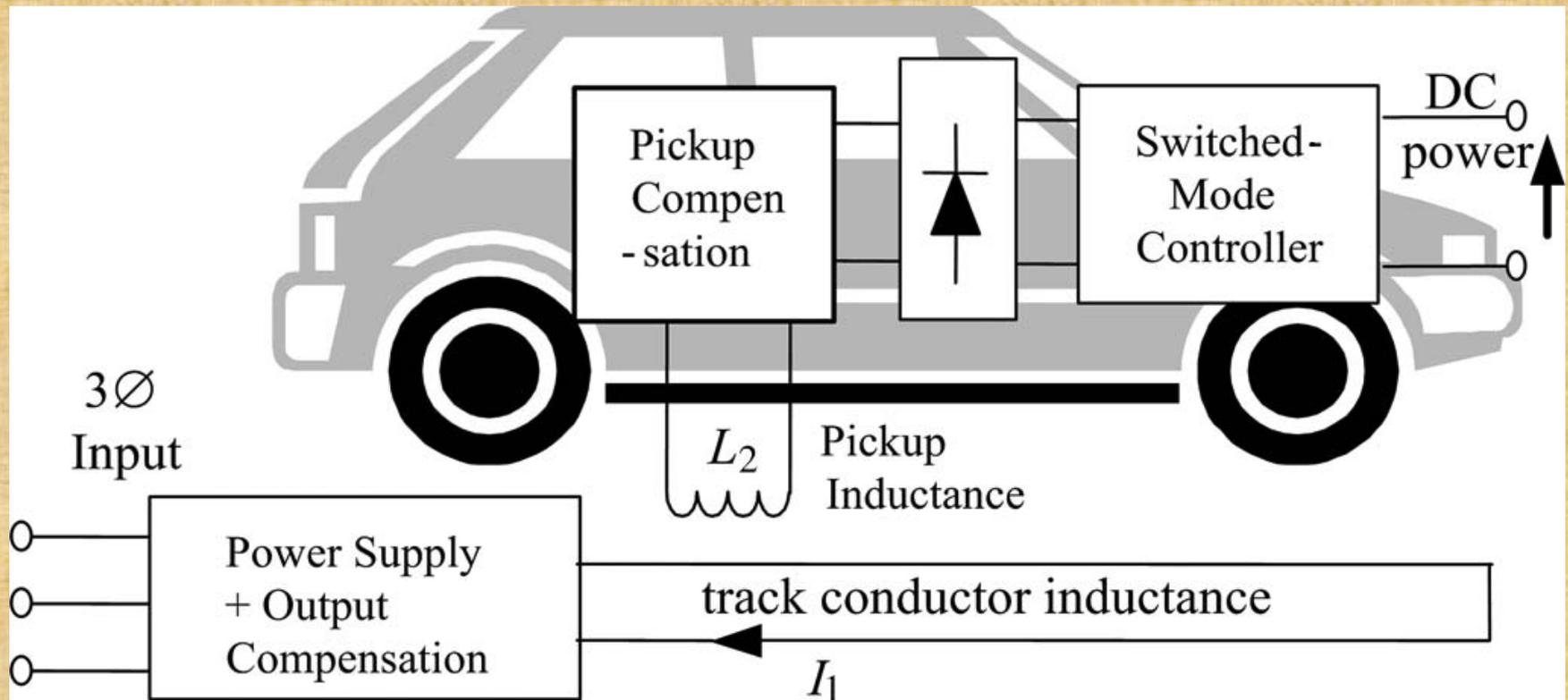
Les solutions de micromobilité électrique connaissent une forte croissance depuis 2016. Avec 908 000 ventes et 51 % du nombre total des ventes d'Engins de Déplacement personnel (EDP) en 2021, la trottinette électrique est le plus répandue en France.

# Bornes de Recharge

## Nombre de bornes de recharge en Europe - Estimations 2025 - 2030



# Borne de Recharge à Induction



**La recharge complète d'un véhicule électrique pour 150 km demande 20 à 30 kWh et appelle une puissance équivalente**

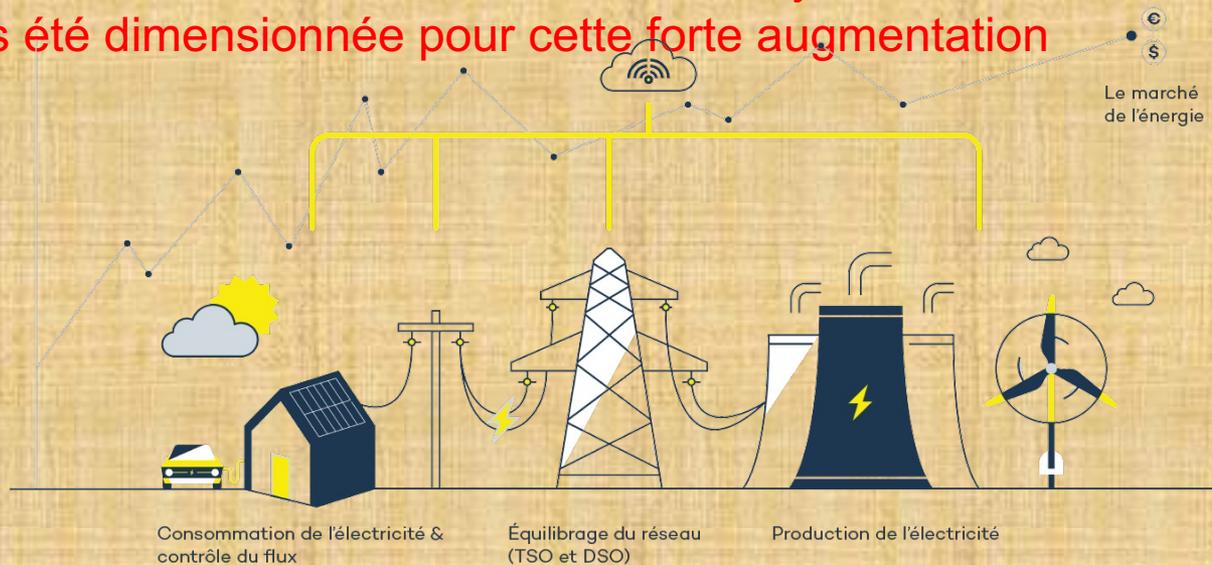
- en 8 heures (3 kW) ~ à un chauffe-eau
- en 1 heure (25 kW) ~ à un immeuble
- en 3 minutes (600 kW) ~ à un quartier de ville

# Le passage au tout électrique va-t-il provoquer une congestion du réseau ?

- ◆ Le passage du thermique à l'électrique peu-il mettre sous tension le réseau français d'électricité ? La construction de nouvelles centrales nucléaires pour faire face à la demande est-elle nécessaire?
- ◆ Les **prévisions réalisées par RTE** (Réseau de Transport d'Electricité) indiquent qu'un million de véhicules électriques en circulation équivaldraient à une **consommation annuelle de 2,5 TWh**, soit entre 10 000 km et 15 000 km parcourus par véhicule. En sachant que la consommation globale annuelle en France est autour de 500 TWh, **la part de consommation des véhicules électriques se situe autour de 6 % à 8 %**.
- ◆ Comme l'a expliqué Pierre de Firmas, directeur du programme de mobilité électrique d'Enedis devant les sénateurs en octobre 2022, cette menace peut être écartée en planifiant la **recharge en heures creuses** :
- ◆

# Constat inquiétant

- ◆ Impossible actuellement d'affirmer que l'impact de l'électrification de la flotte de véhicules sera aisément absorbé par le réseau d'électricité, mais les statisticiens du secteur sont confiants.
- ◆ La demande en énergie électrique est en forte augmentation dans tous les secteurs :
- ◆ (Industrie, Artisanat, Transport logistique, micro-Mobilité, Ménage ...)
- ◆ **La section des câbles de distribution moyenne et surtout basse tension n'a pas été dimensionnée pour cette forte augmentation**



# Solution 1

- ◆ La **technologie V2G** permet de **stocker de l'électricité**, transformant ainsi les VE en **batterie sur roues**.
- ◆ **En 2040**. Ce pack est estimé à 30 TWh en moyenne stockés dans les batteries des véhicules branchés sur nos réseaux électriques.
- ◆ Par contre les VE et les bornes de recharge n'ont pas été prévus pour cet usage

# Solution 2

**La Route Electrique :  
Utopie ou Réalité ?**

C'est le Wifi électrique

# Christine et les fils Electrique un jour j'aurai la solution



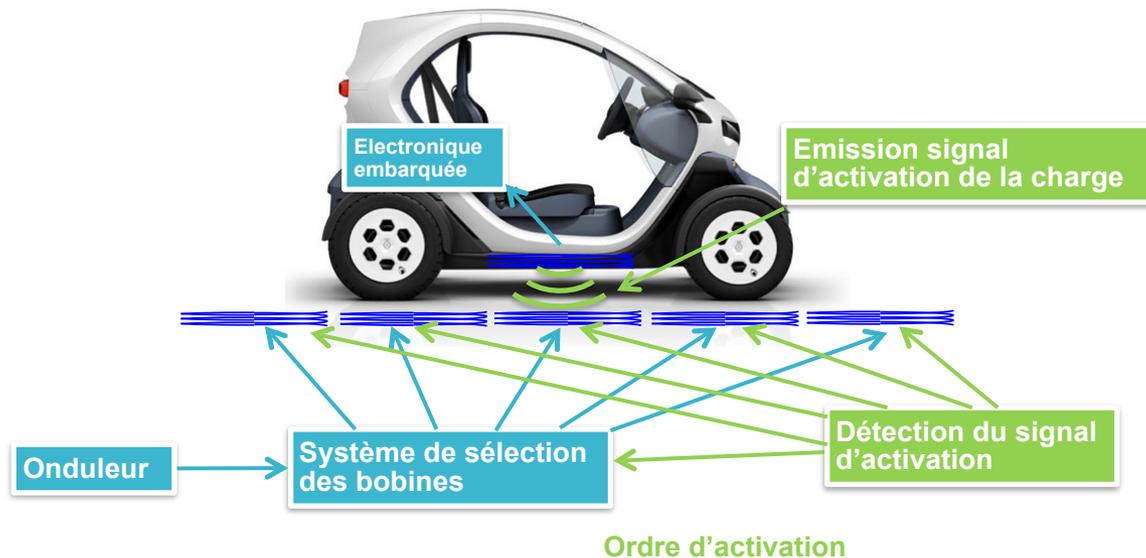
# Début de la route Electrique

1.1 TITRE DU CHAPITRE TITRE DU SOUS-CHAPITRE

## Introduction: Principe de fonctionnement



Le véhicule émet un signal lorsqu'il est prêt à être alimenté par le sol.  
Seule la boucle la plus proche du véhicule détectera le signal et pourra donc être sélectionnée.



CAILLIEREZ Antoine

JCGE, 5&6 Juin 2013

JCGE  
JUNIOR CHAMPIONNAT DE GAZOIR ELECTRIQUE

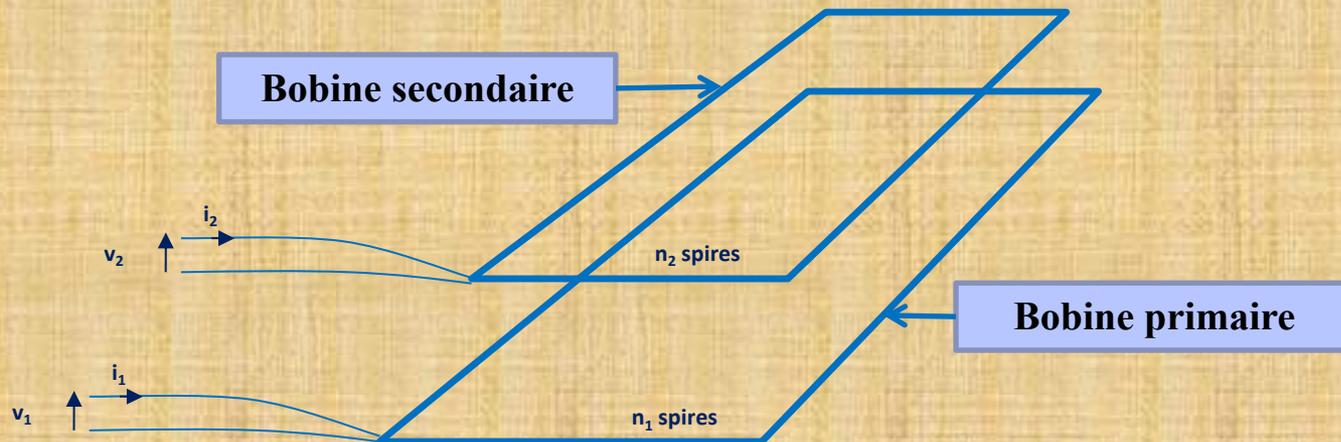
x

Supélec

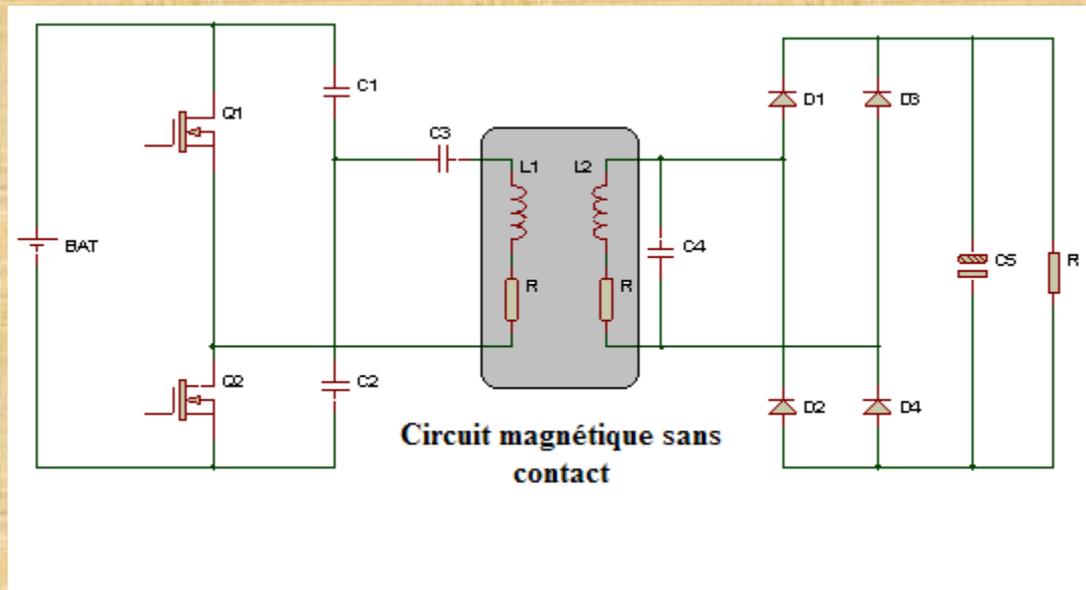
RENAULT

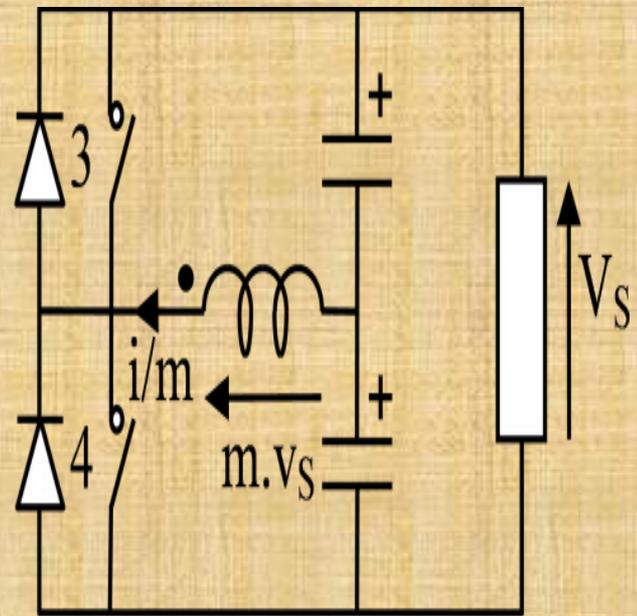
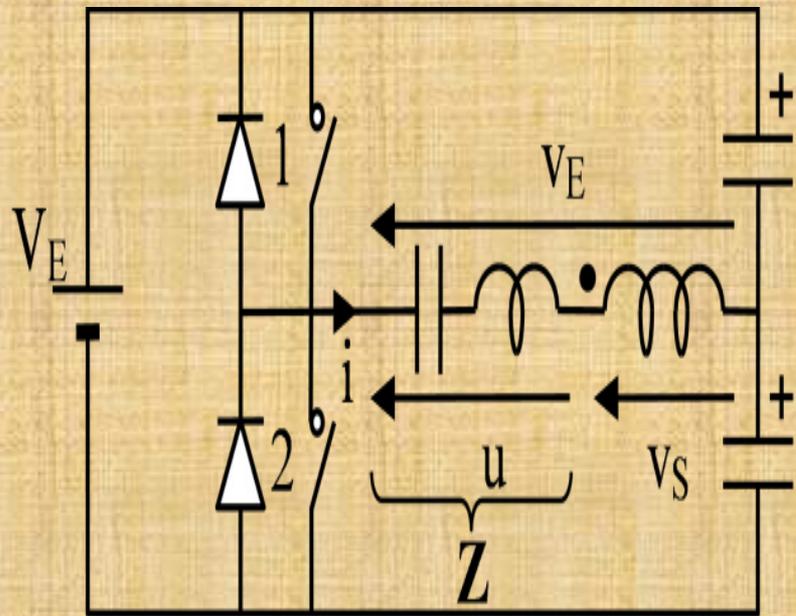
## *Le coupleur actuel.*

Deux bobines rectangulaires l'une sur l'autre, plus ou moins décentrée :



# Optimisation du Générateur





## Résultats obtenus :

- ◆ Un transfert d'énergie sur une distance de 5 cm  
**avec une charge de 3 kW**  
**Le Rendement de cette expérience est de 92%**

# Département Energie Supélec

## Une première réalisation

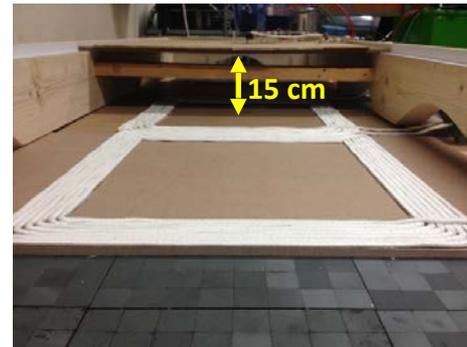
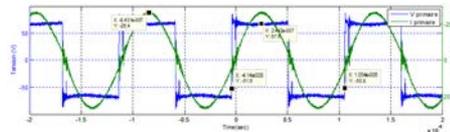
### Originalité :

- + Symétrie du schéma et des valeurs de composants
- + Commande synchrone au courant dans les transistors

### Pour plusieurs résultats :

- + Commutation douce de tous les semi-conducteurs
  - + Tous courants minimisés (facteurs de puissance = 1)
  - + « Recopie automatique » de tension ( $V_S = V_E$ )
  - + Pas de régulation
  - + Pas d'échange d'informations entre route et véhicule
  - + Réversibilité énergétique
- => Rendement mesuré sur 1<sup>ère</sup> maquette : 93% @ 1,5 kW

### Relevés : tension (bleu) et courant (verts) synchronisés



# Projet Supélec



**Micro-route électrique au  
département Énergie de Supélec**

# Renault Technocentre

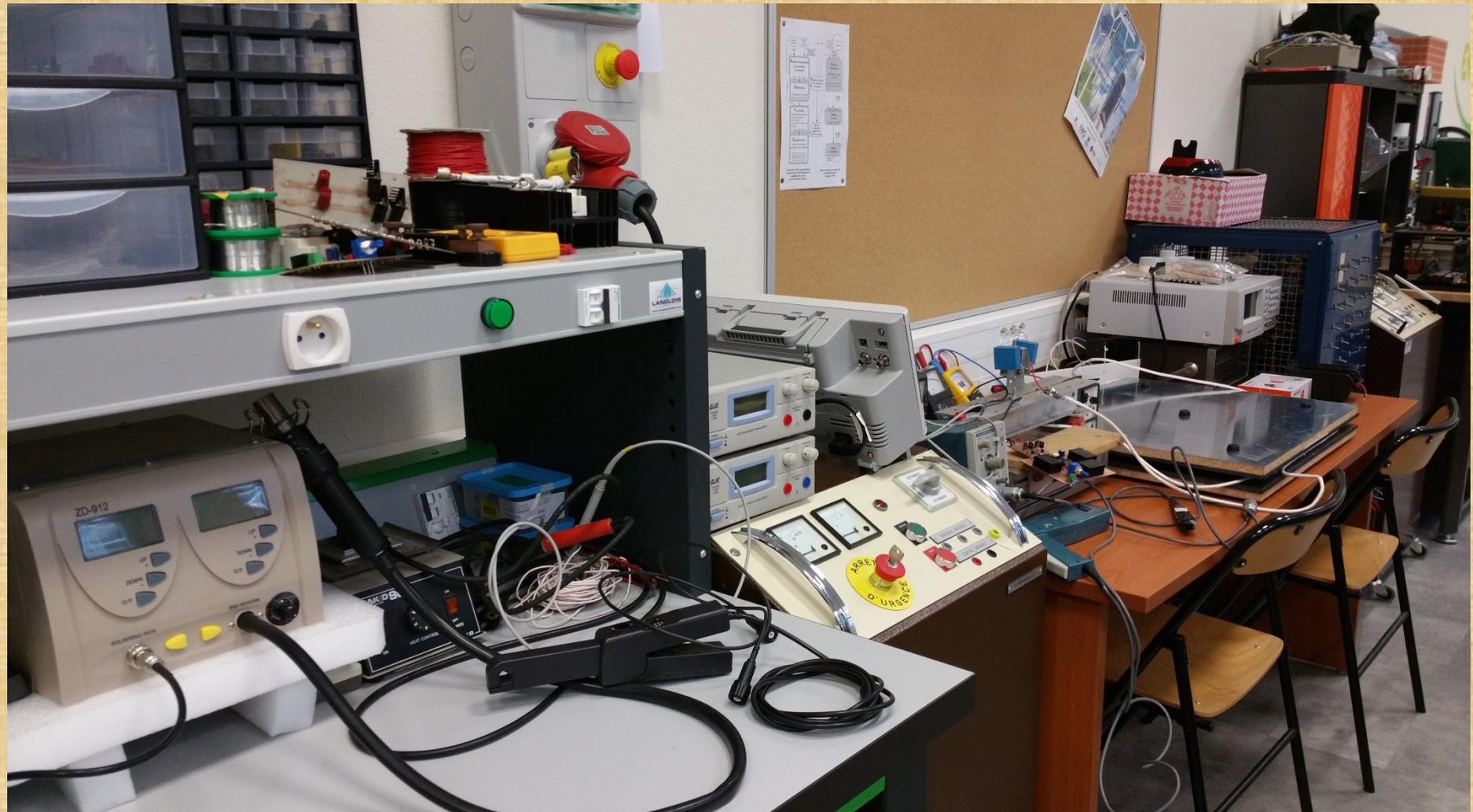


**Mini-route au Technocentre  
Renault à Guyancourt**

## Piste VEDECOM



# Laboratoire QUARTZ ECAM-EPMI





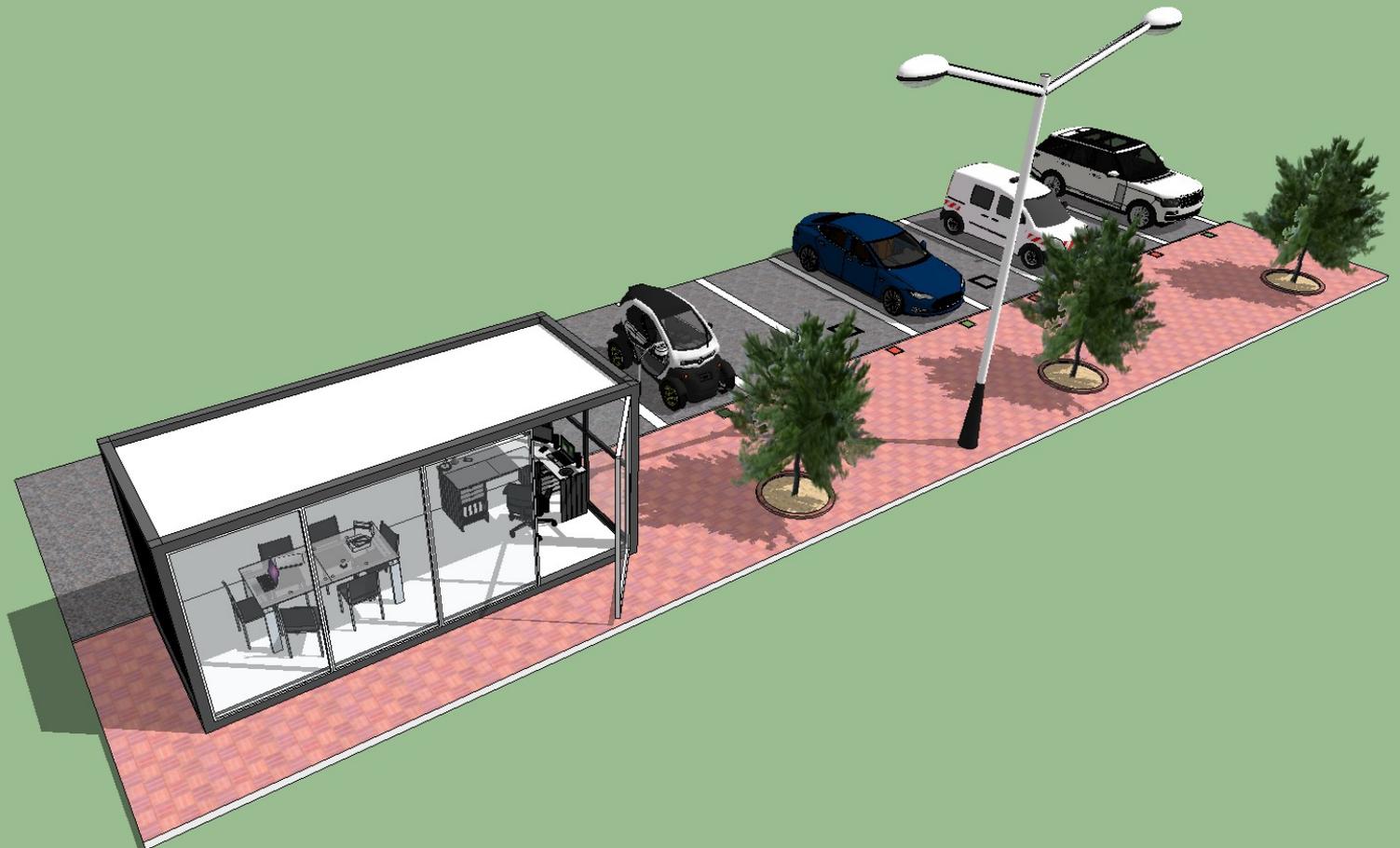
# Borne de charge pour voiture électrique



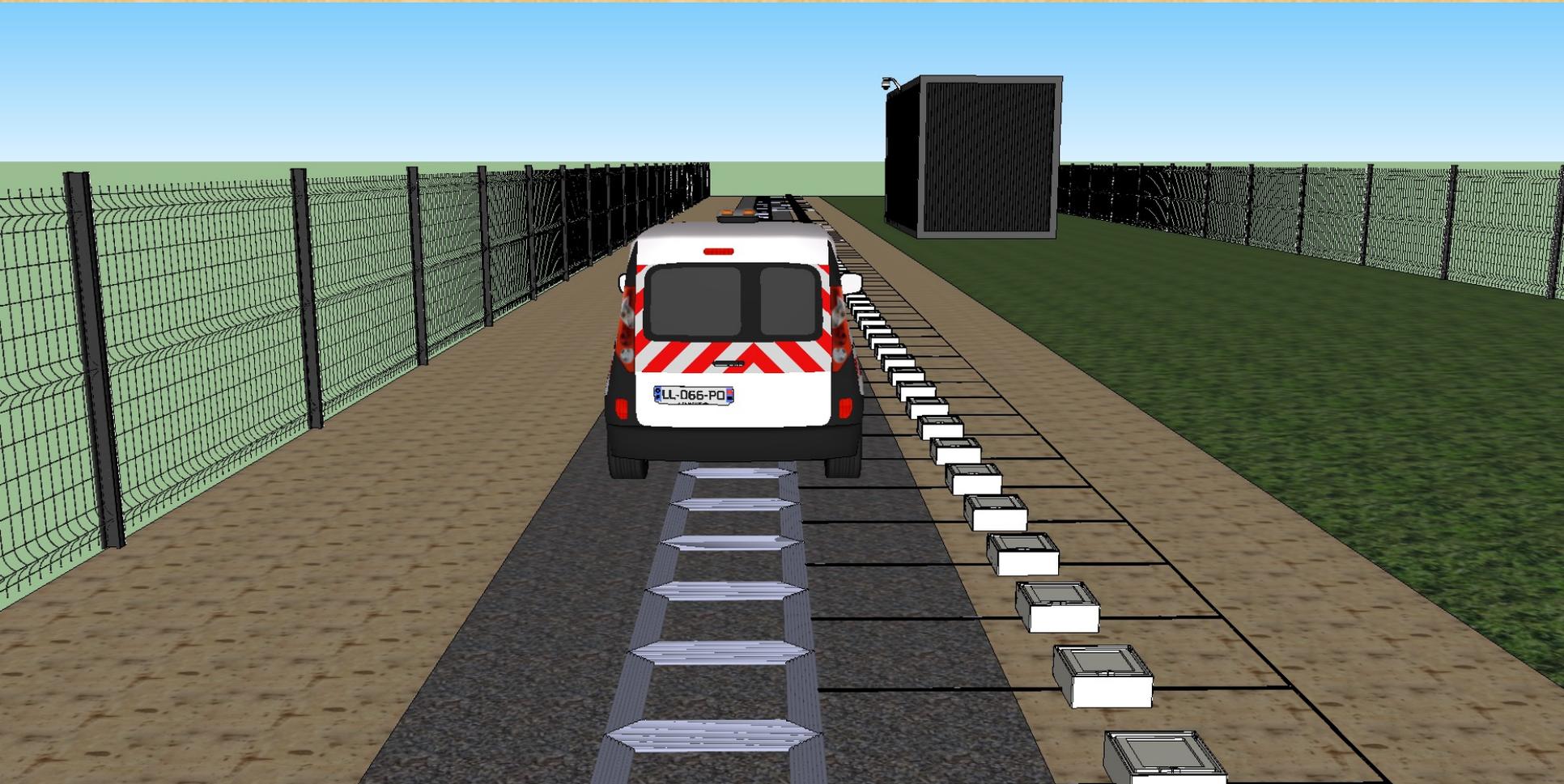
**Capacité : 4 passagers**

**Cout : 200 k€ par borne isolée, et 100k€ par borne pour un parc de 10 véhicules**

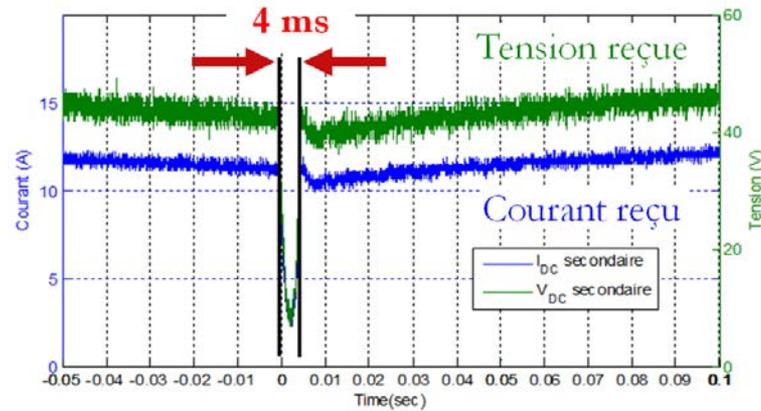
# Station du Futur



# Route du futur

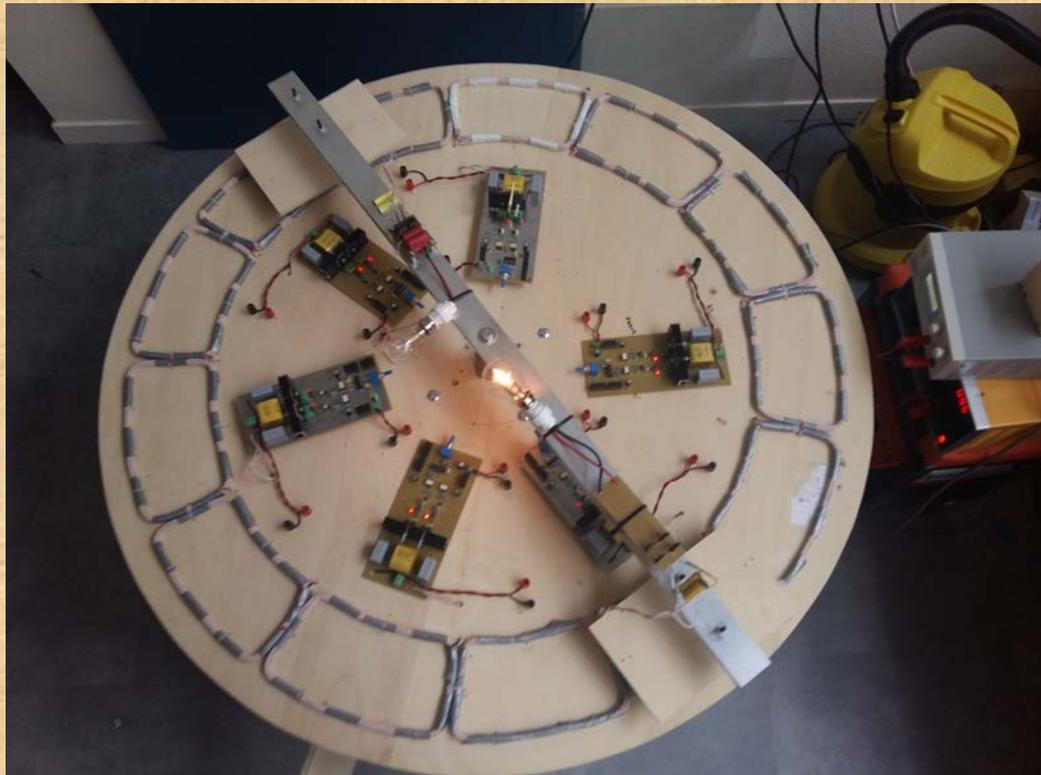


## Commutation entre bobines au sol

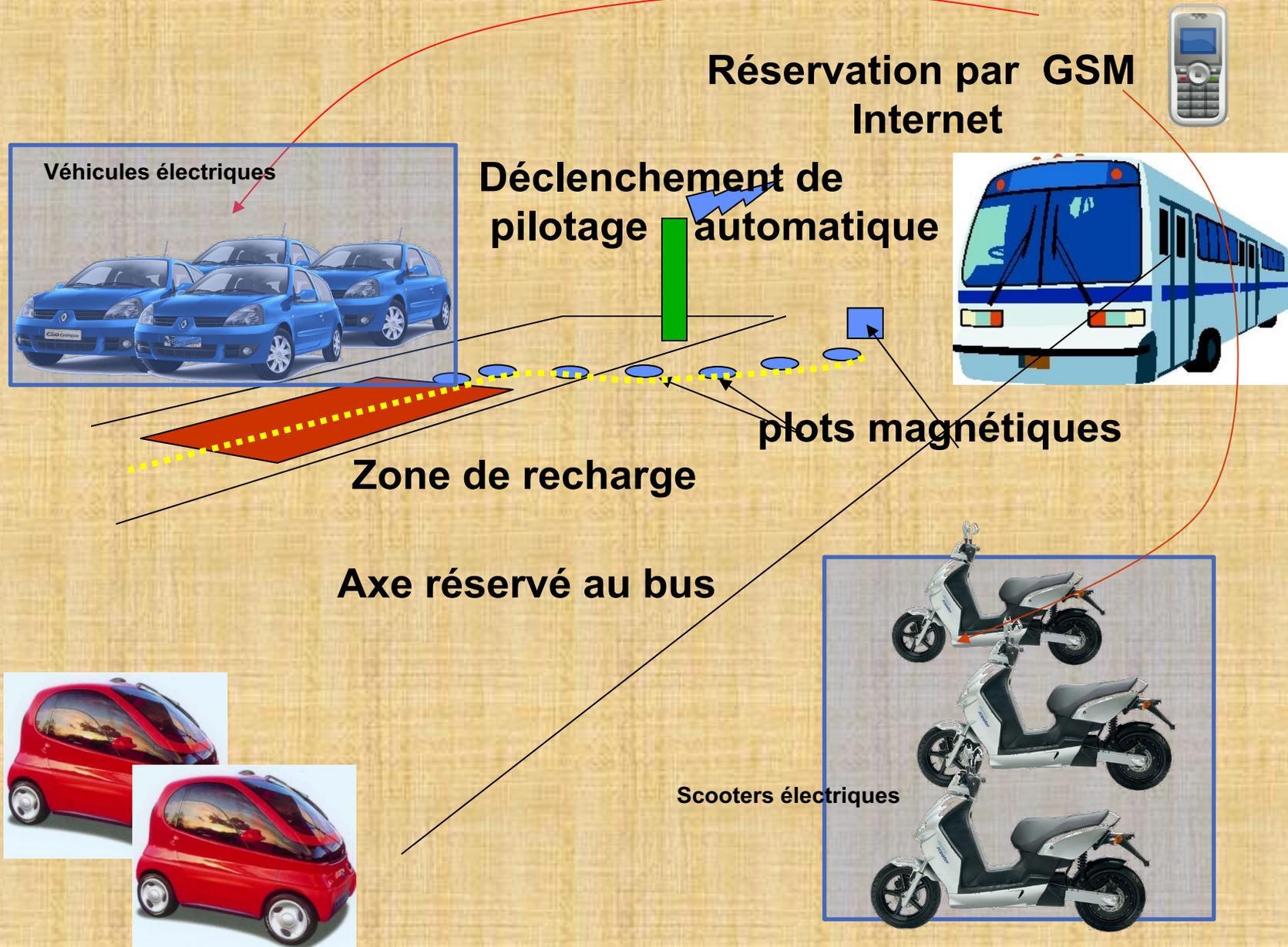


Acceptable à 130 km/h : temps au-dessus d'une bobine  $\approx$  15 ms  
Système le plus rapide à ce jour – Peut facilement être optimisé

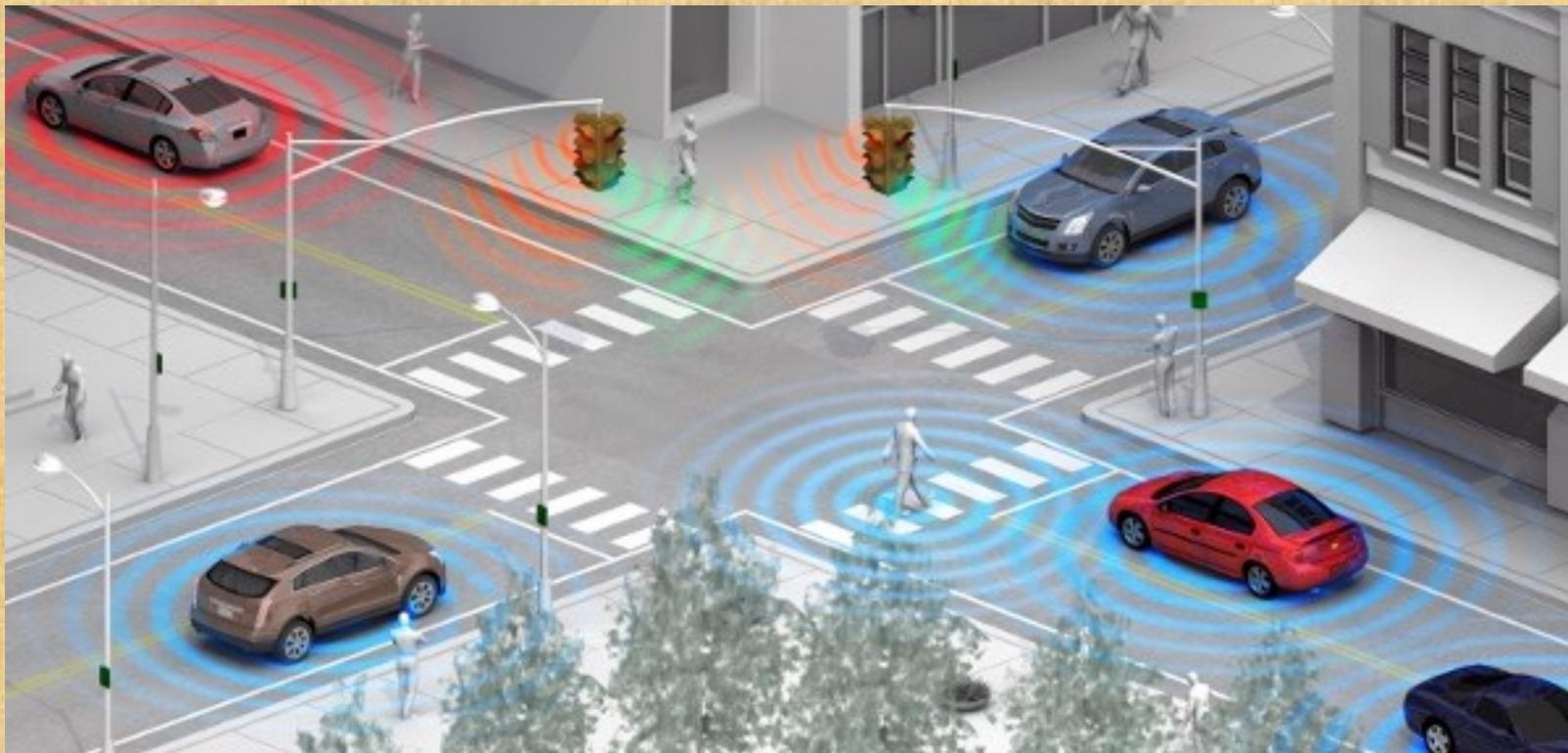
## Démonstrateur du transfert d'énergie à haute vitesse



# Projet UrbanCar



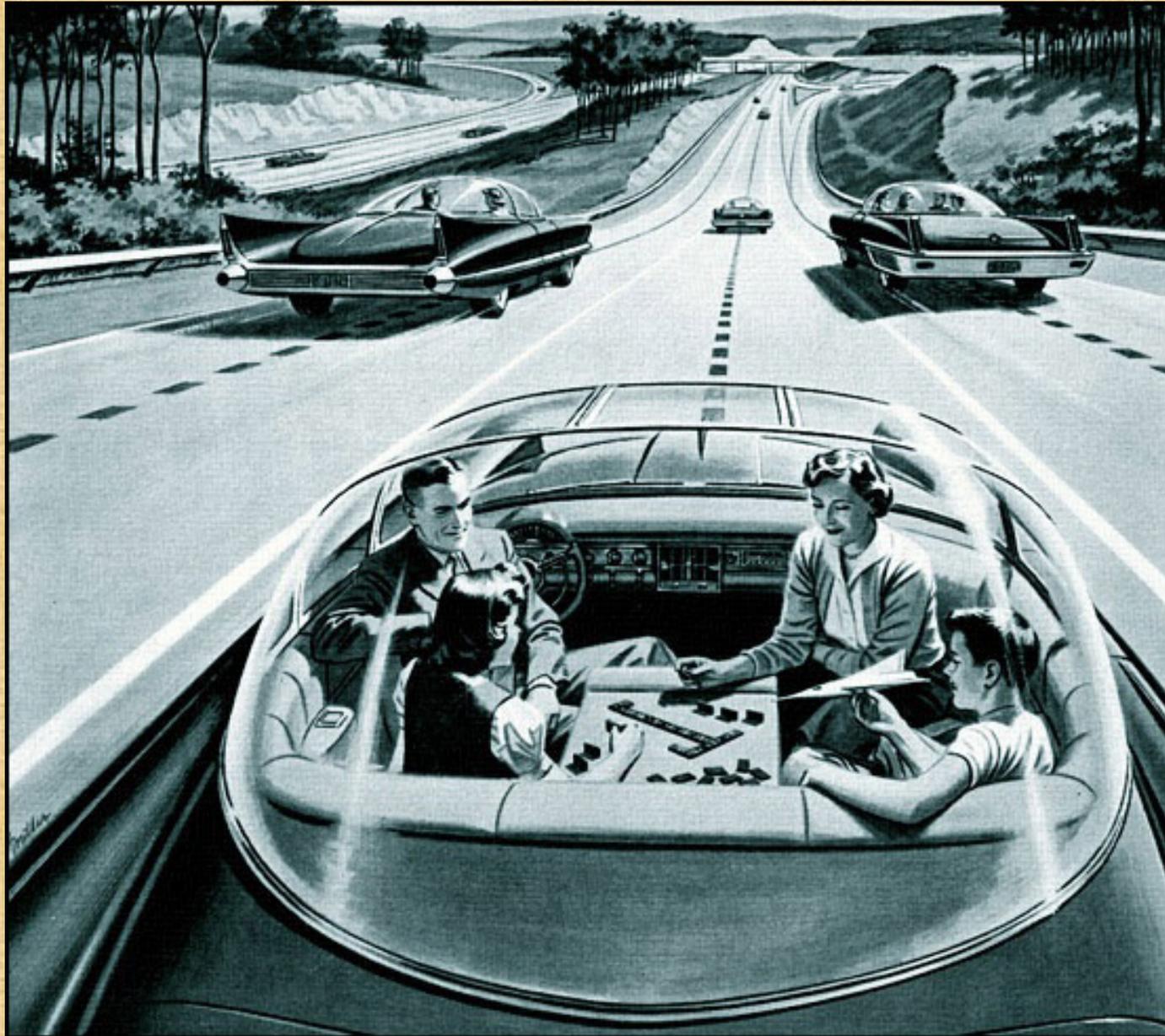
# Route connectée



# REDÉFINIR LA MANIÈRE DE NOUS DÉPLACER

- ◆ Des voitures qui vous déposent et se garent seules
- ◆ Des routes qui rechargent votre véhicule électrique tandis que vous roulez
- ◆ Tout ceci se situe dans un avenir très proche...  
Un avenir qui prend déjà forme dans nos véhicules
- ◆ La simple pression d'un bouton vous laissera reprendre le contrôle du volant. Elle pourra même communiquer avec les autres voitures et les piétons.

# L'AUTOROUTE ELECTRIQUE



# Aéroport zone d'embarquement



# Plateforme multimodale



# Caisses TULIP ( Hypermarché)



# Nos projets en Auvergne

- Banc d'essai Route électrique
- Station de recharge
- Route du Futur
- Chaire Industrielle sur les Transports Innovants

# Route à Induction magnétique, Photovoltaïque et Eolienne



# Conclusion

- ◆ **Nous sommes tous concernés par la protection de l'environnement**
- ◆ **Nous n'héritons pas la terre de nos parents, nous l'empruntons à nos enfants.**
- ◆ **L'électricité jouera un rôle majeur dans les transports du futur.**
- ◆ **Une chaire industrielle apportera un soutien au projet INP**
- ◆ **La route électrique est une solution qui contribuera à la promotion et au développement de la voiture électrique**

# Bernard le Bouvier de FONTENELLE

- ◆ Prétendons-nous avoir découvert toutes choses, ou les avoir mises à un point qu' on y puisse rien ajouter ?
- ◆ Et ! De grâce, consentons qu' il ait encore quelque chose à faire pour les siècles à venir.