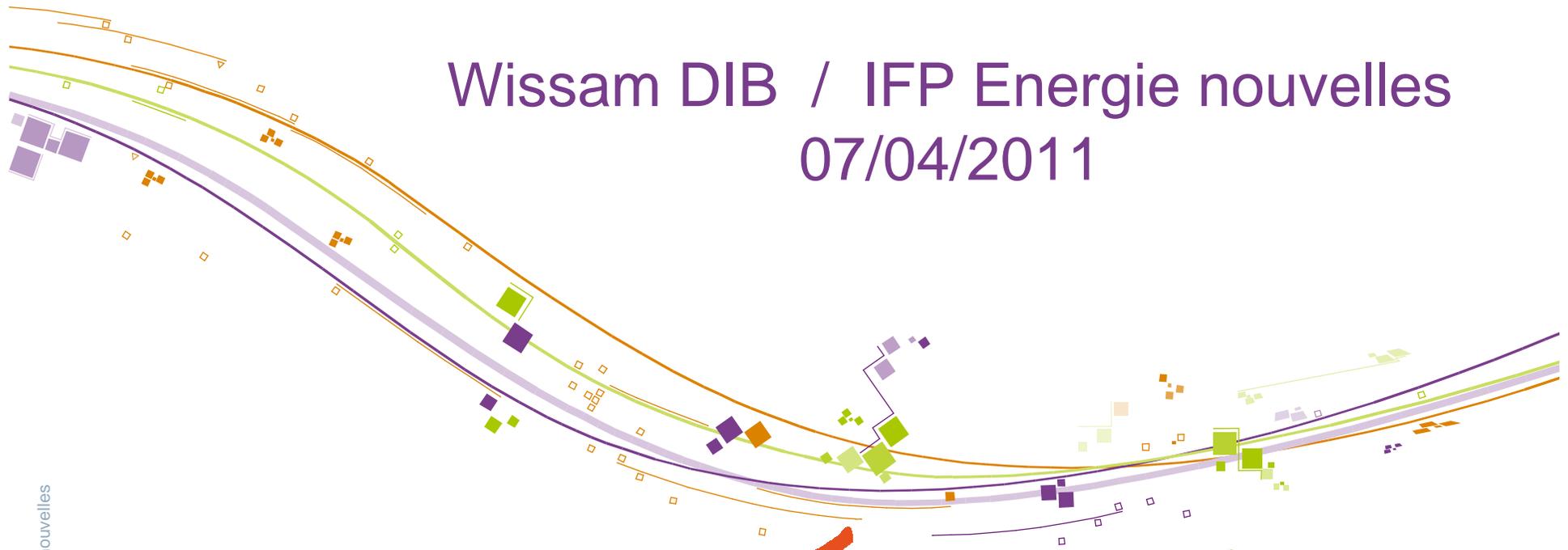


Modèle 0D du Véhicule Électrique

Wissam DIB / IFP Energie nouvelles
07/04/2011



© 2010 - IFP Energies nouvelles



VILLE - MOBILITÉ - ENERGIE





Plan

- **Présentation du projet et intérêt d'utilisation du modèle du véhicule**
 - Objectif : Améliorer l'efficacité d'une flotte de véhicules électriques en libre service
 - Présentation du service + véhicule
- **Exploitation de la base de trajet**
- **Modèle du véhicule électrique**
 - Description des modèles utilisés
 - Description des modèles des différents composants
 - Machine asynchrone de 8 kW
 - Variateur de vitesse
 - Batterie Ni-Mh de 14.4 kWh
 - Transmission
 - Validation du modèle dynamique du véhicule



Projet Ville Mobilité Energie

- Objectif : Améliorer l'efficacité d'une flotte de véhicules électriques en libre service
- Projet AMI2

VU LOG

ARTS
ET MÉTIERS
ParisTech



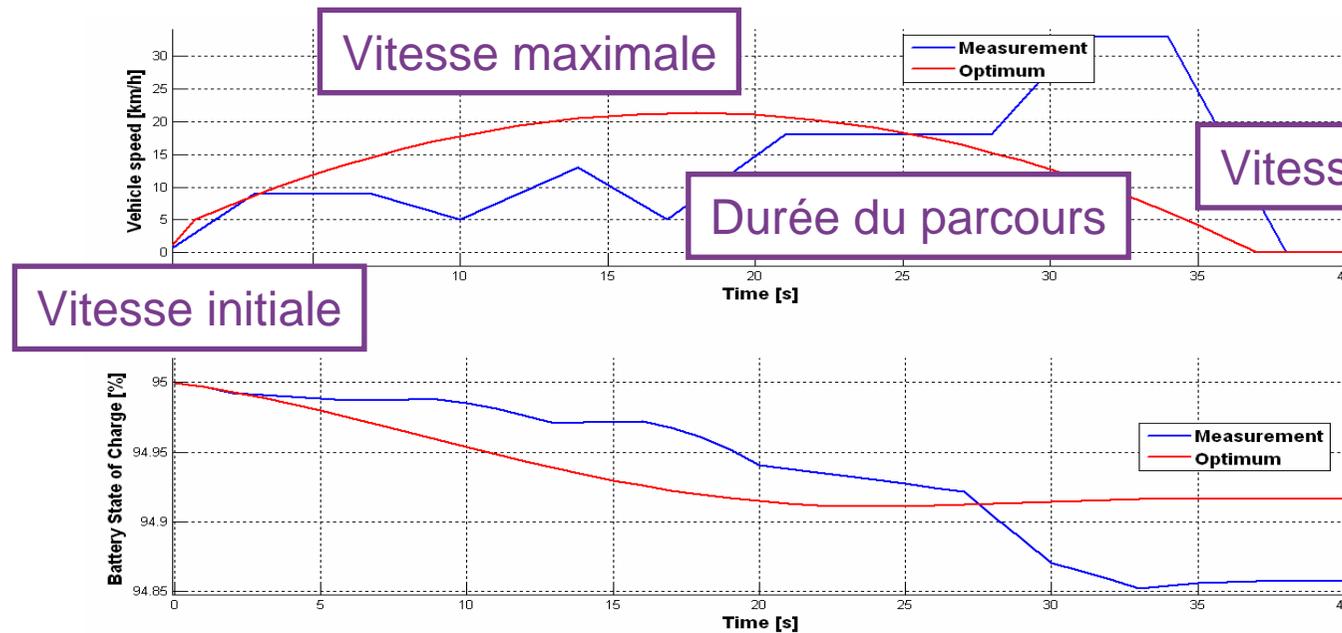
- Développement d'outils:
 - Superviseur d'énergie embarqué
 - Cartographie énergétique de la ville



Contexte du projet

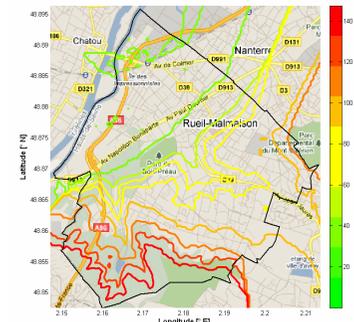
■ Objectif

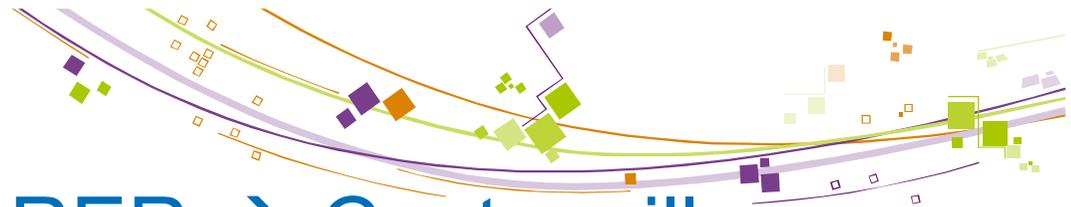
- Trouver la trajectoire de vitesse véhicule qui minimise l'énergie électrique sous certaines contraintes



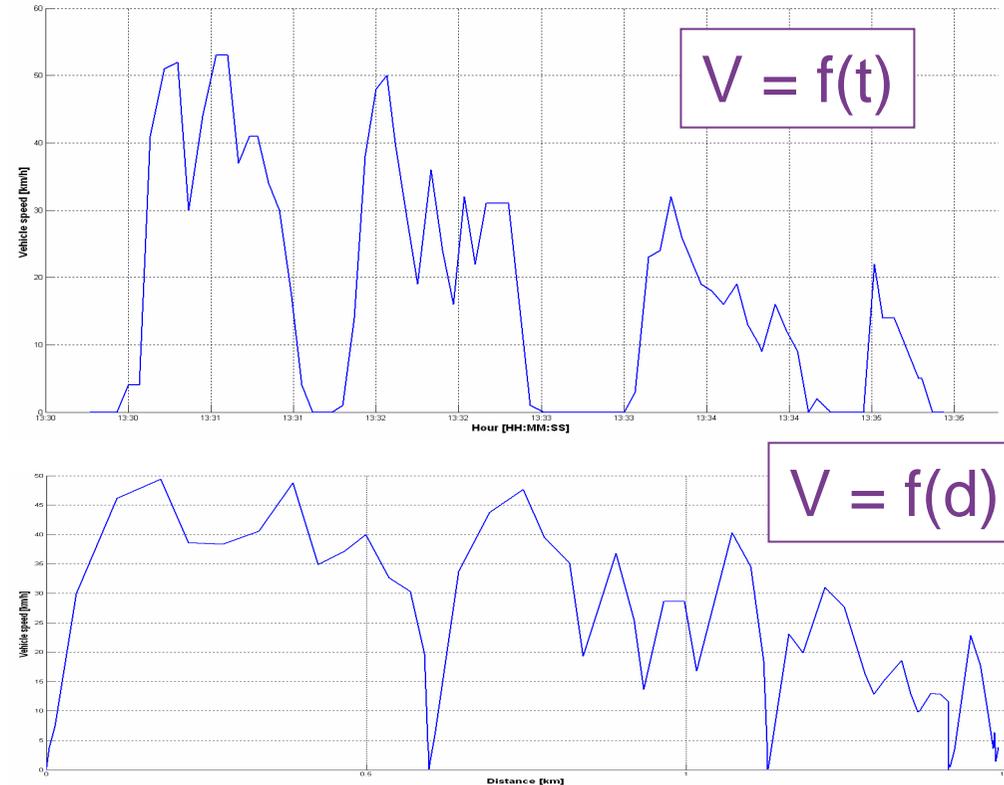
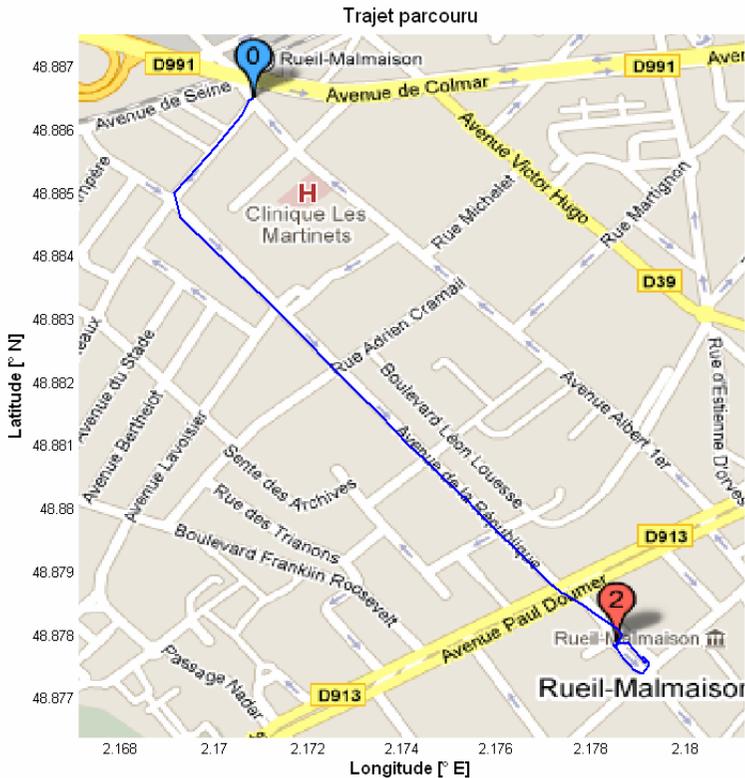
Réduction de l'utilisation de l'énergie stocké dans la batterie

→ Utilisation de méthodes mathématiques (Programmation dynamique, résolution analytique,...), du modèle véhicule et des données altimétriques

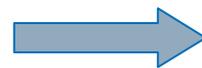




Trajet client type – RER → Centre ville



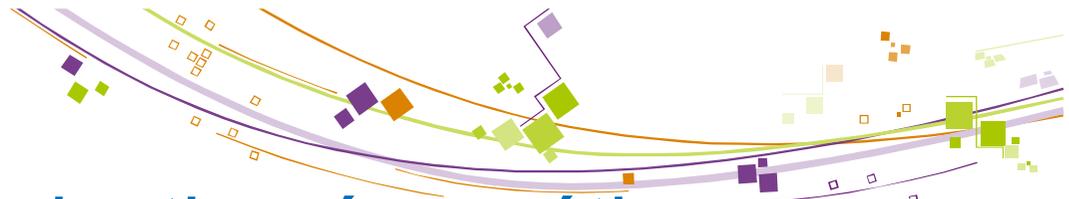
SOC initial = 84 %
SOC final = 81 %



Consommation
électrique = 0.432 kWh
0.28 kWh/km

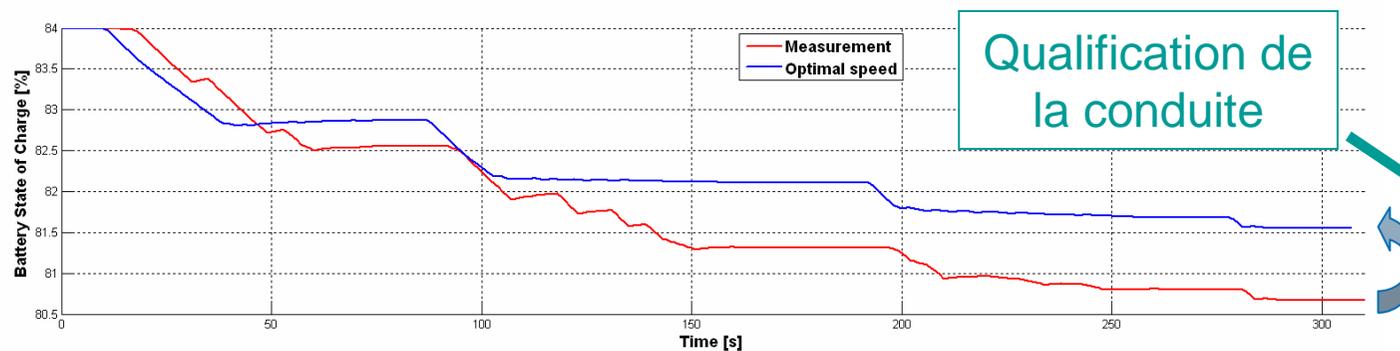
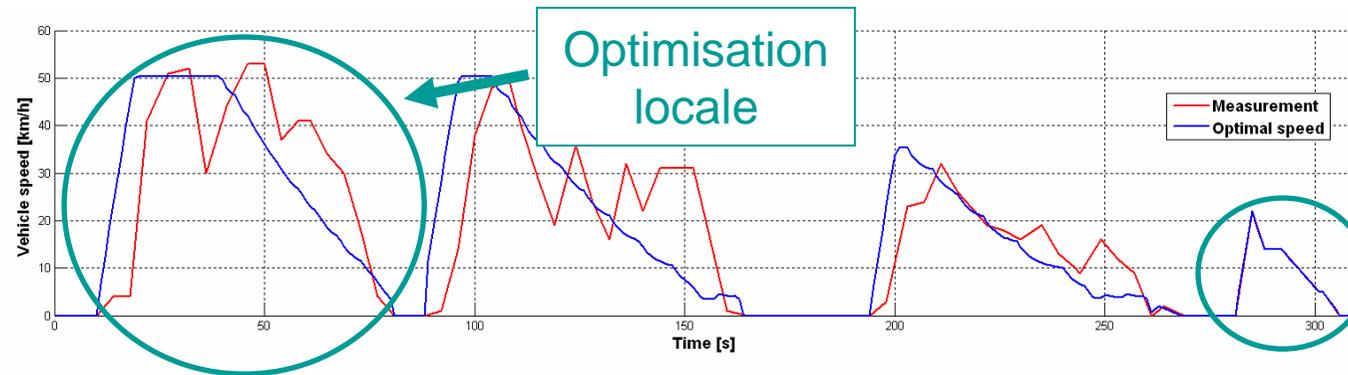
→ Possibilité de réduire la consommation énergétique sur ce trajet?

Logiciels pour la modélisation et le calcul scientifique – LMCS – 07/04/2011



Utilisation de l'optimisation énergétique

■ Sur un parcours particuliers (client xxx)



Non optimisé car
vitesse faible
Bouchon ???

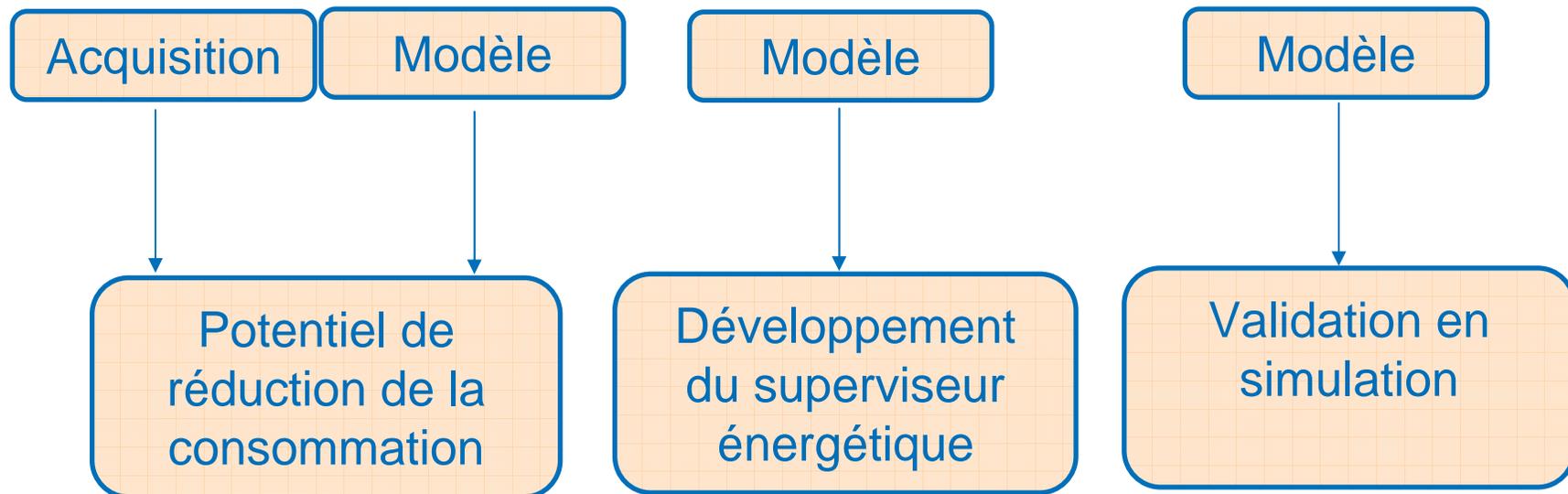
- 30%

→ Comparaison entre la trace de vitesse mesurée et l'évolution « optimale » dans des conditions de circulation identique
→ Permet de qualifier la conduite d'un client



Contexte du projet

- Utilisation du modèle du véhicule





Service MOEBIUS

- Service de véhicules électriques en libre accès
- 3 zones de retrait / restitution des véhicules



- 9 véhicules en libre-service
- Service opérationnel depuis juillet 2010
- Extension à d'autres villes



Description du véhicule

■ Véhicule F-CITY (FAM)

- Masse : 840 kg
- Moteur électrique de 8 kW
- Freinage récupératif (40%)
- Batterie Ni-Mh de 14.4 kWh



■ Vitesse maximale : 65 km/h

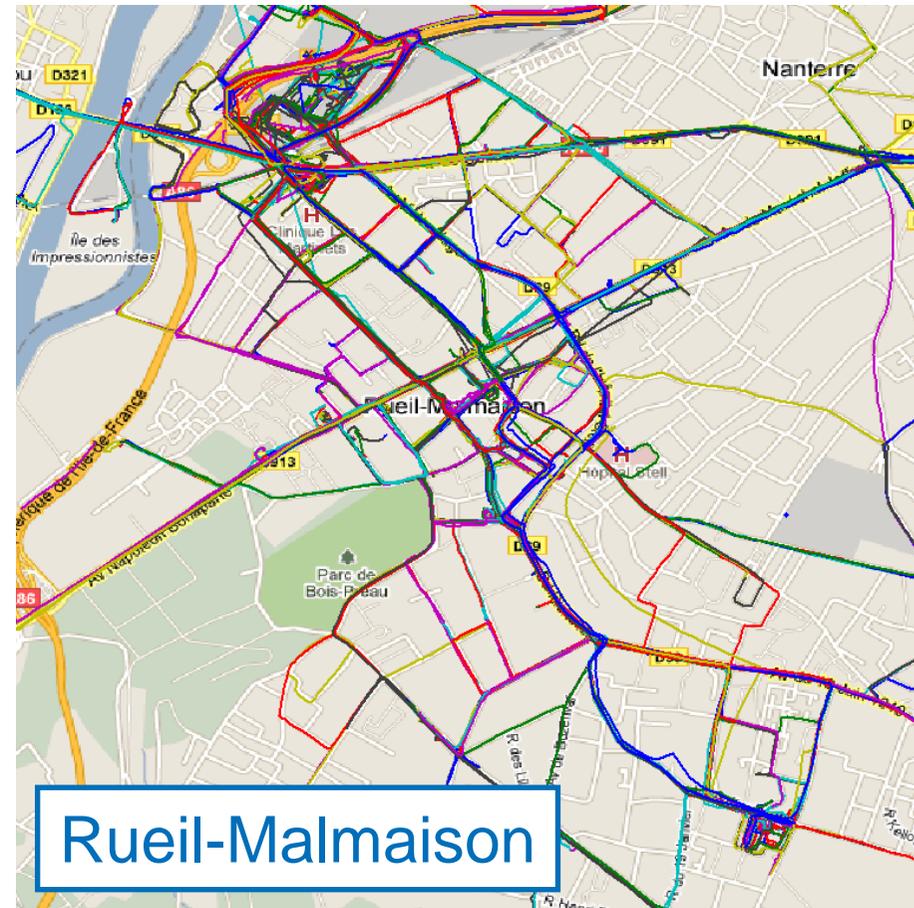
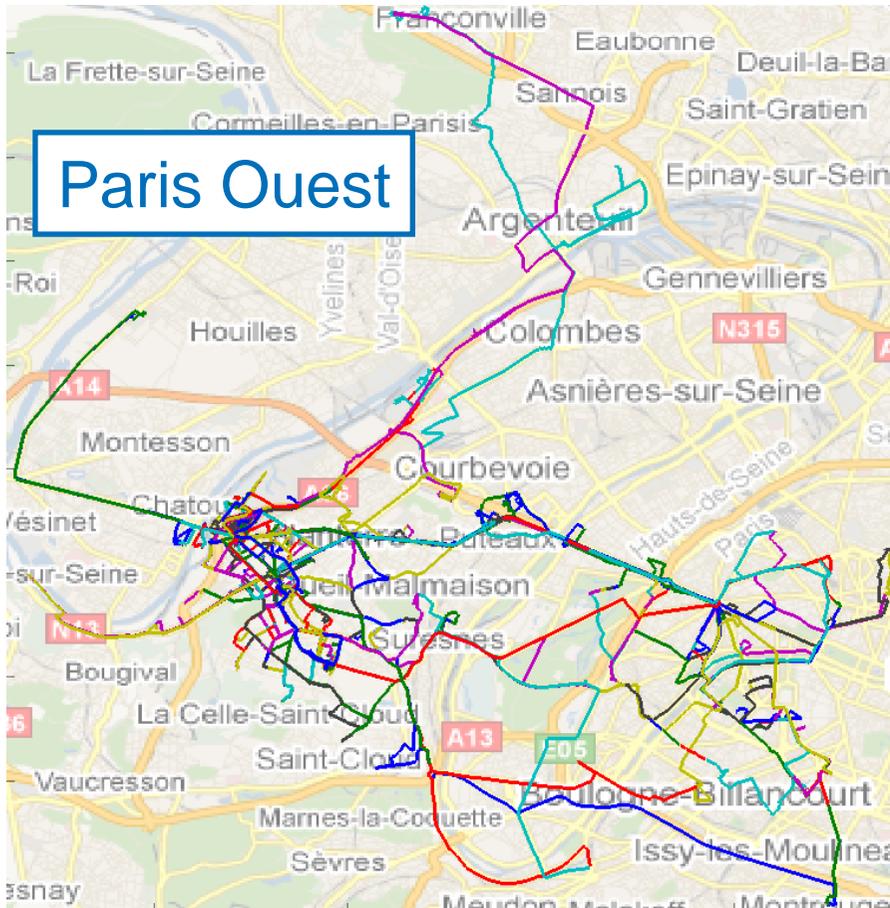
■ Autonomie: entre 80 et 100 km

- Récupération de signaux du calculateur véhicule et envoi via le réseau GSM: Géo localisation, mesures vitesse - état de charge – courants - ...



Exploitation de la base de trajets

- 1544 trajets sur 6 mois et 5 véhicules





Exploitation de la base de trajets

Statistiques globales

- Nombre d'acquisitions : 1544
- Distance parcourue : 1994 km
- Trajet moyen : 2,56 km
- Vitesse moyenne : 19,2 km/h
- Énergie électrique dépensé : 406 kWh →
Décharge totale de plus de 28 batteries – 0,2 kWh / km (mise à jour autonomie)
- Décharge moyenne par trajet : 3,4 %
- Émissions de CO₂ pour la production de l'énergie électrique en France : 37 kg de CO₂ (18,4 g de CO₂ par km)



→ Compréhension du comportement des utilisateurs

→ Estimateur d'autonomie



Exploitation de la base de trajets

Mesures disponibles sur véhicule par le bus Can

Mesures	Unité
Vitesse véhicule	Km/h
SOC (State Of Charge)	%
Rotation moteur	tours/min
Pédale accélérateur	%
Température moteur	°C
Température variateur	°C
Courant batterie	A
Tension module batterie	V



Plan

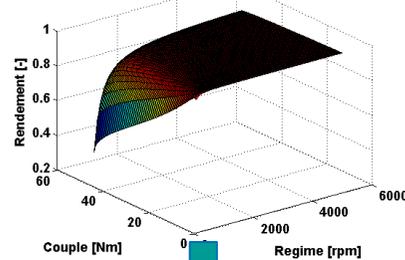
- Exploitation de la base de trajet
 - Objectif : Améliorer l'efficacité d'une flotte de véhicules électriques en libre service
 - Présentation du service + véhicule
- **Modèle du véhicule électrique**
 - Description des modèles utilisés
 - Description des modèles des différents composants
 - Machine asynchrone de 8 kW
 - Variateur de vitesse
 - Batterie Ni-Mh de 14.4 kWh
 - Transmission
 - Validation du modèle dynamique du véhicule



Description des modèles utilisés

Types de modèles

Modèles statiques



Utilisés dans les algorithmes de contrôle

Modèles dynamiques

$$V_{ds} = R_s I_{ds} - \omega_s \varphi_{qs} + \frac{d\varphi_{ds}}{dt}$$

$$V_{qs} = R_s I_{qs} + \omega_s \varphi_{ds} + \frac{d\varphi_{qs}}{dt}$$

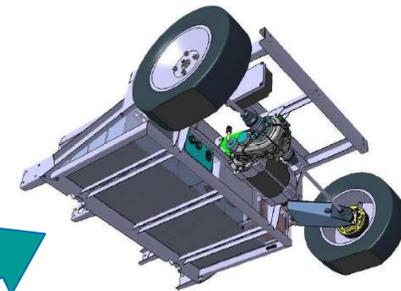
Utilisés pour simuler la dynamique du véhicule



Modèle du véhicule électrique



Chaine de Transmission



Batterie



Véhicule composé de différents composants - domaines



Variateur de vitesse



Moteur électrique



Modèle du véhicule électrique

Moteur électrique asynchrone de 8 kW



Réalisation d'un modèle physique

$$\left\{ \begin{array}{l} P_e = V_{ds} I_{ds} + V_{qs} I_{qs} \\ C_e = pM (I_{qs} I_{dr} - I_{ds} I_{qr}) \end{array} \right.$$

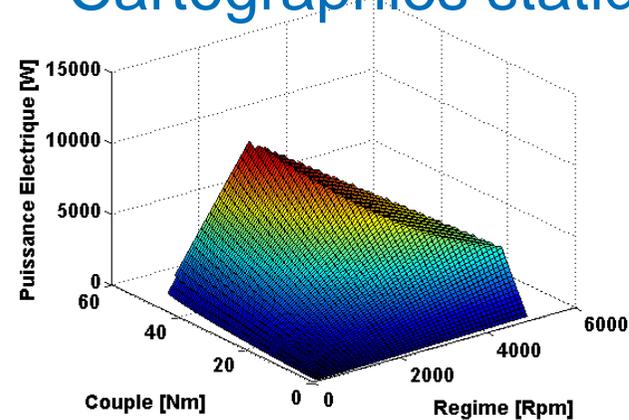
$$V_{ds} = R_s I_{ds} - \omega_s (L_s I_{qs} + M I_{qr})$$

$$V_{qs} = R_s I_{qs} + \omega_s (L_s I_{ds} + M I_{dr})$$

$$0 = R_r I_{dr} - \omega_r (L_r I_{qr} + M I_{qs})$$

$$0 = R_r I_{qr} + \omega_r (L_r I_{dr} + M I_{ds})$$

Cartographies statiques



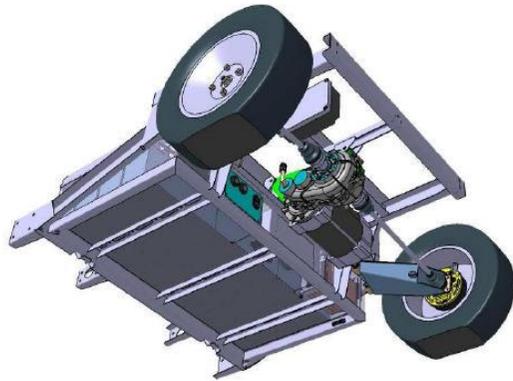
P_e se décompose en 3 termes :

1. pertes joules
2. échanges électromagnétique
3. P mécanique sur l'arbre



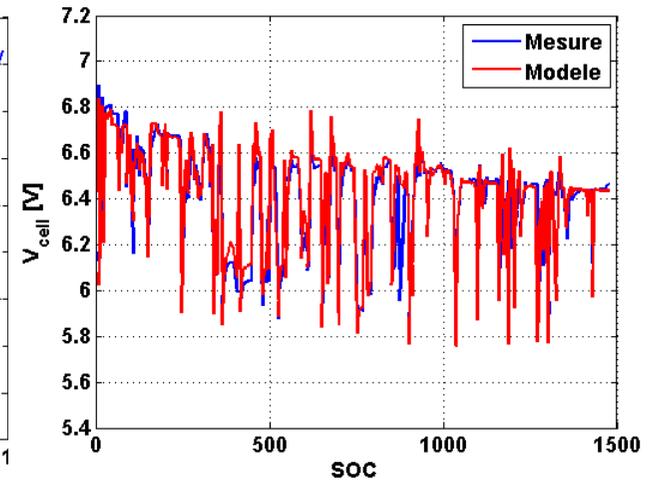
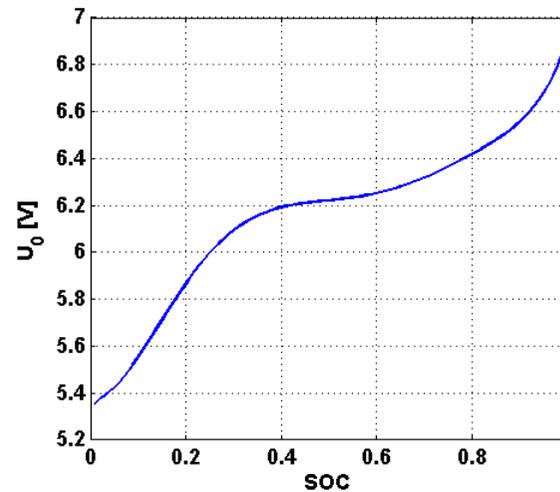
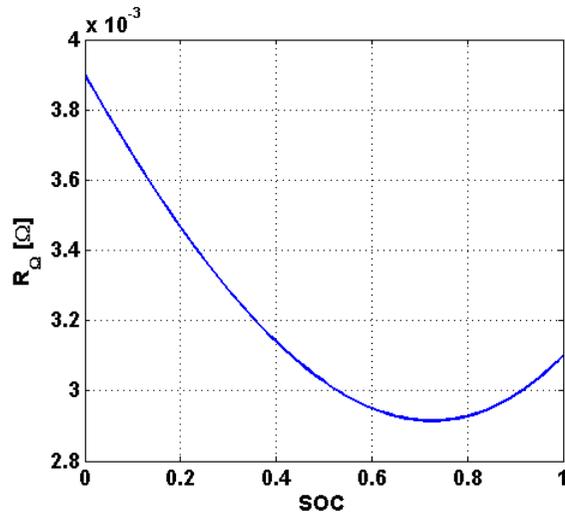
Modèle du véhicule électrique

Batterie Ni-Mh de 14.4 kWh



Réalisation d'un modèle pile

$$\left\{ \begin{array}{l} SOC(t) = SOC_0 + \frac{1}{C_{nom}} \int_{t_0}^t I_{cell}(\tau) d\tau \\ V_{cell} = U_0(SOC) + R_{\Omega}(SOC) I_{cell} \end{array} \right.$$



Tension en sortie d'une cellule



Modèle du véhicule électrique

Dynamique véhicule



$$\begin{cases} M_v \dot{v} = F_{trac} - F_{slope} - F_{res} \\ F_{res} = F_{aer} + F_{roll} + F_d = a + bv + cv^2 \end{cases}$$

Essais réalisés en levée de pied et avec pente nulle

$$F_{trac} = 0 \quad F_{slope} = 0$$

$$M_v \dot{v} = -F_{res}(v) = -a - bv - cv^2$$

$$v = \frac{R_{tire}}{\tau_{ratio}} \frac{2\pi}{60} n_{e_mot}$$

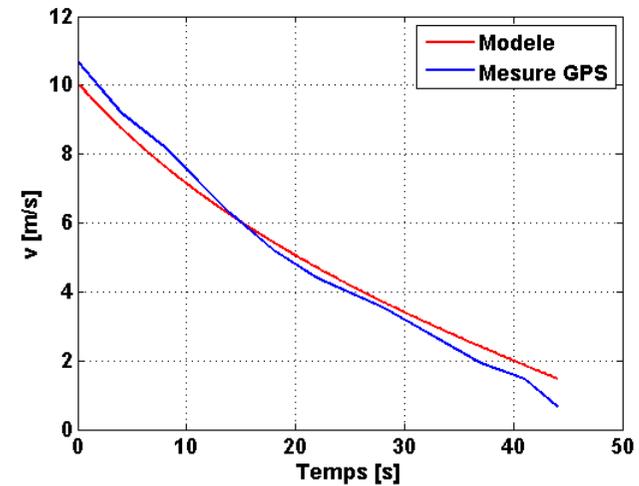
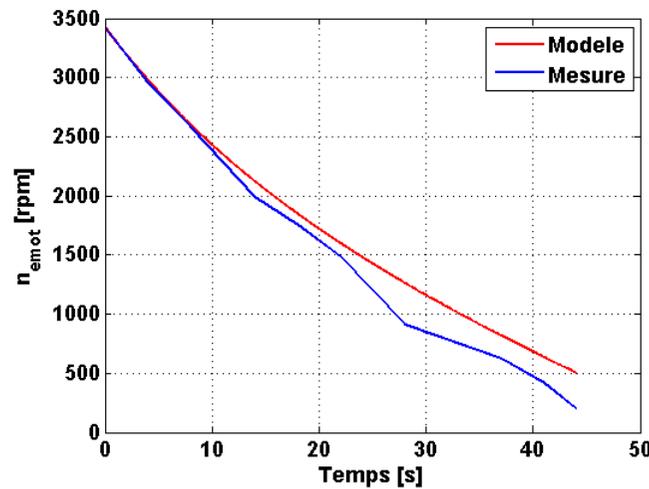
- a=120.5900
- b=0
- c=2.2660



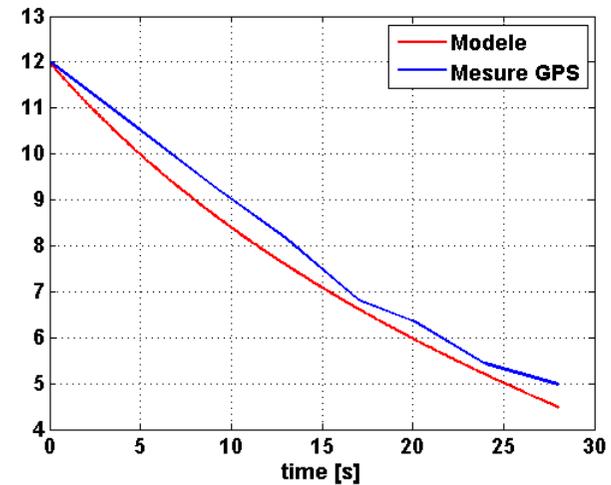
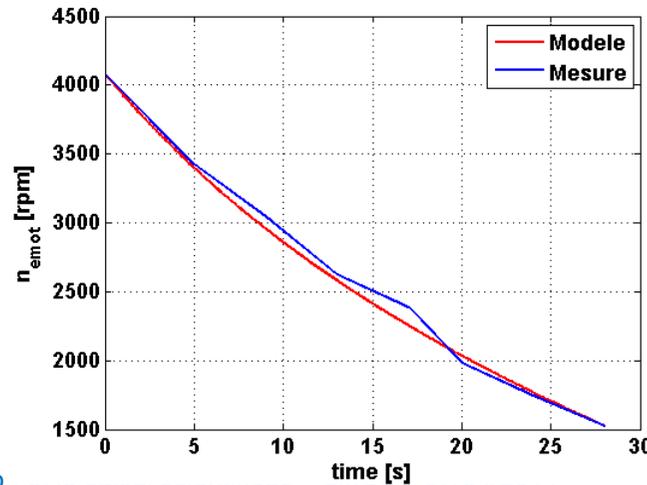
Modèle du véhicule électrique

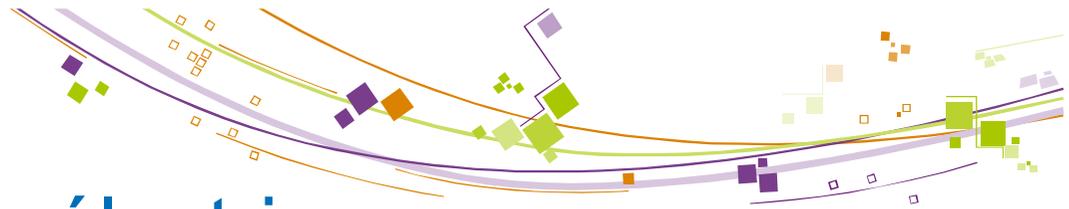
Dynamique véhicule

1er essai :
 Décélération à
 partir de
 40 km/h en
 lâcher de pied



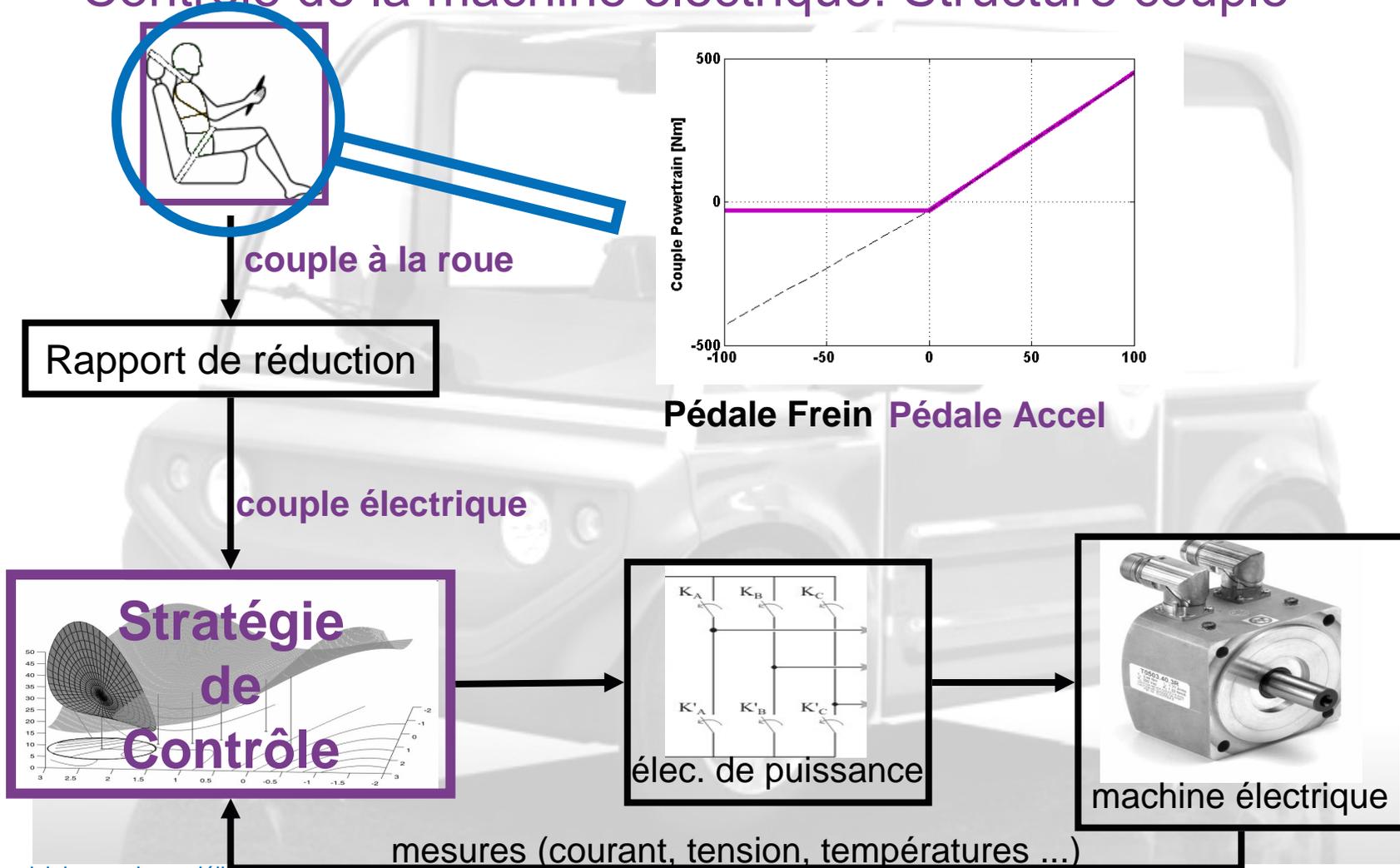
2eme essai :
 Décélération à
 partir de
 44 km/h en
 lâcher de pied





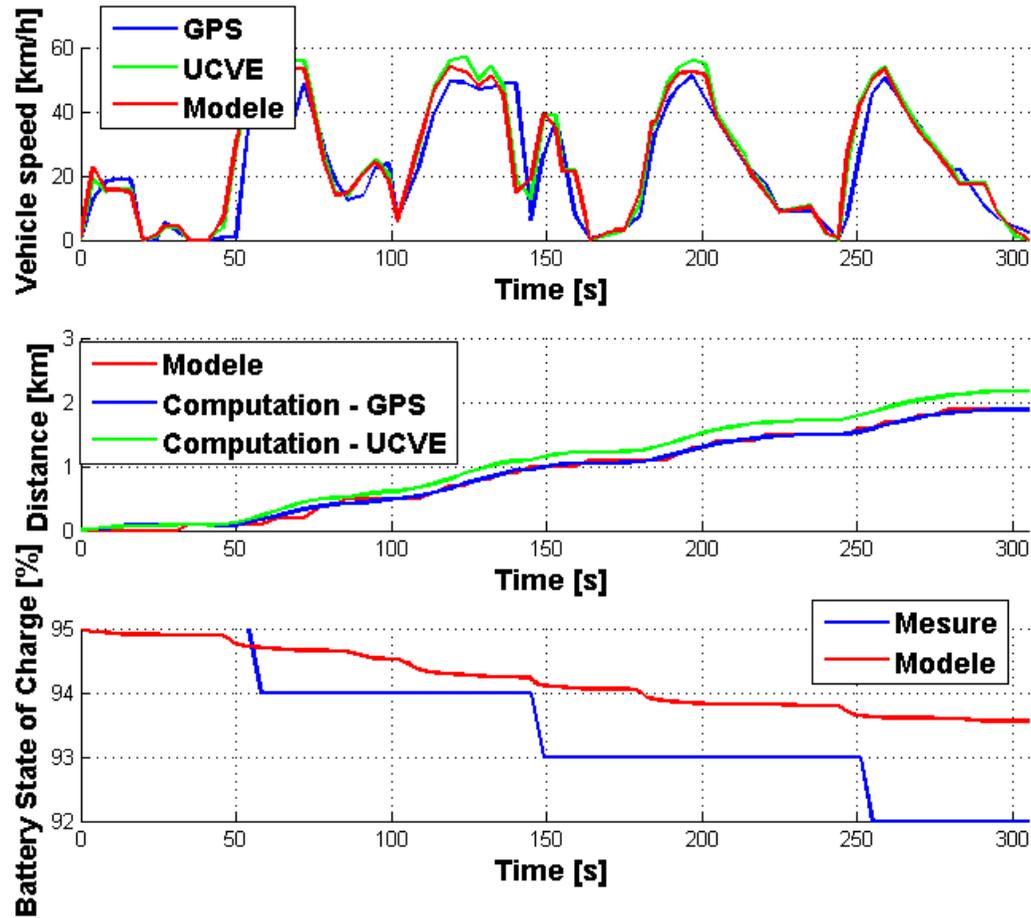
Modèle du véhicule électrique

Contrôle de la machine électrique: Structure couple





Validation du modèle dynamique du véhicule





Conclusions

- **Modèle du véhicule électrique**
 - Machine asynchrone
 - Batterie Ni-Mh de 14.4 kWh
 - Transmission
 - Loi de route

- **Modèle est utilisé**
 - la plateforme de simulation pour valider les développements et les algorithmes de contrôle
 - les développements du superviseur énergétique



Merci

Questions



Innovater les énergies

www.ifpenergiesnouvelles.fr