

Institut français
des sciences et technologies
des transports, de l'aménagement
et des réseaux

Mise en regard d'un modèle énergétique de véhicule électrique et de mesures embarquées :

impact de la précision de certains paramètres

Marne la Vallée – 17/10/2018
Bruno Jeanneret
Laboratoire Transports et Environnement



Mise en regard d'un modèle énergétique de véhicule électrique et de mesures embarquées :

Introduction - Contexte

Le logiciel de VEHLIB

Mesures et modèle

Les mesures

Le modèle

Analyse

Conducteur dans le trafic

Traitement de la pente

Usage des auxiliaires

Conclusion



Idée à l'origine de ce travail

- exploiter une base de données existante au laboratoire : mesures sur véhicule électrique (VE)
- utiliser le logiciel de simulation vehlib pour simuler les parcours
- analyser l'impact de certains paramètres sur la variation de la consommation d'énergie du VE



La base de données du projet CEVE

- un protocole expérimental bien défini
- un parcours de 12 km avec différentes situations de trafic
- 100 participants sélectionnés
- chaque participant a effectué le parcours 2 fois
 - ▶ premier parcours (P1) : sans indication
 - ▶ deuxième parcours (P2) : avec consigne d'éco-conduite
- un fichier journal détaillant le déroulement des expérimentations

Au total 92 participants présentent des enregistrements valides sur 2 parcours chacun.



Les objectifs de VEHLIB

- simulation de tout type de véhicules (VP, PL, TC, ...) et de chaînes de traction (VE, VHs ...) en terme de :
 - ▶ consommation d'énergie (carburant, électricité ...)
 - ▶ performances dynamiques
 - ▶ sollicitation des organes
- permettre plusieurs niveaux de précision pour modéliser un même composant :
 - ▶ modèle physique (décrit par les équations mathématique)
 - ▶ modèle comportemental (boîte noire, ex. fonction de transfert)
 - ▶ modèle intermédiaire
- permettre les extensions vers le temps réel, donc vers le contrôle / commande des systèmes
- optimiser les systèmes et plus particulièrement les lois de gestion de l'énergie des véhicules hybrides
 - ▶ modèle direct ou forward
 - ▶ modèle inverse ou backward



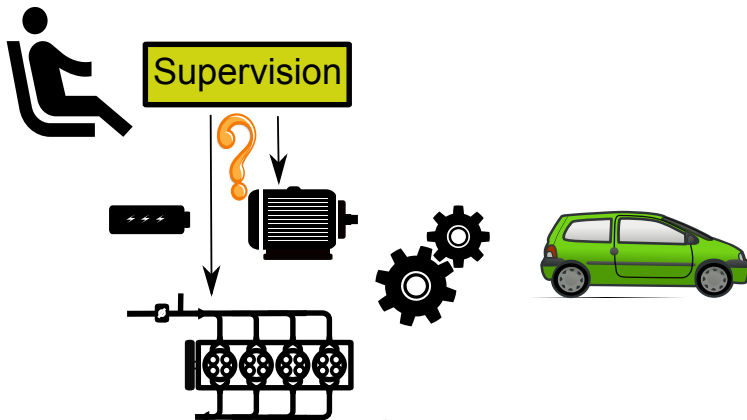
Les objectifs de VEHLIB

- simulation de tout type de véhicules (VP, PL, TC, ...) et de chaînes de traction (VE, VHs ...) en terme de :
 - ▶ consommation d'énergie (carburant, **électricité** ...)
 - ▶ performances dynamiques
 - ▶ sollicitation des organes
- permettre plusieurs niveaux de précision pour modéliser un même composant :
 - ▶ modèle physique (décrit par les équations mathématique)
 - ▶ modèle comportemental (boîte noire, ex. fonction de transfert)
 - ▶ **modèle intermédiaire**
- permettre les extensions vers le temps réel, donc vers le contrôle / commande des systèmes
- optimiser les systèmes et plus particulièrement les lois de gestion de l'énergie des véhicules hybrides
 - ▶ **modèle direct ou forward**
 - ▶ **modèle inverse ou backward**



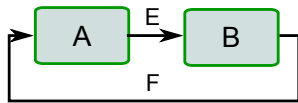
Les modèles forward dans vehlib

- un sens naturel de résolution des systèmes (respect de la causalité)

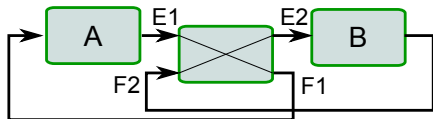


Les modèles forward dans vehlib

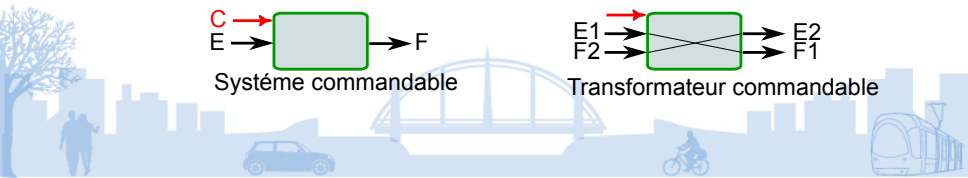
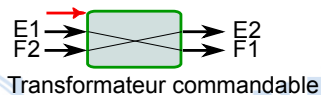
- un sens naturel de résolution des systèmes (respect de la causalité)
- un formalisme inspiré de la théorie des Bond Graph :
 - ▶ les bond graphs sont basés sur le principe de la conservation de la puissance
 - ▶ un bond graph est multi-physique - Variables d'effort et de flux
 - ▶ représentation sous forme de pseudo-bond graph dans vehlib :



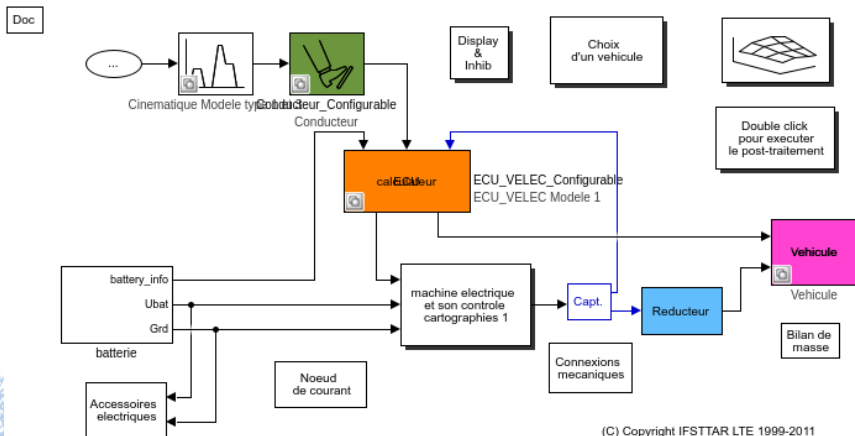
Association de 2 sous-systèmes
de même domaine



Association de 2 sous-systèmes
de domaines différents



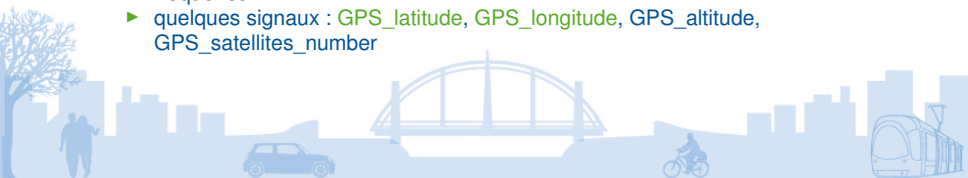
Le modèle du véhicule électrique dans vehlib



(C) Copyright IFSTTAR LTE 1999-2011
Version 2011a

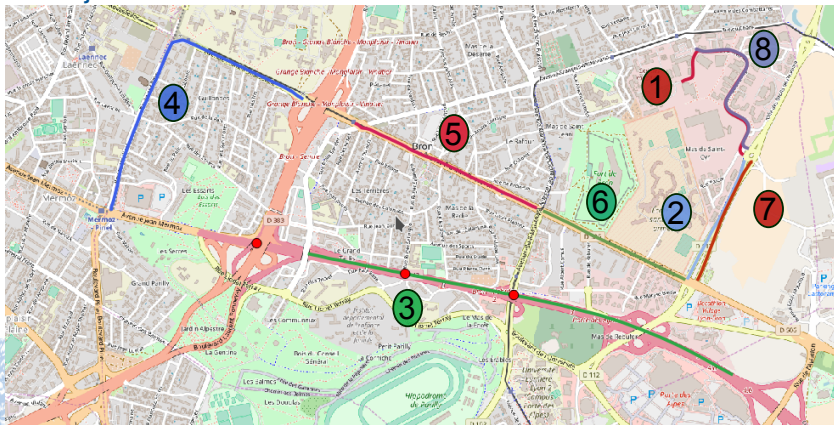
Les mesures du projet CEVE

- enregistreur :
 - ▶ enregistreur 32 bits
 - ▶ acquisition à la fréquence de 10 Hz
- réseau CAN du constructeur :
 - ▶ fréquence 500 Mb/s
 - ▶ 73 paramètres
 - ▶ quelques signaux : PDL_POS, VEH_SPEED, MOTOR_SPD, MOTOR_TRQ_FB, BATT_CURRENT, BATT_V_TOTAL, SOC_CONT
 - ▶ origine des signaux : calcul ou mesure ? - Précision ?
- signal GPS :
 - ▶ fréquence 1 Hz
 - ▶ quelques signaux : GPS_latitude, GPS_longitude, GPS_altitude, GPS_satellites_number



Le trajet

Un trajet de 12 km en zone urbaine



Le modèle de simulation

- ✓ masse du véhicule :
obtenue par pesée



Le modèle de simulation

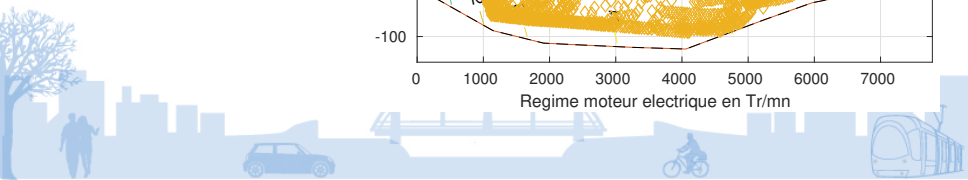
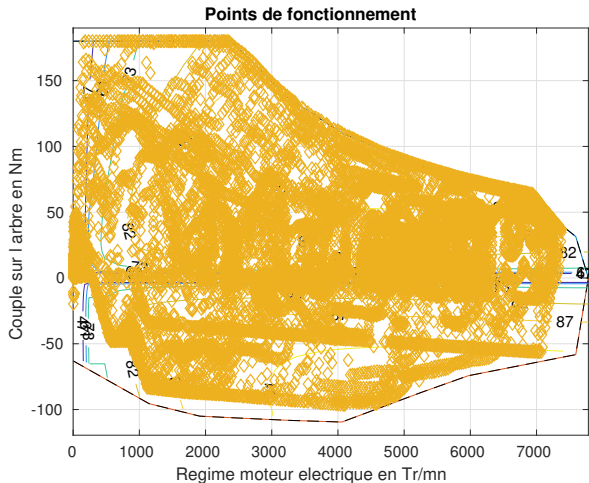
- ✓ masse du véhicule :
obtenue par pesée
- paramètres de la loi
de route : références
bibliographiques

- effort de roulement $F_{roul} = C_{rr} * M_{masse} * G_{pes}$
- effort aérodynamique $F_{aero} = 0.5 * \rho_{air} * S * C_x * v^2$
- effort de pente $F_{pente} = M_{masse} * G_{pes} * \sin(\alpha)$



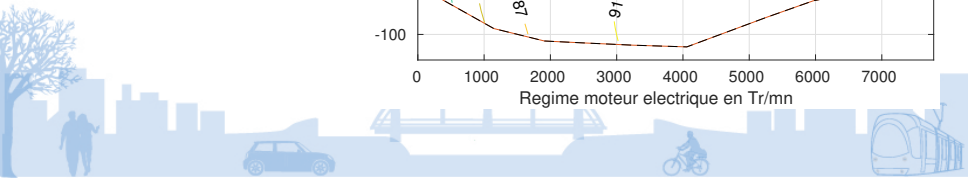
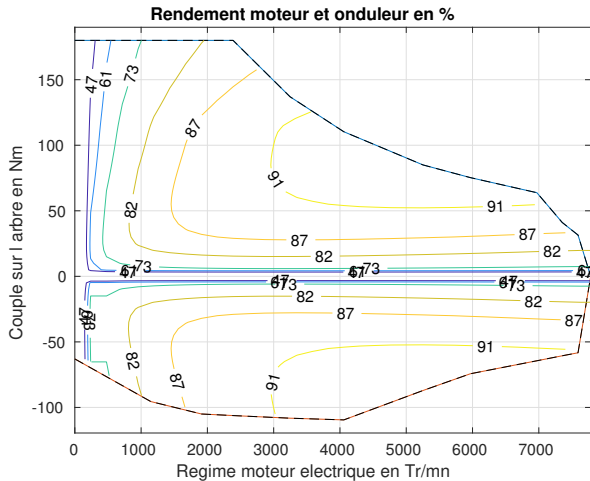
Le modèle de simulation

- ✓ masse du véhicule : obtenue par pesée
- paramètres de la loi de route : références bibliographiques
- Modèle de la machine électrique
 - ✓ Performances : mesures



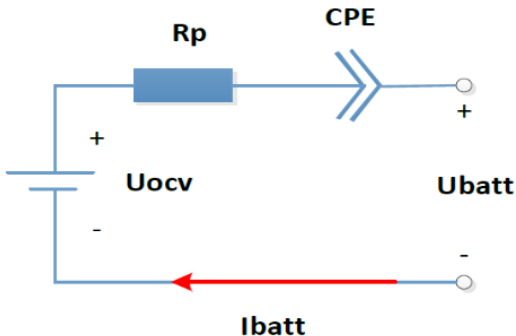
Le modèle de simulation

- ✓ masse du véhicule : obtenue par pesée
- paramètres de la loi de route : références bibliographiques
- Modèle de la machine électrique
 - ✓ Performances : mesures
 - ▶ Rendement estimé

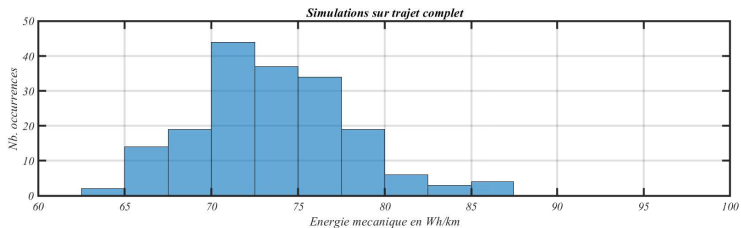
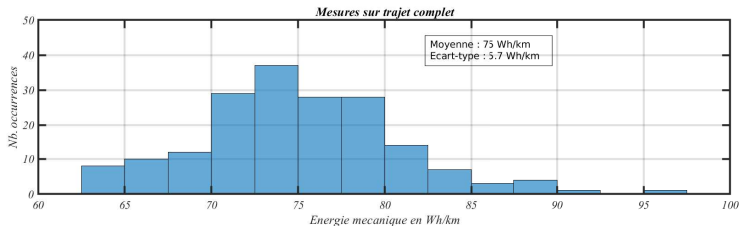


Le modèle de simulation

- ✓ masse du véhicule : obtenue par pesée
- paramètres de la loi de route : références bibliographiques
- Modèle de la machine électrique
 - ✓ Performances : mesures
 - ▶ Rendement estimé
- Modèle de batterie : paramètres estimés

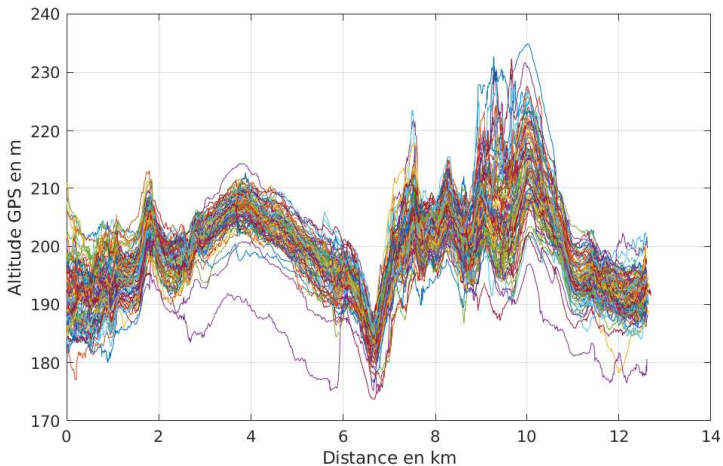


Conducteur dans le trafic - Énergies mécaniques mises en jeu



Calcul de la pente - Imprécisions du GPS

Signal GPS altitude non traité :



Traitement de la pente longitudinale

Recalcul de l'altitude
avec la base RGE
ALTI (pas : 5m)



Traitement manuel
(passage de pont par
ex.)

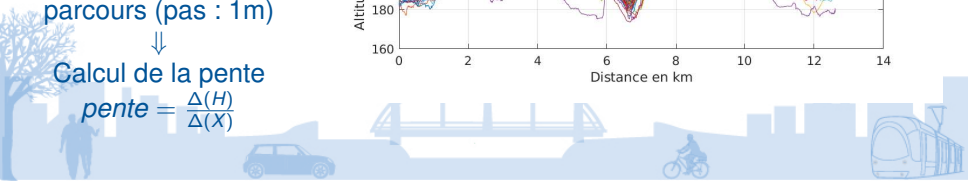
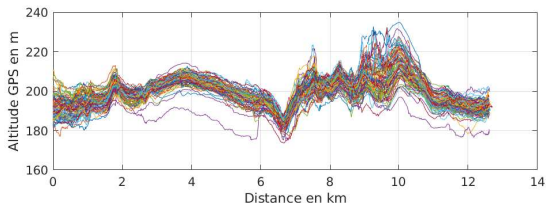
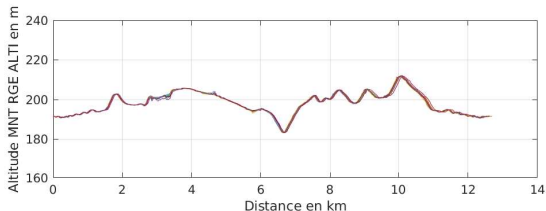


Interpolation à pas
constant sur le
parcours (pas : 1m)



Calcul de la pente

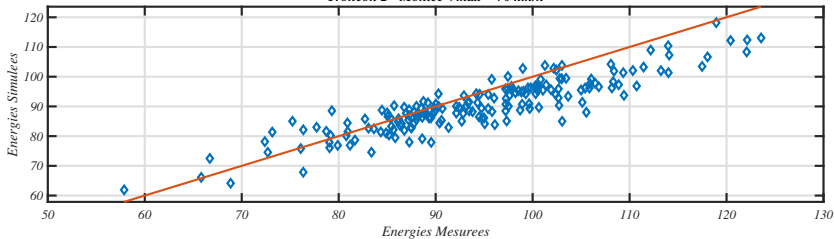
$$pente = \frac{\Delta(H)}{\Delta(X)}$$



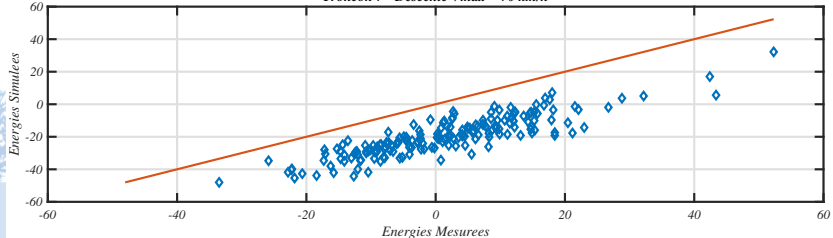
Analyse des tronçons 2 et 7

Influence de la pente ... Il reste des choses à faire !

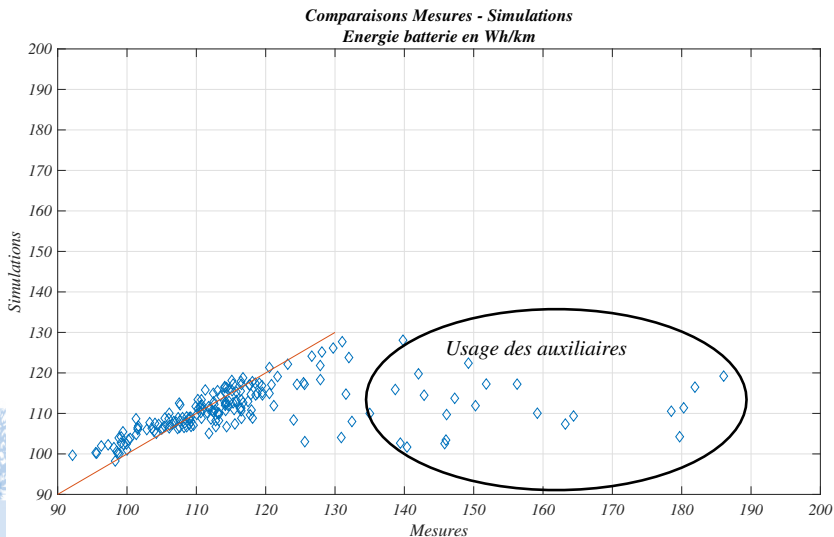
Tronçon 2 - Montée Vmax = 70 km/h



Tronçon 7 - Descente Vmax = 70 km/h



Énergies batterie - Influence des auxiliaires



Énergies batterie - Influence des auxiliaires - Illustration sur un parcours avec chauffage

Utilisation du chauffage
ou Essuie glace /
soufflerie



Jusqu'à 50 %
d'augmentation de la
consommation batterie

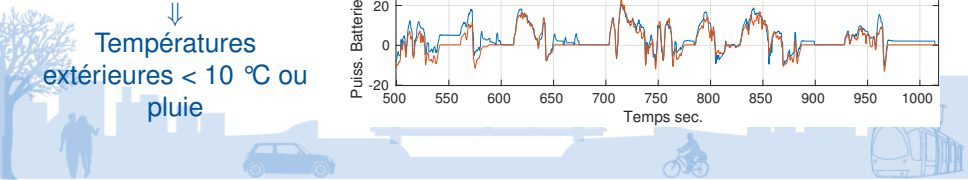
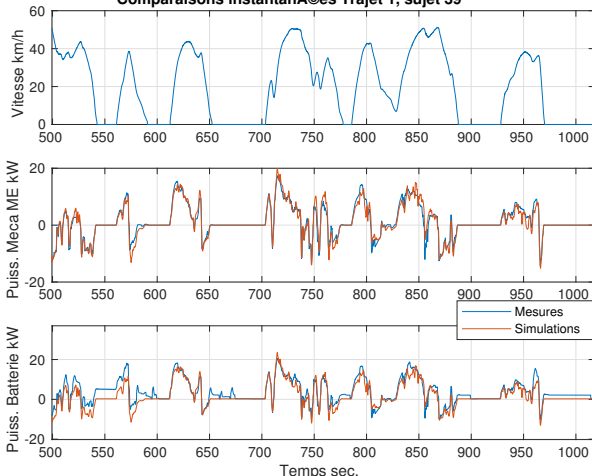


Apparaît souvent dans le
fichier journal !

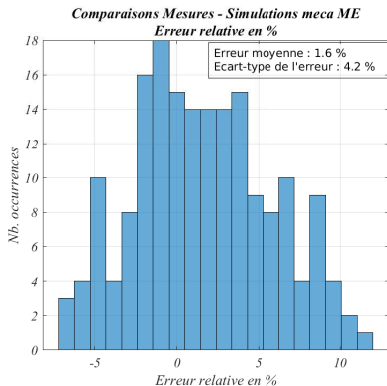


Températures
extérieures < 10 °C ou
pluie

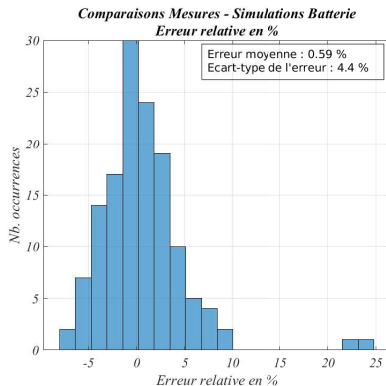
Comparaisons instantanées Trajet 1, sujet 39



Confrontation mesures / modèle

Ensemble des mesures valides pour
la partie mécanique

... En excluant les trajets avec
utilisation des auxiliaires pour les
comparaisons au niveau batterie



Conclusions

VEHLIB

- un logiciel de simulation de la consommation d'énergie des véhicules
- et bien plus ...
- ✓ principaux contributeurs : Bruno Jeanneret, Eduardo Redondo, Rochdi Trigui, Emmanuel Vinot

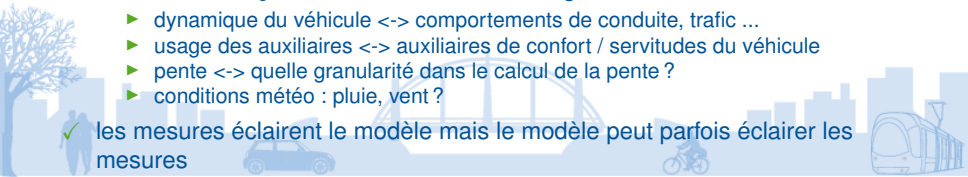
CEVE

- une base de données avec une grande variété de conditions d'usages
- projet CEVE : quelques références ci-après

Validité et incertitudes sur le modèle

- une caractérisation assez poussée du véhicule
- une précision satisfaisante
- facteurs influençant la consommation d'énergie
 - ▶ dynamique du véhicule <-> comportements de conduite, trafic ...
 - ▶ usage des auxiliaires <-> auxiliaires de confort / servitudes du véhicule
 - ▶ pente <-> quelle granularité dans le calcul de la pente ?
 - ▶ conditions météo : pluie, vent ?

✓ les mesures éclairent le modèle mais le modèle peut parfois éclairer les mesures



Bibliographie du projet CEVE

- R. Trigui, R. Derollepot, P. Kreczanic, L. Poupon, C. Philipps-Bertin : *"Use analysis and systemic modeling of a new generation EV for autonomy optimization"*. EEVC 2014, European Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Congress
- R. Trigui, B. Jeanneret, E. Vinot, E. Redondo : *"Eco-driving rules extraction from a model based optimization for a new generation EV"*. 2015 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)



Merci pour votre attention

Bruno Jeanneret



IFSTAR

IFSTAR – LTE
www.ifstar.fr

