



JOURNEES  
TECHNIQUES  
ACOUSTIQUE  
ET VIBRATIONS



# Impact des véhicules électriques et hybrides sur les réseaux nationaux

## Bilan du projet FOREVER

M.A. Pallas, M. Bérengier, R. Chatagnon  
IFSTTAR / AME / LAE

# Introduction et contexte



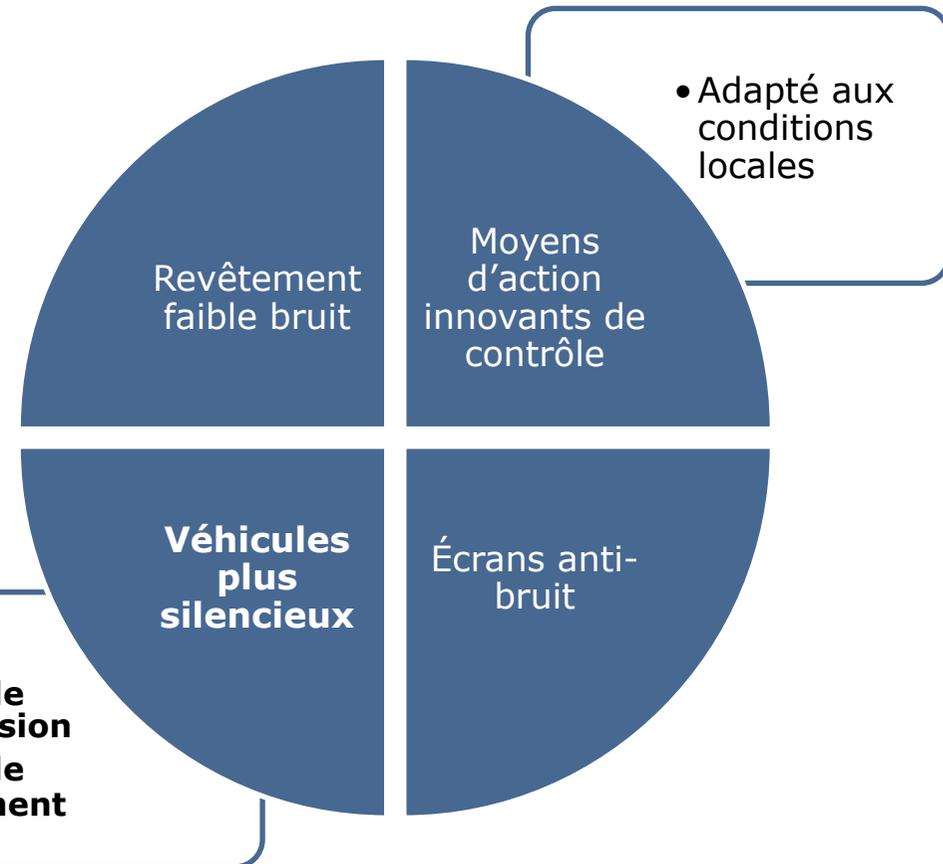
Directive sur le bruit de l'environnement (END)  
2002/49/EC :

- prévenir / réduire le bruit en provenance de sources telles que le bruit routier si nécessaire
- préserver la qualité sonore lorsqu'elle est satisfaisante.

*Véhicules électriques (VE)*  
*Véhicules hybrides (VEH)*



- **Bruit de propulsion**
- **Bruit de roulement**



Croissance du parc de VE /VEH en Europe

# Vue d'ensemble du projet FOREVER



**Objectifs : Comprendre les impacts potentiels sur les réseaux nationaux, incluant les informations suivantes :**

- Niveaux de bruit générés par les véhicules électriques / hybrides,
- Comment ces véhicules peuvent-ils être introduits dans les méthodes de prévision,
- Impacts sonores pour les riverains si le parc de ces véhicules en circulation augmente sur les réseaux nationaux.



**Structure du projet :**

- **Caractériser le bruit émis par les véhicules électriques et hybrides (WP2)**
- **Analyser l'émission de bruit des pneumatiques des véhicules électriques et hybrides (WP3)**
- **Evaluer les impacts sonores futurs sur la base de scénarios de composition de trafic (WP4)**



# FOREVER: partenaires



Le projet FOREVER (**Future OpeRational impacts of Electric Vehicles on national European Roads**) a été financé dans le cadre du Programme de Recherche Transnational 2012 du CEDR.



TRL (Transport Research Laboratory, United Kingdom)  
*P. Morgan, M. Muirhead*



AIT (Austrian Institute of Technology, Austria)  
*S. Gasparoni, M. Czuka, M. Conter*



IFSTTAR (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux, France)  
*M.A. Pallas, M. Bérengier, R. Chatagnon, J. Lelong*



Trinity College Dublin (Ireland)  
*J. Kennedy, H. Rice*



University of Bath (United Kingdom)  
*I. Walker*

# Sommaire



- 1 Introduction et contexte
- 2 FOREVER : vue d'ensemble du projet
- 3 FOREVER : partenaires
- 4 Emission de bruit des véhicules électriques (VE) et hybrides (VEH)
- 5 Emission de bruit des pneumatiques sur VE et VEH**
- 6 Impacts potentiels futurs des VE et VEH**
- 7 Conclusions**
- 8 Informations complémentaires et références**

# Caractérisation du bruit émis par les VE/VEH (WP2)



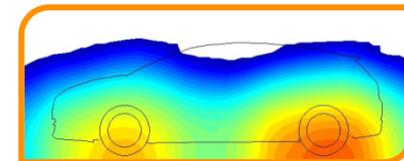
**Motivation** : l'introduction de véhicules à propulsion électrique est susceptible de modifier

- les niveaux de bruit et les contributions relatives du bruit de propulsion et du bruit de roulement,
- les réponses subjectives des riverains en raison des caractéristiques du bruit.



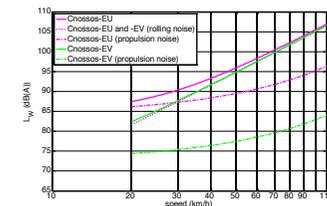
**Résultats obtenus** :

- Évaluation des niveaux et des sources de bruit émis sur une large gamme de conditions de circulation (vitesse, allure) -> VL et PL (*IFSTTAR*)



*Cf présentation JTAV2014*

- Détermination de facteurs correctifs pour le bruit de propulsion dans CNOSSOS-EU (*IFSTTAR, TRL*)



*Cf présentation JTAV2014*

- Analyse des réponses subjectives pour quelques trafics mixtes à 90 km/h, à partir d'échantillons audio évalués par 31 sujets en laboratoire (*TCD, Université de Bath*)



# Emission de bruit des pneumatiques des véhicules électriques et hybrides (WP3)



## Tâches effectuées :

- Étude de marché sur l'offre actuelle de pneumatiques et les tendances pour les véhicules électriques (AIT)
- Campagne de mesures acoustiques avec différents jeux de pneumatiques montés sur un véhicule électrique (AIT)
- Parallèle avec les labels européens et incidence sur le concept de pneus 'low-noise' (IFSTTAR)
- Recommandations pour le bruit de roulement des VE dans CNOSSOS-EU



Source : AIT



Source : AIT

# Emission de bruit des pneumatiques des véhicules électriques et hybrides (WP3)(suite...)



## Emission de bruit des pneumatiques (étude effectuée par AIT)

- Véhicule : Renault Fluence ZE + 8 jeux de pneumatiques présentant un bon label énergétique  
(+ Renault ZOE)

Désignation	Marque	Modèle	Dimensions		EU Label
<b>A</b>	Dunlop	Sport BluResponse	205/55	R16 91H	B/A/68
<b>B</b>	Goodyear	Efficient Grip	205/55	R16 91H	C/C/68
<b>C</b>	Kumho	Ecowing ES 01 KH27	205/55	R16 91V	B/B/67
<b>D</b>	Pirelli	Cinturato P1 Verde	205/55	R16 91H	B/B/70
<b>E</b>	Toyo	NANOENERGY 2	205/55	R16 91V	A/C/70
<b>F</b>	Bridgestone	Ecopia EP150	205/55	R16 91H	B/B/69
<b>G</b>	Michelin	ENERGY SAVER	205/55	R16 91W	B/A/70
<b>H</b>	Hankook	Kinergy Eco K425	205/55	R16 91H	B/B/70
<b>I</b>	Michelin	ENERGY E-V	195/55	R16 91Q	A/A/70

} **Fluence**  
**ZOE**

- Revêtement AC11
- Méthode de mesure CPB

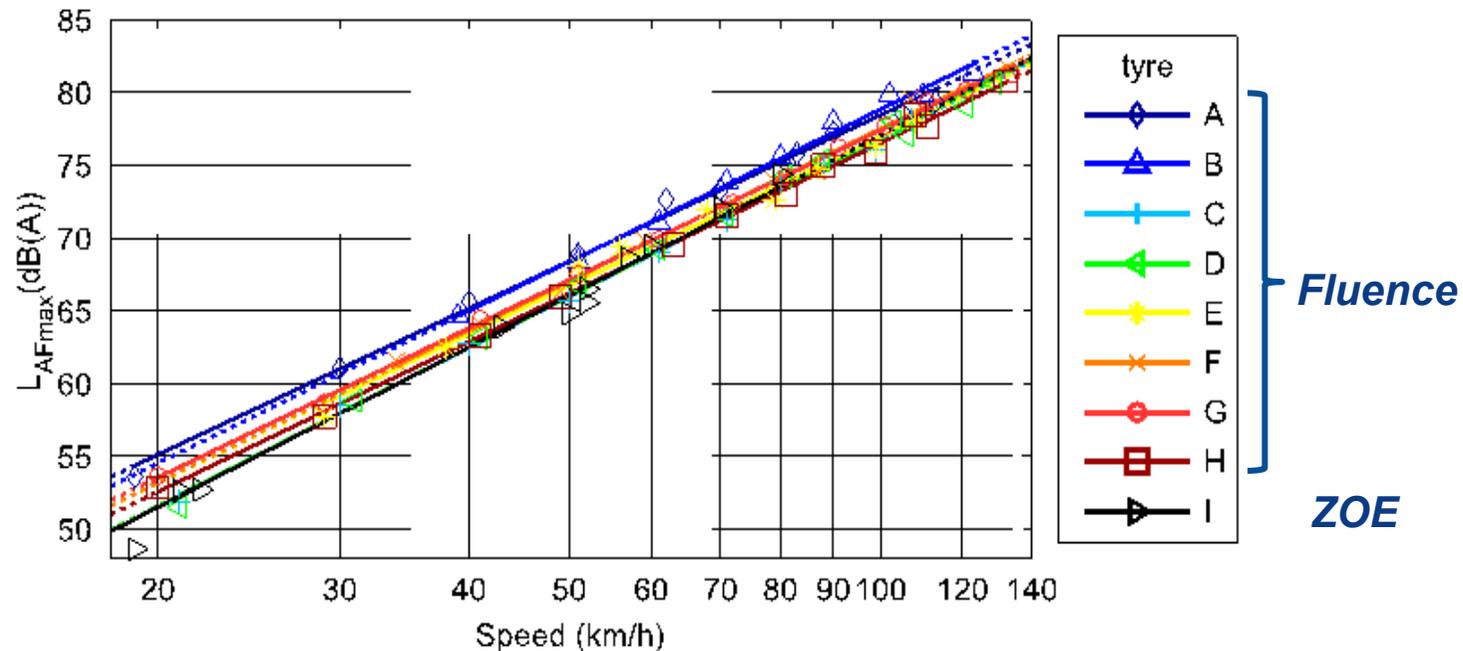


# Emission de bruit des pneumatiques des véhicules électriques et hybrides (WP3)(suite...)



Emission de bruit des pneumatiques (*étude effectuée par AIT*)

- $L_{Amax}$  mesurés et régressions :



- Très bonne corrélation linéaire avec  $\log(v)$
- Les pneus spécifiques pour VE n'ont pas un comportement sonore distinct des autres pneus.

# Emission de bruit des pneumatiques des véhicules électriques et hybrides (WP3)(suite...)



Rappel sur l'étiquetage européen des pneumatiques :

- Objectif : informer le consommateur
- Le label délivre 3 types d'informations :

## Information énergétique

Résistance au roulement



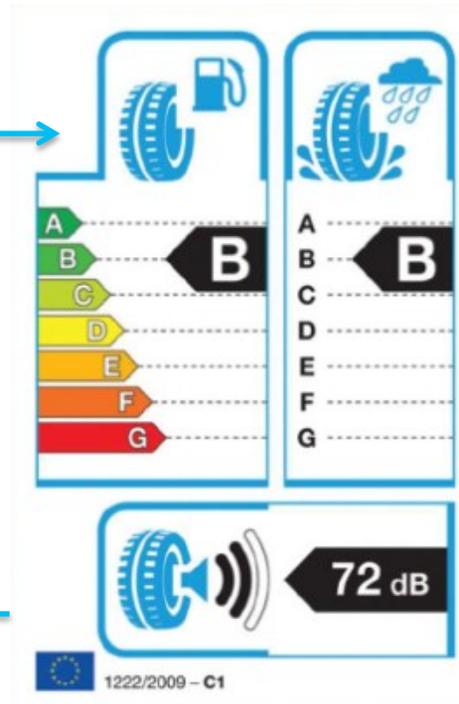
Consommation de carburant

## Information de sécurité

Efficacité de freinage sur route mouillée

## Information sonore

Bruit extérieur



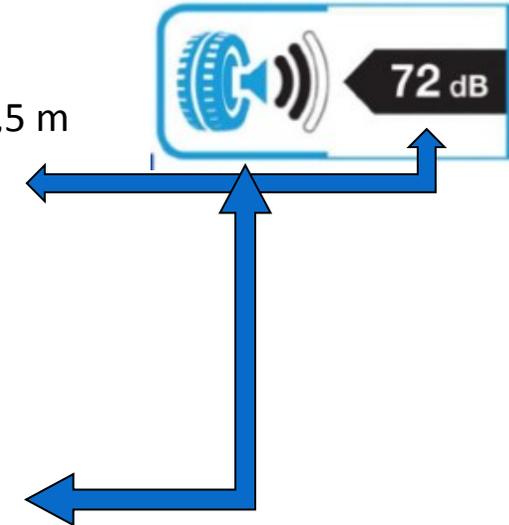
# Emission de bruit des pneumatiques des véhicules électriques et hybrides (WP3)(suite...)



Rappel sur l'étiquetage européen des pneumatiques (suite) :

- Signification du label bruit extérieur :
  - Valeur d'homologation du pneumatique : niveau de bruit en dB(A) à 7,5 m d'un véhicule en *coast-by* à 80 km/h sur chaussée ISO, équipé de pneumatiques identiques, réduit de 1 dB(A)
  - Comparaison à la valeur limite :  
*exemple pour la classe C1 (concerne les véhicules légers)*

Classe	Largeur (mm)	Valeur limite dB(A)
C1A	$L \leq 185$	70
C1B	$185 < L \leq 215$	71
C1C	$215 < L \leq 245$	71
C1D	$245 < L \leq 275$	72
C1D	$L \geq 275$	74



$\leq VL - 3$



$VL-3 < \text{niveau} \leq VL$

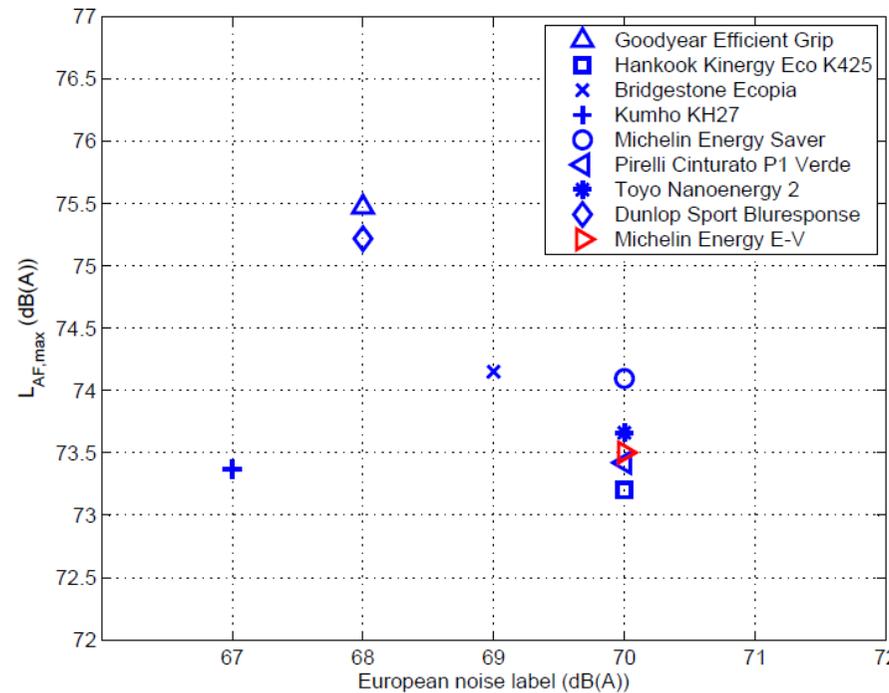


$> VL$

# Emission de bruit des pneumatiques des véhicules électriques et hybrides (WP3)(suite...)



## Classification des pneus : comparaison des mesures à 80 km/h et des labels



Pas de corrélation entre les valeurs mesurées sur le revêtement AC11 et les labels européens de ces pneus

⇒ observé par ailleurs par d'autres laboratoires

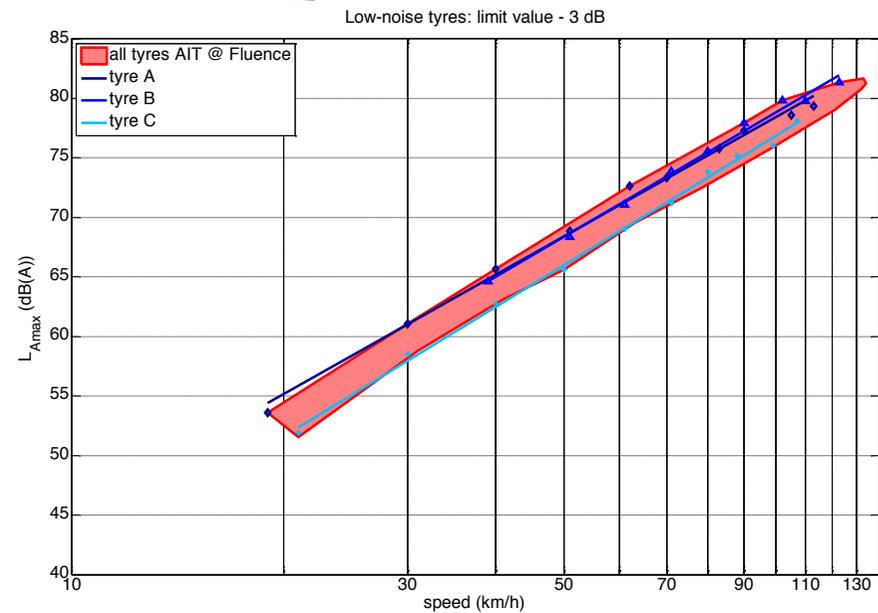
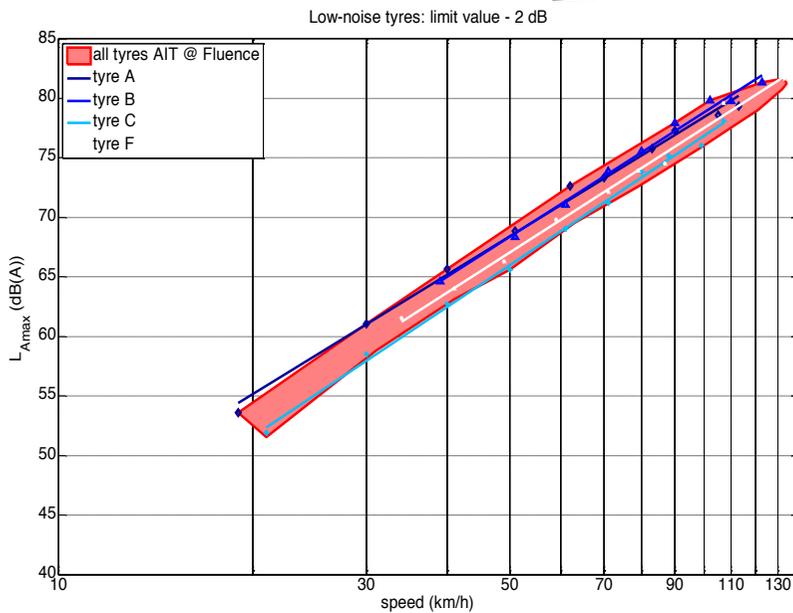
# Emission de bruit des pneumatiques des véhicules électriques et hybrides (WP3)(suite...)



Quel impact pour un pneu 'low-noise' ?

Label  $\leq$  Valeur limite - 2 dB

Label  $\leq$  Valeur limite - 3 dB

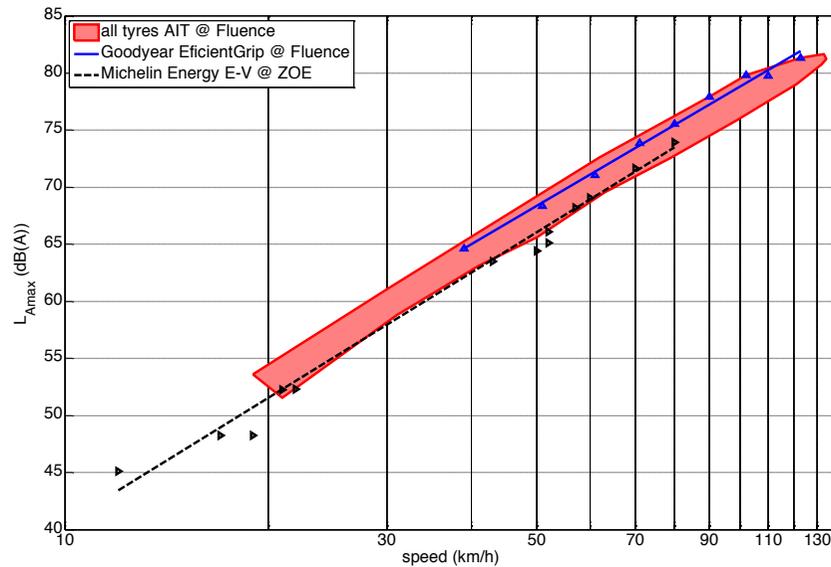


⇒ Une contrainte sur le label ne modifierait pas significativement les niveaux émis sur AC11

# Emission de bruit des pneumatiques des véhicules électriques et hybrides (WP3)(suite...)



Comment se situent les pneus sélectionnés par les constructeurs pour les VE ?



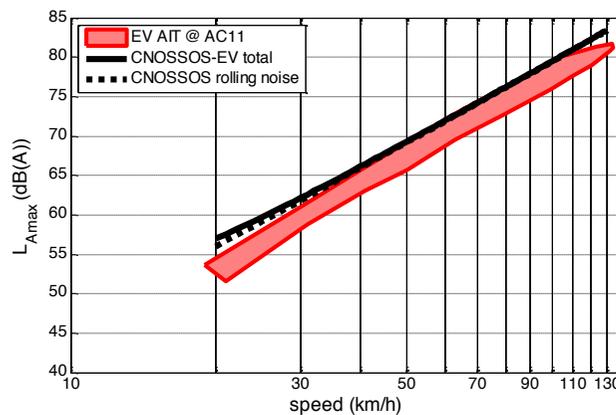
⇒ Pas de comportement global différent des autres pneumatiques en moyenne

# Emission de bruit des pneumatiques des véhicules électriques et hybrides (WP3)(suite...)



Comparaison (effectuée par octave) des mesures et du modèle CNOSSOS-EU, avec correction pour la propulsion VE

AIT : 1 véhicule / 8 pneus



IFSTTAR : 8 {véhicules / pneus}

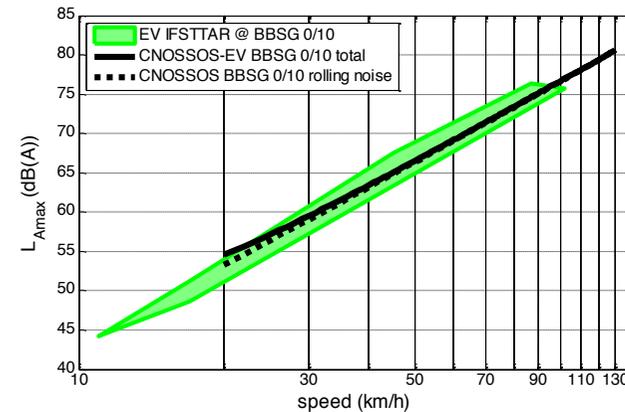


Illustration en niveau global



Recommandation pour la modélisation du bruit de roulement des VE dans CNOSSOS-EU :

⇒ Pas de nécessité de correction

# Impacts potentiels futurs des VE et VEH (WP4)



## Objectifs :

- Procurer une information sur les parcs roulants nationaux actuels et futurs de véhicules électriques et hybrides,
- Évaluer, sur la base du modèle CNOSSOS-EU et des facteurs correctifs développés dans le projet, les impacts sonores possibles de différents scénarios de revêtements / vitesse / composition de trafic, pertinents pour les réseaux nationaux.



## Intérêt croissant pour les voitures électriques (TRL)

- Malgré une baisse récente des immatriculations de voitures particulières, une augmentation de 30% du parc de véhicules est attendue d'ici 2030. Des disparités existent au sein de l'Europe.
- La grande majorité des voitures sont équipées de moteurs diesel ou essence, les véhicules électriques et hybrides représentant environ 1% des immatriculations. On observe cependant une diversification de l'offre.
- L'intérêt pour les véhicules électriques devrait s'accroître lentement mais sûrement dans les prochaines années, sans pénétration significative du marché avant 2030.



# Impacts potentiels futurs des VE et VEH (WP4)(suite...)



## Modélisation environnementale : résultats (TRL)

- Malgré de grandes différences de bruit de propulsion entre les VE et les voitures thermiques, la prédominance du bruit de roulement se traduit par des différences de niveau global de l'ordre de 1 dB(A) à 50 km/h.
- En présence de véhicules lourds, de vitesses supérieures et d'une proportion limitée de véhicules électriques, la réduction est faible sur le bruit de trafic en  $L_{Aeq,1h}$  :
  - Bénéfice immédiat : 0,1-0,5 dB
  - Bénéfice futur : limité à 0,5-1 dB
- Illustration pour une agglomération typique dans quelques années avec 10 % de VE par rapport à un trafic tout thermique : environ 0,1 dB



## Réponse subjective aux VE et VEH sur routes nationales (TCD, U. of Bath)

- L'indicateur EPNL (Effective Perceived Noise Level) a été identifié comme adapté au projet FOREVER.
- Le VE testé a un contenu tonal significativement réduit, équivalent à une réduction supplémentaire de 2 dB dans le cas étudié, appuyant les réponses subjectives exprimées par les participants.



# Conclusions



Les travaux effectués dans le projet FOREVER ont délivré un **solide aperçu sur la façon dont les véhicules électriques et hybrides sont susceptibles d'affecter** les niveaux sonores et la perception du public sur les réseaux nationaux.

## Résultats principaux :

- Au delà de 40 km/h, la **réduction de bruit émis par les voitures électriques** (et hybrides en mode électrique) **n'excède pas 1-1.5 dB**, et les **pneumatiques spécifiques** ou sélectionnés pour ces véhicules ne sont **pas globalement moins bruyants** que les pneus conventionnels.
- Les **effets induits sur le bruit de trafic sont encore plus faibles** dans la mesure où le flux de véhicules n'a pas en totalité une propulsion électrique.
- En dépit de faibles changements sur le niveau total, la suppression de composantes fréquentielles pourrait améliorer la réponse subjective au bruit de transport.



# Recommandations



## Recommandations principales :

- Des indicateurs de gêne sonore existants, comme l'EPNL (Effective Perceived Noise Level), pourraient être une alternative pour traduire les différences entre VE et véhicules thermiques, non sensibles sur les niveaux globaux.
- Des **facteurs correctifs ont été proposés** pour modéliser les véhicules électriques dans la **méthode de prévision européenne CNOSSOS** ; une **validation complémentaire est nécessaire** en raison du nombre limité de véhicules testés.



# Informations complémentaires



Informations complémentaires sur les travaux effectués et livrables seront disponibles sur le site du projet :

<http://forever.fehrl.org/>

Pallas M.A., Kennedy J., Walker I., Chatagnon, R., Bérengier M., Lelong J., *Noise emission of electric and hybrid electric vehicles* (FOREVER-WP2-D2-1\_v4). Lyon, France, IFSTTAR, 2015.

Gasparoni S., Czuka M., Wehr R., Conter M., Pallas M.A., Bérengier M., *Impact of low-noise tyres on electric vehicle noise emission* (FOREVER-WP3-D3\_1\_v7). Vienna, Austria, Austrian Institute of Technology, 2015.

Muirhead M., Kennedy J., *Environmental noise impacts of electric vehicles* (FOREVER\_WP4\_D4-1\_v2). Crowthorne, United Kingdom, Transport Research Laboratory, 2015.



# Références utiles et publications du projet



EUROPEAN COMMISSION (2002). Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council relating to the assessment and management of environmental noise. *Official Journal of the European Commission, L189/12*. Brussels, Belgium: European Commission.

KEPHALOPOULOS, S., PAVIOTTI, M. & ANFOSSO-LÉDÉE, F. (2012) Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU). JRC.

PALLAS, M. A., BÉRENGIER, M., KENNEDY, J., MORGAN, P. A., GASPARONI, S. & WEHR, R. (2014) Noise emission levels for electric and hybrid vehicles — First results of the FOREVER project. Transport Research Arena 2014 (TRA2014). Paris, France.

PALLAS, M. A., CHATAGNON, R., BÉRENGIER, M. & MUIRHEAD, M. (2014) *Projet FOREVER : Emission sonore des véhicules légers électriques et hybrides*. Congrès Français d'Acoustique (CFA2014). Poitiers, France.

GASPARONI, S., CZUKA, M., KRIEGISCH, M., WEHR, R., CONTER, M. & HAIDER, M. (2014) Controlled pass-by measurements of electric vehicles within the FOREVER project. Forum Acusticum. Krakow, Poland.

PALLAS, M. A., BÉRENGIER, M., MUIRHEAD, M. & MORGAN, P. A. (2014) *How to consider Electric and Hybrid Electric vehicles in CNOSSOS-EU predicting method?* Forum Acusticum 2014. Krakow, Poland.

PALLAS, M. A., BÉRENGIER, M., CHATAGNON, R., GASPARONI, S. & MUIRHEAD, M. (2015) *Propulsion électrique : un atout pour réduire le bruit de trafic ?* Innovatives - Voiture du Futur. CNRS, Paris.

*En projet : communication TRA2016, article Applied Acoustics*