



JOURNEES  
TECHNIQUES  
ACOUSTIQUE  
ET VIBRATIONS



# Adaptation de la directive 2015/996/CE (CNOSSOS-EU) au modèle français de prévision de bruit: revêtements routiers

Guillaume DUTILLEUX Bertrand SOLDANO  
Woo-Hyun LEE,  
Cerema, Dter Est , Groupe Acoustique  
PCI Acoustique et Vibrations



Cerema DTerCE – Lyon 1 & 2 juin 2016



# Plan

- Introduction
- Modèle d'émission français
- Modèle d'émission européen
- Principe d'adaptation sur la composante roulement
- Essai d'ajustement sur le Lw pour les PL de catégorie 3
- Conclusion

# Introduction

- La Directive 2002/49/CE (END) prévoit que les CBS soient réexaminées tous les 5 ans.
- Pour l'échéance 2012, les CBS routières ont été réalisées en utilisant les guides Setra de 2009.
- A compter du 1er janvier 2019, les CBS devront appliquer la méthode européenne harmonisée : Directive 2015/996/CE (CNOSSOS-EU)
  - Définir les coefficients des revêtements français
- Souci de la continuité avec les cartes existantes
- Objectif :  $L_w (Fr,i) = L_w (Eu,i)$ , où  $i$  est l'indice de la bande d'octave

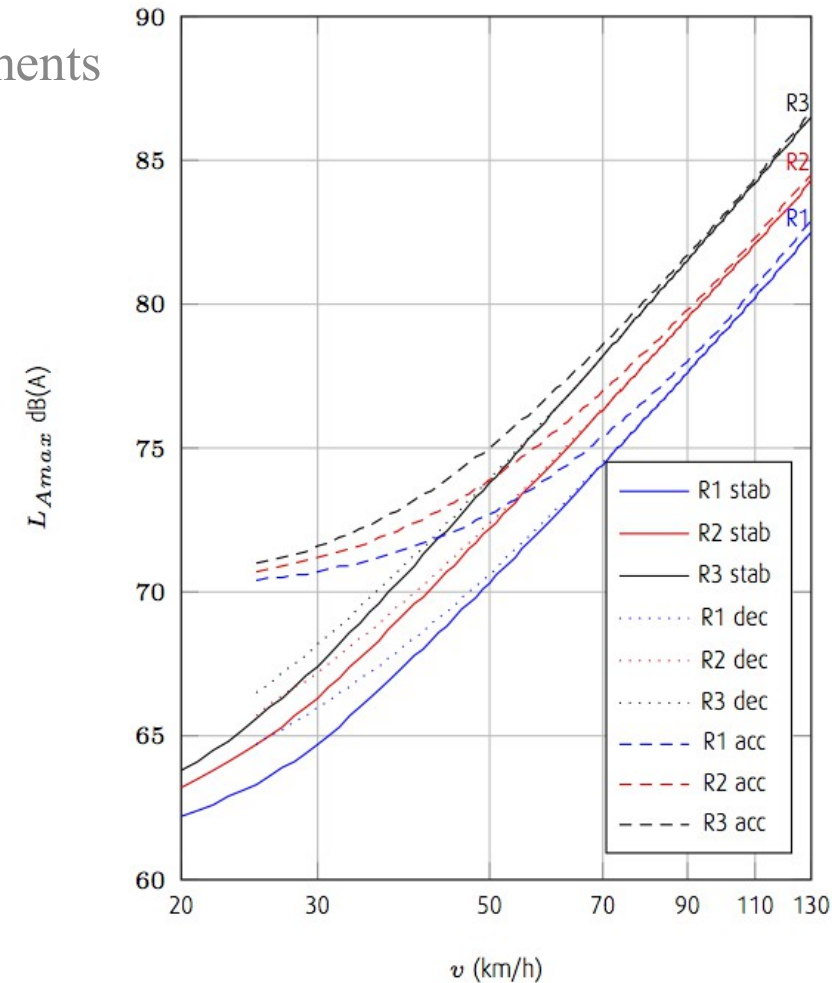
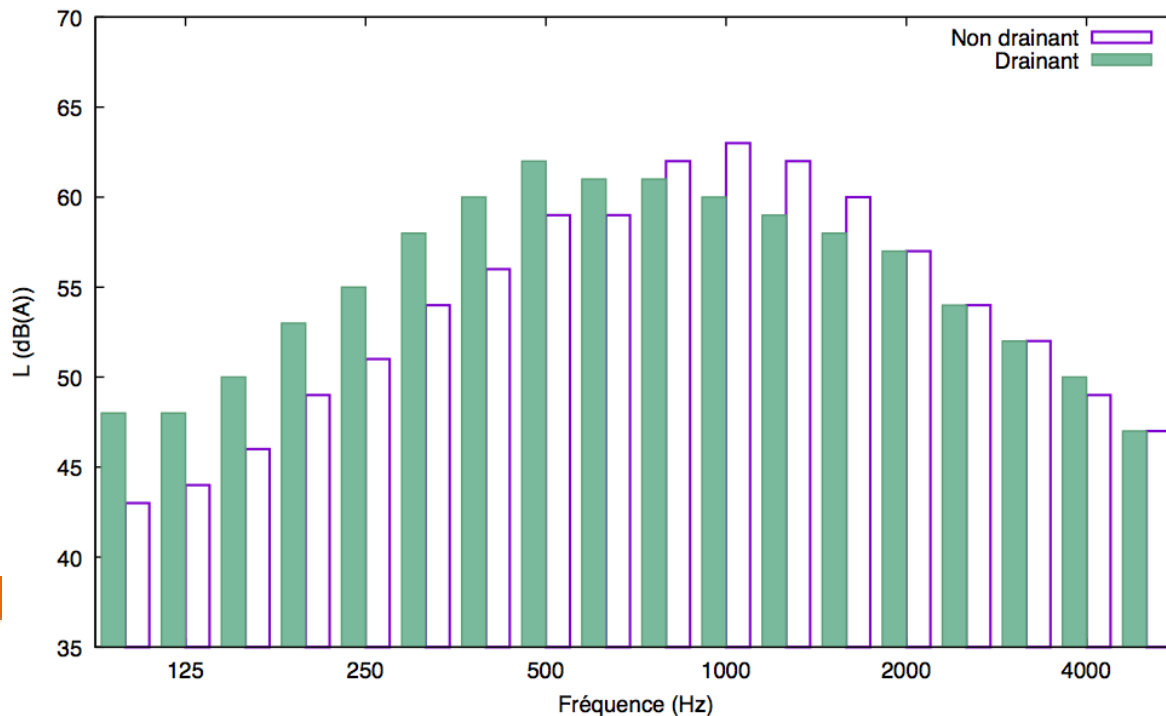
# Modèle d'émission français (VL et PL)

- Niveau maximum au passage :  $L_{Amax,FR,i}(7.50m)(v) = L_{r,FR}(v) \oplus L_{m,FR}(v) + R(i)$
- Composante « roulement » :  $L_{r,FR}(v) = A_{r,FR} + B_{r,FR} \log \left( \frac{v}{v_{ref}} \right)$
- Composante « moteur » :  $L_{m,FR}(v) = A_{m,FR} + B_{m,FR} \log \left( \frac{v}{v_{ref}} \right)$
- Répartition spectrale R(i), indépendante de la vitesse
  - Tiers d'octave de 100 Hz à 5000 Hz
- Niveau de puissance acoustique d'un véhicule :  $L_{W,FR}(v) = L_{Amax,FR} + 25.6$

# Modèle d'émission français (VL et PL)

- 3 familles de revêtements

- 2 types de spectres



# Modèle d'émission européen

- Niveau de puissance acoustique d'un véhicule :  $L_{W,EU,i}(v) = L_{r,EU,i}(v) \oplus L_{m,EU,i}(v)$ 
  - Composante « roulement » :  $L_{r,EU,i} = A_{r,EU,i} + B_{r,EU,i} \log \left( \frac{v}{v_{ref}} \right) + \Delta L_{r,EU,i}$
  - Composante « moteur » :  $L_{m,EU,i} = A_{m,EU,i} + B_{m,EU,i} \cdot \frac{v - v_{ref}}{v_{ref}} + \Delta L_{m,EU,i}$
- 5 catégories de véhicules proposées et définies par le modèle
  - Dont cat 1 (VL), cat 2 (2 essieux >3,5t) et cat 3 (TR) qui dépendantes du revêtement
- En Octave de 63 à 8000 Hz
- Défini pour des conditions de référence dont un revêtement fictif en fonction du type de véhicule et de sa vitesse.

## Modèle d'émission européen

- Composante « roulement » :

$$\Delta L_{r,EU,i} = \Delta L_{clous,EU,i} + \Delta L_{chaussee,EU,i} + \Delta L_{r,acc,EU,i} + \Delta L_{temp,EU}$$

- Composante « moteur » :

$$\Delta L_{m,EU,i} = \Delta L_{chaussee,EU,i} + \Delta L_{acc,EU,i} + \Delta L_{grad,EU,i}$$

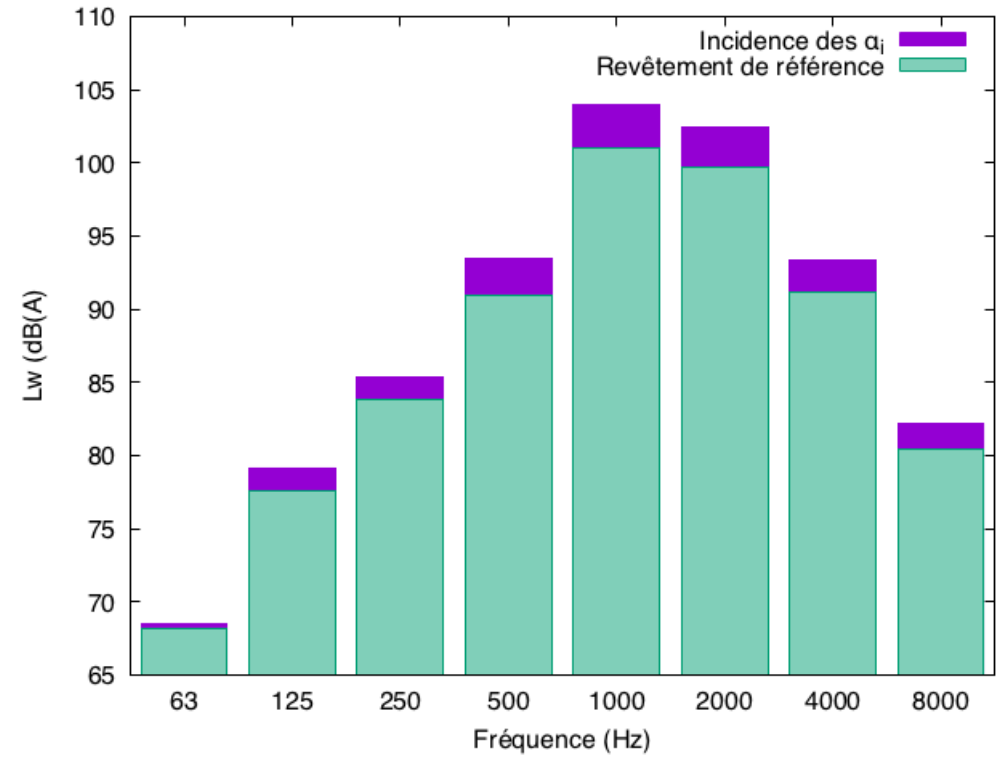
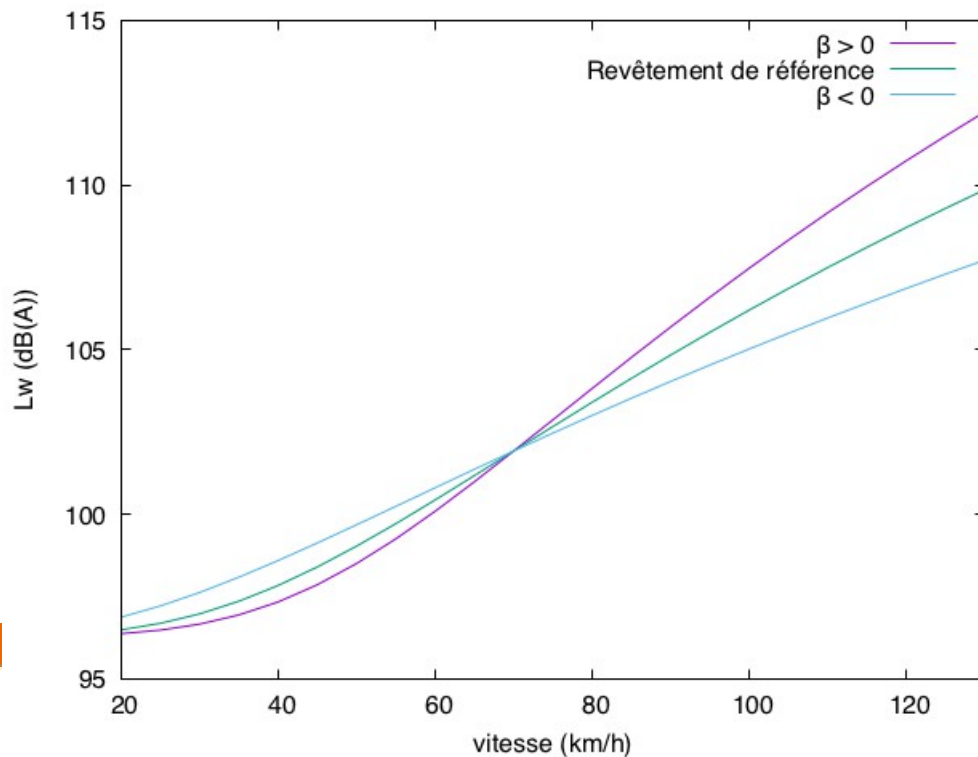
- Pneu sans clous, vitesse constante à plat et température de référence
- On obtient :

$$L_{r,EU,i} = [A_{r,EU,i} + \alpha_i] + (B_{r,EU,i} + \beta) \log \left( \frac{v}{v_{ref}} \right)$$

$$L_{m,EU,i} = A_{m,EU,i} + B_{m,EU,i} \cdot \frac{v - v_{ref}}{v_{ref}} + \min(\alpha_i; 0)$$

# Modèle d'émission européen

Impact  $\beta$



Impact  $\alpha_i$



# Principe d'adaptation sur la composante roulement

- Modèle français :  $L_{W,FR,i}(v) = L_{r,FR}(v) \oplus L_{m,FR}(v) + R(i) + 25.6 \quad i \in (2 \dots 7)$ 
  - Passage en octaves
  - Extrapolation linéaire des octaves 63 et 8000 Hz
  - Age 10 ans (contexte CBS)
- Modèle européen :  $L_{W,EU,i} = L_{r,EU,i} \oplus L_{m,EU,i} \quad i \in (1 \dots 8)$
- Pour  $v > 50$  km/h, le bruit de roulement est prépondérant sur le bruit moteur.

$$L_{W,EU,i} \approx L_{r,EU,i}$$

# Principe d'adaptation sur la composante roulement

$$A_{r,FR} + B_{r,FR} \log \left( \frac{v}{90} \right) + R(i) + 25.6 = [A_{r,EU,i} + \alpha_i] + (B_{r,EU,i} + \beta) \log \left( \frac{v}{70} \right) + Ponda(i)$$

- Degrés de liberté :  $\alpha_i$  pour  $i \in (1 \dots 8)$  et  $\beta$

$$\begin{cases} \alpha_i = A_{r,FR} + B_{r,FR} \log \left( \frac{70}{90} \right) + R(i) + 25.6 - Ponda(i) - A_{r,EU,i} \\ \beta = B_{r,FR} - B_{r,EU,i} \end{cases}$$

- $\beta$  est une constante, on choisit  $\beta = \min f(x)$ , avec

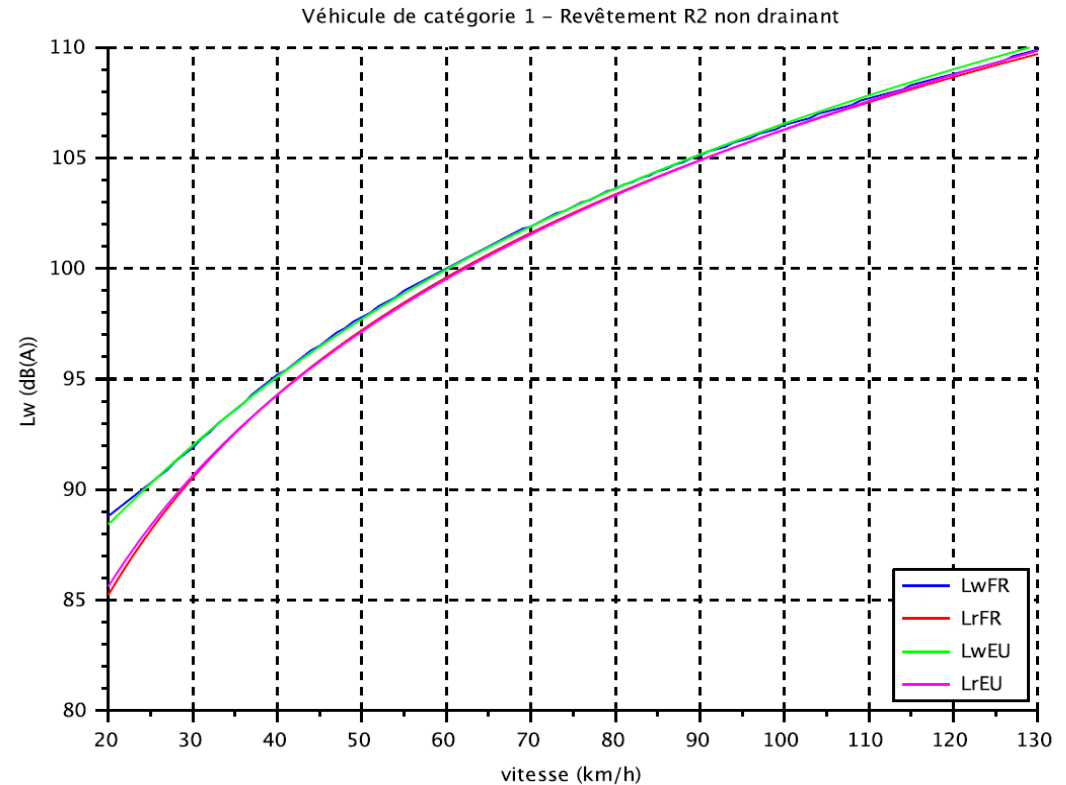
$$f(x) = \int_{v_{min}}^{v_{max}} E(x, v) dv$$

$$E(x, v) = \left| A_{r,FR} + B_{r,FR} \log \frac{v}{90} + R(i) + 25.6 - \left[ [A_{r,EU,i} + \alpha_i] + (B_{r,EU,i} + x) \log \frac{v}{70} + Ponda(i) \right] \right|$$

# Principe d'adaptation sur la composante roulement

## Résultats

- Cas d'un VL roulant sur un revêtement R2 non drainant

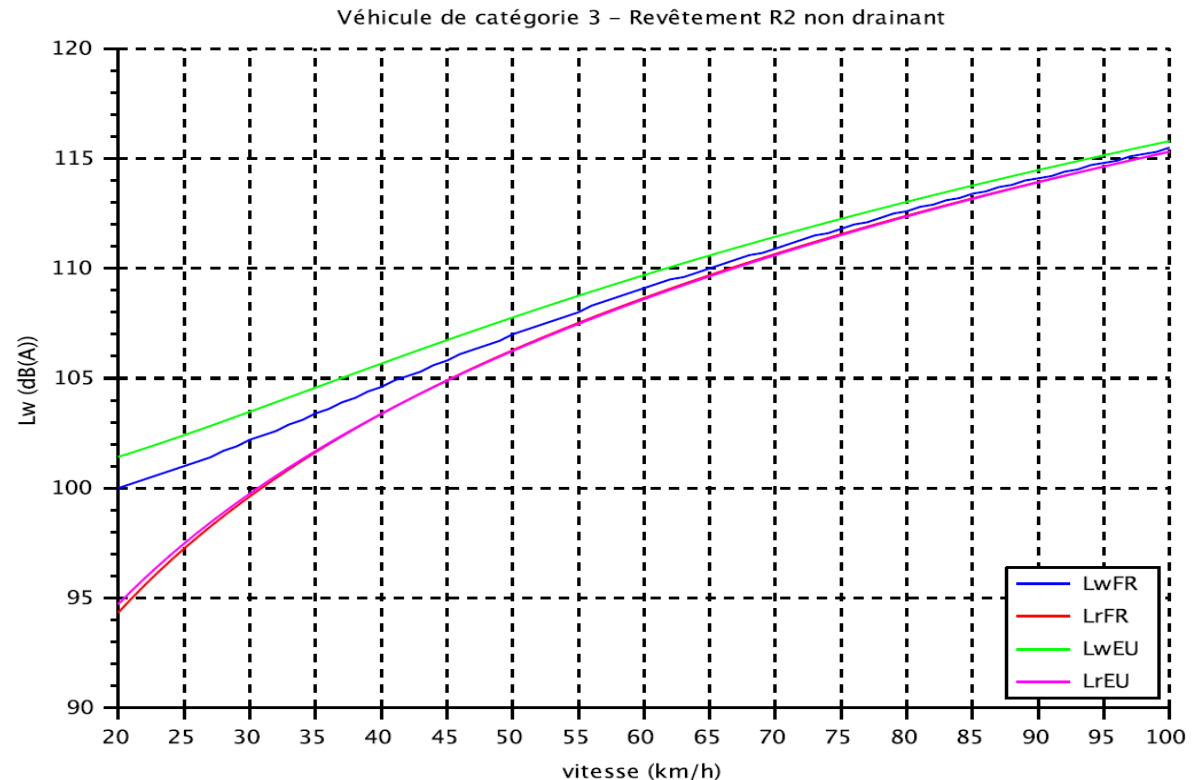


- Globalement pour les VL
  - écart sur Lw : max 1,7 dB(A)
  - Si  $v > 50$  km/h, écart sur Lw : max 0,5 dB(A)

# Principe d'adaptation sur la composante roulement

## Résultats

- Cas d'un PL de catégorie 3 roulant sur un revêtement R2 non drainant



- Globalement pour les VL
  - écart sur Lw : max 1,8 dB(A)
  - Si  $v > 50 \text{ km/h}$ , écart sur Lw : max 1,3 dB(A)
  - Composante moteur Eu plus faible que Fr

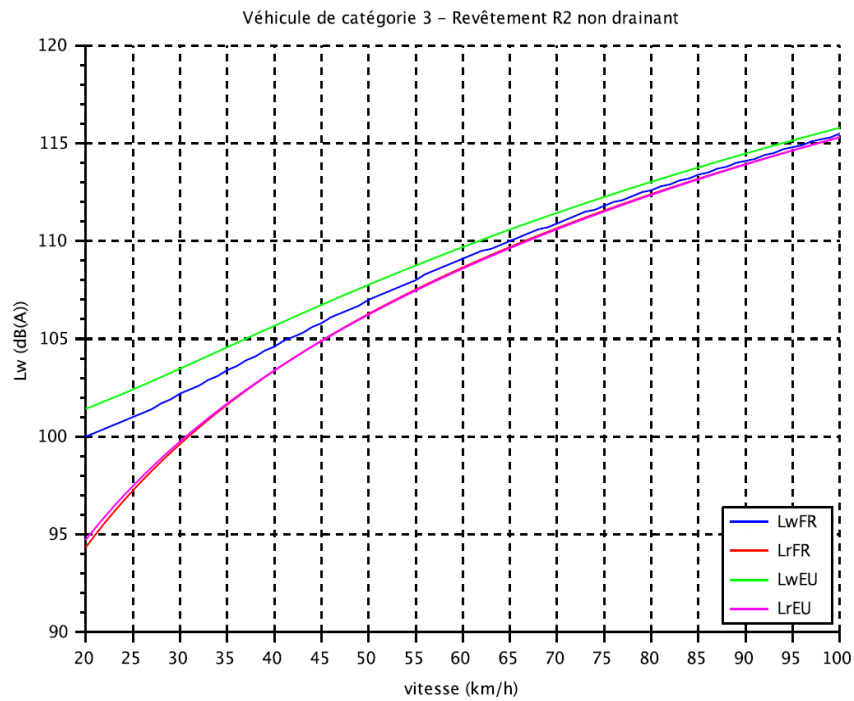
## Essai d'ajustement sur le Lw pour les PL de catégorie 3

- Tentative d'ajustement sur Lw.
  - Corriger la composante moteur trop faible par le terme roulement
- Principe : minimiser l'écart entre Lw,FR et Lw, EU en faisant varier  $\alpha$  et  $\beta$  autour des solutions  $\alpha_{i,0}$  et  $\beta_0$  sur la composante roulement
- Vecteur  $X=[\alpha_i = \alpha_{i,0} + \delta\alpha, \beta = \beta_0 + \delta\beta]$
- Approche par descente de gradient

$$X_{opt} = \operatorname{argmin} \|L_{W,FR} - L_{W,EU}(X)\|$$

# Essai d'ajustement sur le Lw pour les PL de catégorie 3

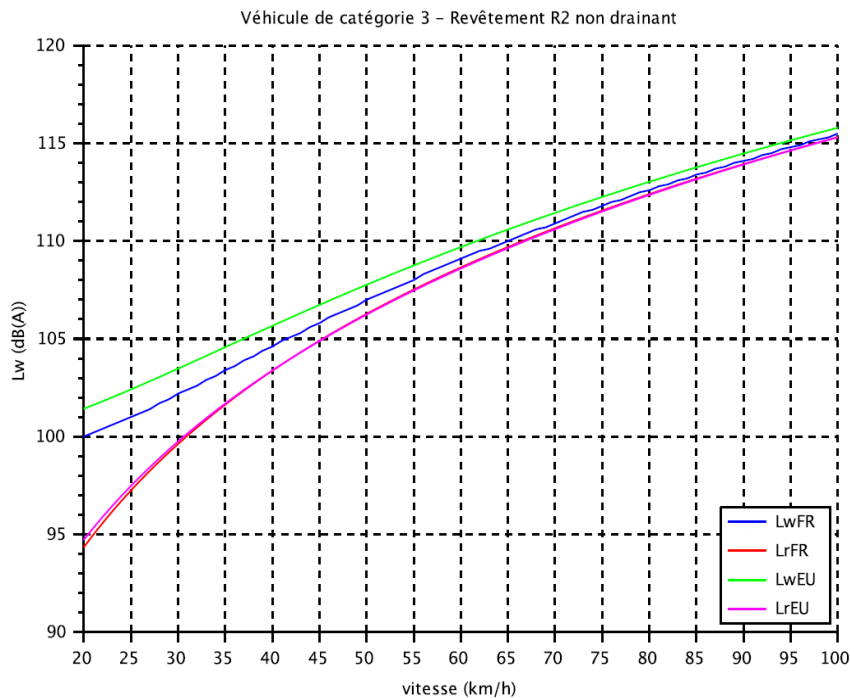
## Résultats



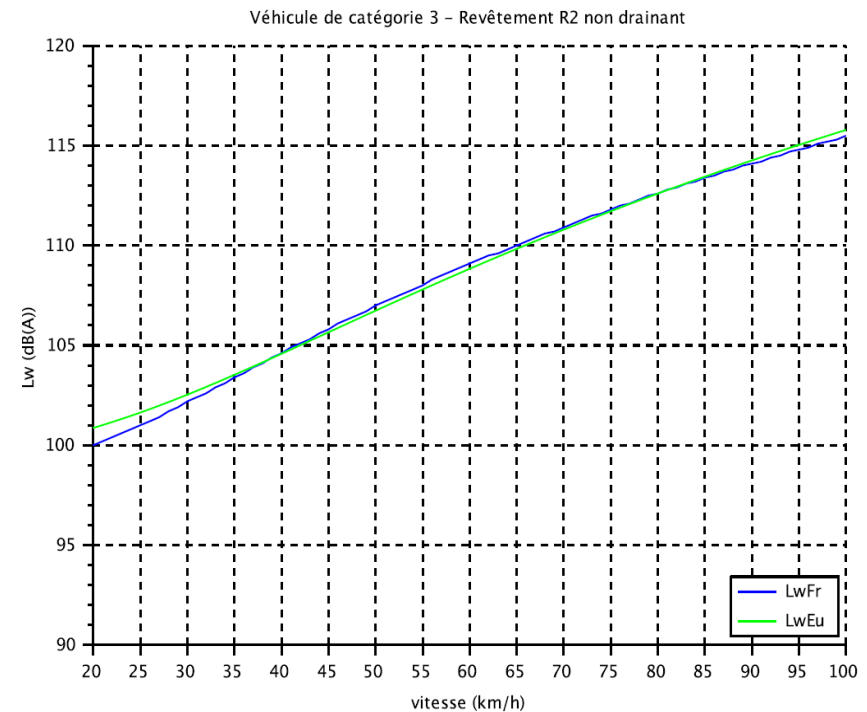
Ajustement sur Lr

# Essai d'ajustement sur le Lw pour les PL de catégorie 3

## Résultats



Ajustement sur Lr



Ajustement sur Lw

- L'écart maximal est inférieur ou égal 1,1 dB(A) et tombe à 0,4dB(A) pour les vitesses supérieures à 50 km/h.
  - Amélioration significative par rapport à l'ajustement sur la composante roulement.
  - Esprit du modèle CNOSSOS non respecté

# Conclusion :

- Calcul des coefficients  $\alpha_i$  et  $\beta$  pour chaque catégorie de véhicule CNOSSOS concernée et chacune des 6 familles de revêtements Fr
- Ajustement sur la composante Lr satisfaisant pour les catégories 1 et 2, pas pour la catégorie 3
- Compensation de la faiblesse de la composante moteur pour la catégorie 3
- Sur le revêtement R2 non drainant (majoritaire CBS), l'écart max est :
  - de 0,4 dB(A) , VL
  - de 1,1 dB(A) , PL cat3 (0,4 dB(A), pour  $v > 50$  km/h)



## Ajustement sur la composante roulement

Revêtement	cat	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$	$\alpha_6$	$\alpha_7$	$\alpha_8$	$\beta$
R1 drainant	1	13.7	13.8	13.9	8.5	-2.7	-4.1	-0.7	2.7	-1.6
	2	23.9	20	16.1	11.3	6.4	8.2	8.8	9.5	-0.4
	3	20.5	17	13.5	7.3	3	4.8	5.5	6.3	-1.4
R1 non drainant	1	8.7	9.3	9.9	5.5	-0.6	-3	-1	1	-1.3
	2	19	15.5	12.1	8.2	8.6	9.2	8.5	7.9	-0.4
	3	15.6	12.5	9.5	4.2	5.2	5.8	5.2	4.7	-1.6
R2 drainant	1	15.8	15.9	16	10.6	-0.6	-2	1.4	4.8	-2.5
	2	25.8	21.9	18	13.2	8.3	10.1	10.7	11.4	-0.4
	3	22.4	18.9	15.4	9.2	4.9	6.7	7.4	8.2	-1.4
R2 non drainant	1	10.8	11.4	12	7.5	1.5	-0.9	1.1	3.1	-2.2
	2	20.9	17.4	14	10.1	10.5	11.1	10.4	9.8	-0.4
	3	17.5	14.4	11.4	6.1	7.1	7.7	7.1	6.6	-1.6
R3 drainant	1	17.8	17.8	17.9	12.6	1.3	0	3.4	6.7	-1.2
	2	26.6	22.7	18.8	14	9.1	10.9	11.5	12.2	-0.4
	3	23.2	19.7	16.2	10	5.7	7.5	8.2	9	-1.4
R3 non drainant	1	12.8	13.3	13.9	9.5	3.5	1	3.1	5.1	-0.9
	2	21.7	18.2	14.8	10.9	11.3	11.9	11.2	10.6	-0.4
	3	18.3	15.2	12.2	6.9	7.9	8.5	7.9	7.4	-1.6

## Ajustement sur le niveau de puissance total

Revêtement	cat	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$	$\alpha_6$	$\alpha_7$	$\alpha_8$	$\beta$
R1 drainant	1	13.9	14	14.1	8.7	-2.5	-3.9	-0.5	2.9	-2.9
	2	23.3	19.4	15.5	10.7	5.8	7.6	8.2	8.9	-0.1
	3	19	15.5	12	5.8	1.5	3.3	4	4.8	6.6
R1 non drainant	1	9	9.6	10.2	5.8	-0.3	-2.7	-0.7	1.3	-3.4
	2	18.6	15.1	11.7	7.8	8.2	8.8	8.1	7.5	-1.3
	3	14.2	11.1	8.1	2.8	3.8	4.4	3.8	3.3	6.1
R2 drainant	1	15.7	15.8	15.9	10.5	-0.7	-2.1	1.3	4.7	-2.2
	2	25.4	21.5	17.6	12.8	7.9	9.7	10.3	11	0.3
	3	21.4	17.9	14.4	8.2	3.9	5.7	6.4	7.2	4.9
R2 non drainant	1	10.8	11.4	12	7.5	1.5	-0.9	1.1	3.1	-2.7
	2	20.6	17.1	13.7	9.8	10.2	10.8	10.1	9.5	-1.2
	3	16.7	13.6	10.6	5.3	6.3	6.9	6.3	5.8	3.5
R3 drainant	1	17.5	17.5	17.6	12.3	1	-0.3	3.1	6.4	0.1
	2	26.2	22.3	18.4	13.6	8.7	10.5	11.1	11.8	0.4
	3	22.4	18.9	15.4	9.2	4.9	6.7	7.4	8.2	4.3
R3 non drainant	1	12.7	13.2	13.8	9.4	3.4	0.9	3	5	-0.8
	2	21.5	18	14.6	10.7	11.1	11.7	11	10.4	-0.8
	3	17.7	14.6	11.6	6.3	7.3	7.9	7.3	6.8	2.8

## Ajustement sur la composante roulement

Revêtement	cat	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$	$\alpha_6$	$\alpha_7$	$\alpha_8$	$\beta$
R1 drainant	1	13.7	13.8	13.9	8.5	-2.7	-4.1	-0.7	2.7	-1.6
	2	23.9	20	16.1	11.3	6.4	8.2	8.8	9.5	-0.4
	3	20.5	17	13.5	7.3	3	4.8	5.5	6.3	-1.4
R1 non drainant	1	8.7	9.3	9.9	5.5	-0.6	-3	-1	1	-1.3
	2	19	15.5	12.1	8.2	8.6	9.2	8.5	7.9	-0.4
	3	15.6	12.5	9.5	4.2	5.2	5.8	5.2	4.7	-1.6
R2 drainant	1	15.8	15.9	16	10.6	-0.6	-2	1.4	4.8	-2.5
	2	25.8	21.9	18	13.2	8.3	10.1	10.7	11.4	-0.4
	3	22.4	18.9	15.4	9.2	4.9	6.7	7.4	8.2	-1.4
R2 non drainant	1	10.8	11.4	12	7.5	1.5	-0.9	1.1	3.1	-2.2
	2	20.9	17.4	14	10.1	10.5	11.1	10.4	9.8	-0.4
	3	17.5	14.4	11.4	6.1	7.1	7.7	7.1	6.6	-1.6
R3 drainant	1	17.8	17.8	17.9	12.6	1.3	0	3.4	6.7	-1.2
	2	26.6	22.7	18.8	14	9.1	10.9	11.5	12.2	-0.4
	3	23.2	19.7	16.2	10	5.7	7.5	8.2	9	-1.4
R3 non drainant	1	12.8	13.3	13.9	9.5	3.5	1	3.1	5.1	-0.9
	2	21.7	18.2	14.8	10.9	11.3	11.9	11.2	10.6	-0.4
	3	18.3	15.2	12.2	6.9	7.9	8.5	7.9	7.4	-1.6

# Merci

Bertrand Soldano  
Tel 03 88 77 47 27  
Bertrand.soldano@cerema.fr

## Adaptation de la directive 2015/996/CE (CNOSOS-EU) au modèle français de prévision de bruit : revêtements routiers

Avril 2016

