

# LES PLÉNIÈRES 2009 DU LCPC

Sciences et techniques  
du **Génie Civil**

## JOURNÉES ACOUSTIQUE

BATZ-SUR-MER – 10 et 11 JUIN 2009

# Bruit des 2 roues : caractérisation expérimentale et modélisation

**LEFEVRE Hubert** (LRPC de Clermont-Ferrand)

# SOMMAIRE

- **Rappel des travaux 2002 - 2006**
- **Protocole de mesure 2008**
- **Résultats des données statiques**
  - Directivité horizontale et verticale en  $dB_A$
  - Directivité horizontale et verticale en fréquences
- **Résultats des données dynamiques**
  - Directivité verticale à 50 km/h (allure stabilisée) en  $dB_A$
  - Modèle de source (monopôle, dipôle)
  - Détermination des variables influentes
  - Modélisation en allure stabilisée et accélérée
- **Conclusion**

## Rappel des travaux 2002 - 2006

Le prg SSU-2R s'inscrit dans la continuité de l'opération 11F022 (2002-2004).

- Etude du parc des 2 roues : 8 catégories

- Expérimentation avec 2 motos :



VFR cat 2



Dominator cat 5

	Type	Détails
1	Motocyclette	≥ 600 cm <sup>3</sup> , 4cyl. en ligne, non carénée
2		≥ 600 cm <sup>3</sup> , carénée
3		≥ 500 cm <sup>3</sup> , 2 ou 4cyl. en V, non carénée
4		≥ 125 cm <sup>3</sup> , 2 cyl. , non carénée
5		≥ 125 cm <sup>3</sup> , 1 cyl. , non carénée
6	cyclomoteur	Scooter (cyclomoteur et 125 cm <sup>3</sup> )
7		Variateur
8		Boîte mécanique

- Caractérisation acoustique suivant la thèse de David Gaulin :

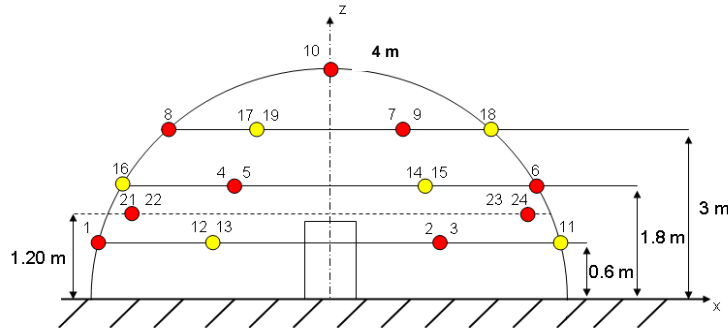
- Hauteur de sources : 5 cm
- Détermination de la puissance acoustique
- Détermination des coefficients du modèle (puissance, régime, accélération, vitesse)

- Conclusion

- Modèle inadapté aux 2 roues (écarts de 5 à 6 dB)
- Bruit principalement mécanique et directif
- Données expérimentales en nombre insuffisant

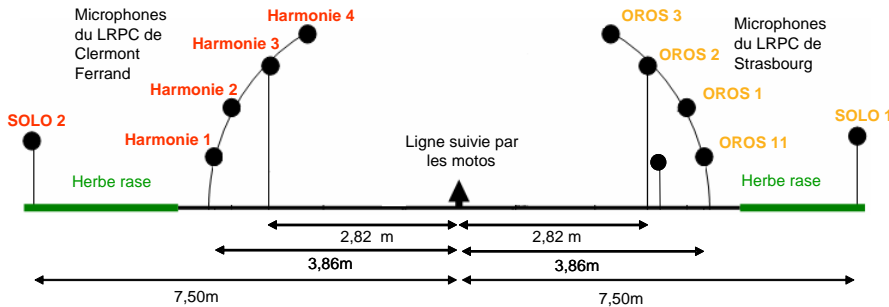
## Protocole de mesure 2008

### - Mesure en statique (ISO 3744):



- 23 points de mesures simultanés
- 63 essais
- 4 motos (catégorie 1, 2, 4, 5)
- Mesures répétées 3 fois
- Ralenti, 2000, 3000, 4000, 5000 et 6000 trs/min

### - Mesure en dynamique :



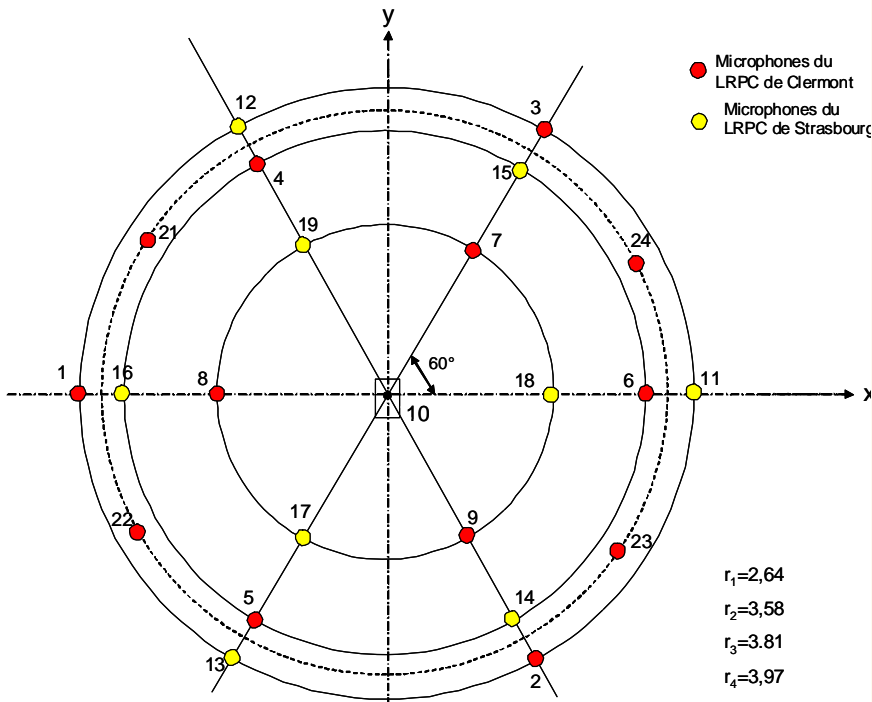
- 14 points de mesures simultanés
- 260 essais
- 5 motos (catégorie 1, 2, 3, 4, 5)
- Mesures répétées 2 fois dans chaque sens
- Régime 2000, 3000, 4000, 5000 et 6000 trs/min
- Rapport 2, 3, 4 et 5
- Allure stabilisée (36 passages)
- Allure accélérée (16 passages)

Protocole dynamique en fonction du régime moteur et rapport de boîte

Détermination du coefficient environnement K2 avec dodécaèdre en bruit rose

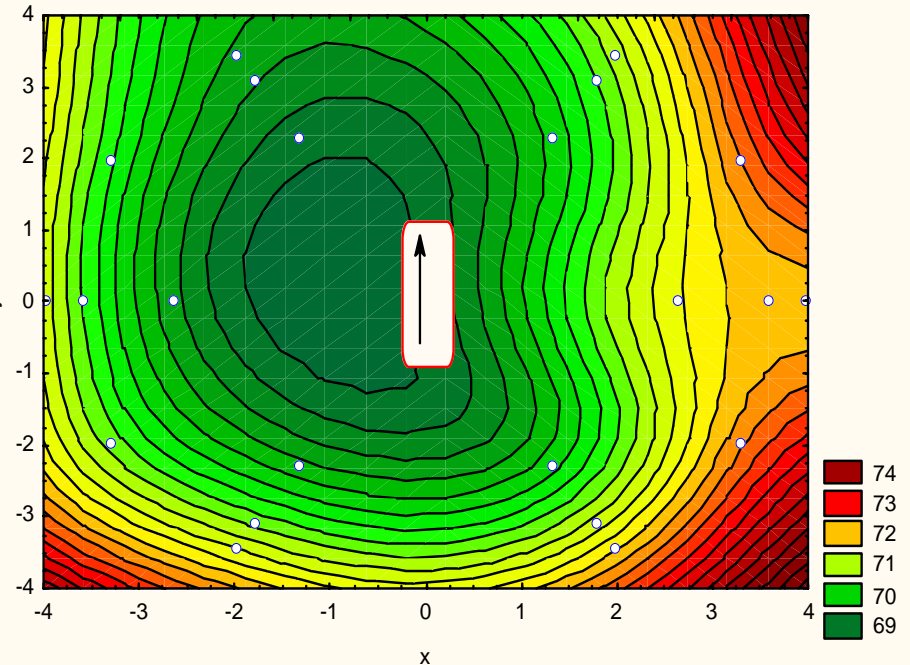
# Représentation graphique des données statiques

Positions des points de mesure (ISO 3744)



Courbe d'isoréponse (valeurs brutes)  
Exemple : Yamaha 850 TRX (cat 4) à 3000 trs/min

Courbe d'Isoréponse en 3D (Base\_partielle\_statique 28v\*22c)  
dBA = Distance des Moindres Carrés Pondérés



Les points proches du centre sont à 3m de haut et sur les cotés à 0,6m de haut

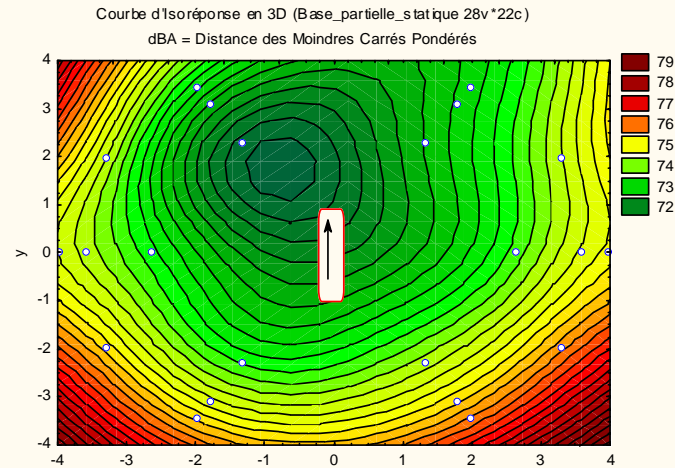
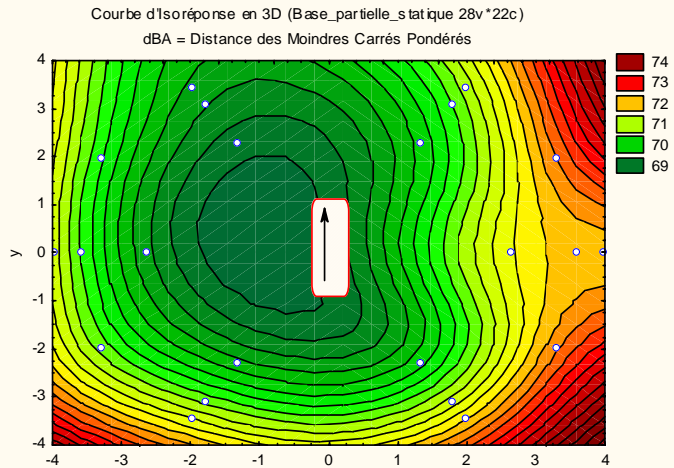
4 hauteurs différentes (3m, 1,8m, 1,2m, 0,6m)

# Résultats des données statiques (dBA)

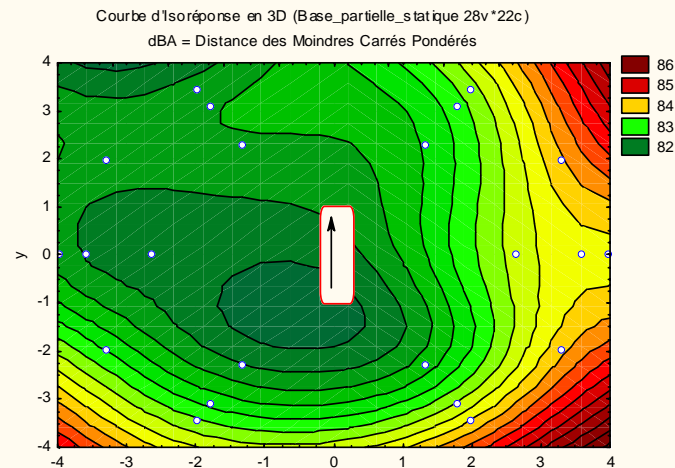
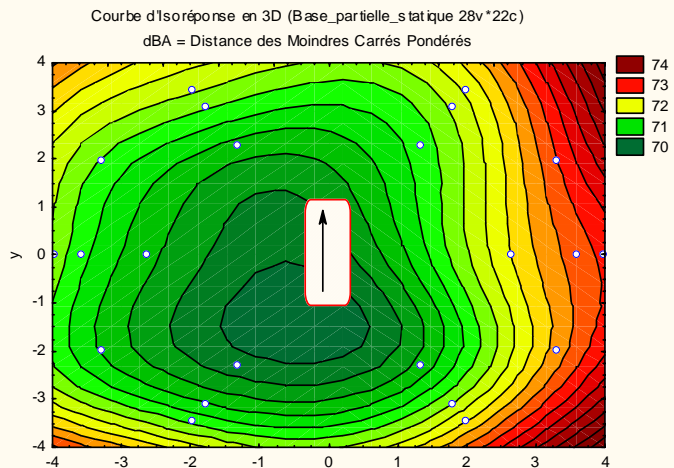
## Résultats à 3000 trs/min (~50 km/h)

## à 5000 trs/min (~90 km/h)

Cat 2  
800 cm<sup>3</sup>  
VFR



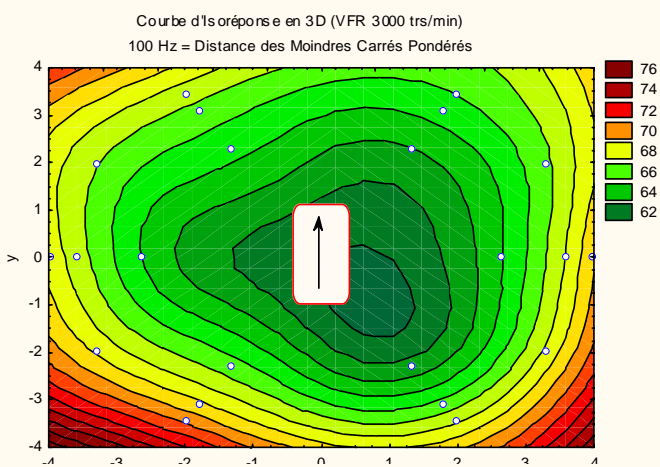
Cat 5  
600 cm<sup>3</sup>  
Dominator



Source relativement monopolaire en LAeq et niveau de bruit plus important à 0,6m

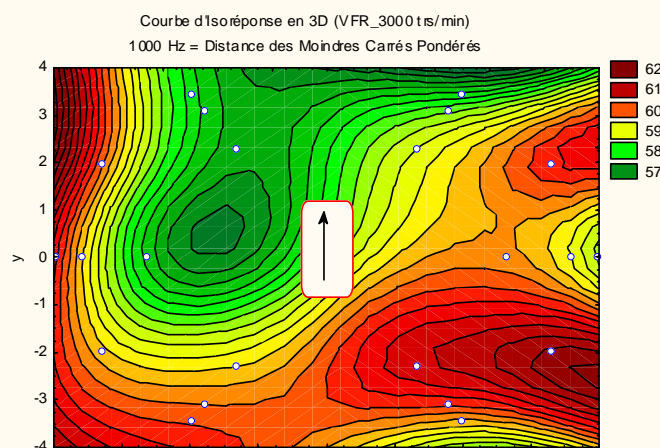
# Résultats fréquentiels des données statiques

## Résultats à 3000 trs/min (100 Hz)



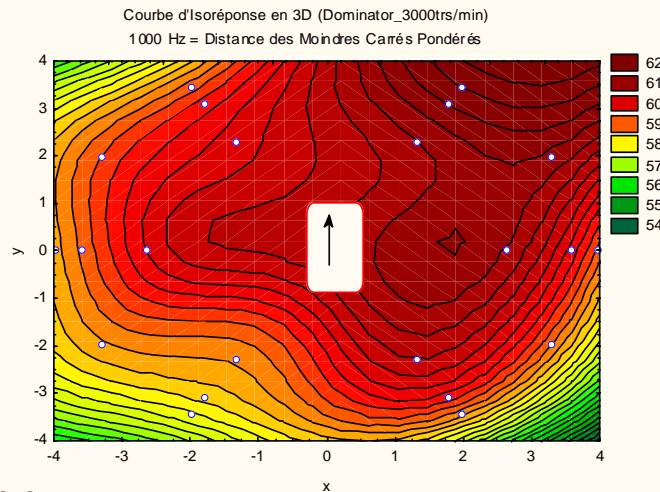
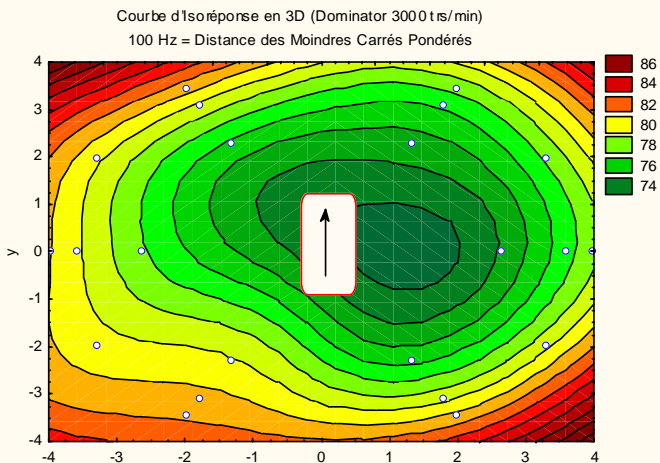
Cat 2  
800 cm<sup>3</sup>  
VFR

## Résultats à 3000 trs/min (1000 Hz)



Fréq. Moyennes  
800 à 1600 Hz  
Directivité non  
homogène suivant  
les motos

Cat 5  
600 cm<sup>3</sup>  
Dominator



angle directivité  
verticale plus  
important que les  
fréquences  
basses

Fréquences basses (100, 200 Hz) → Directivité verticale 0,6m

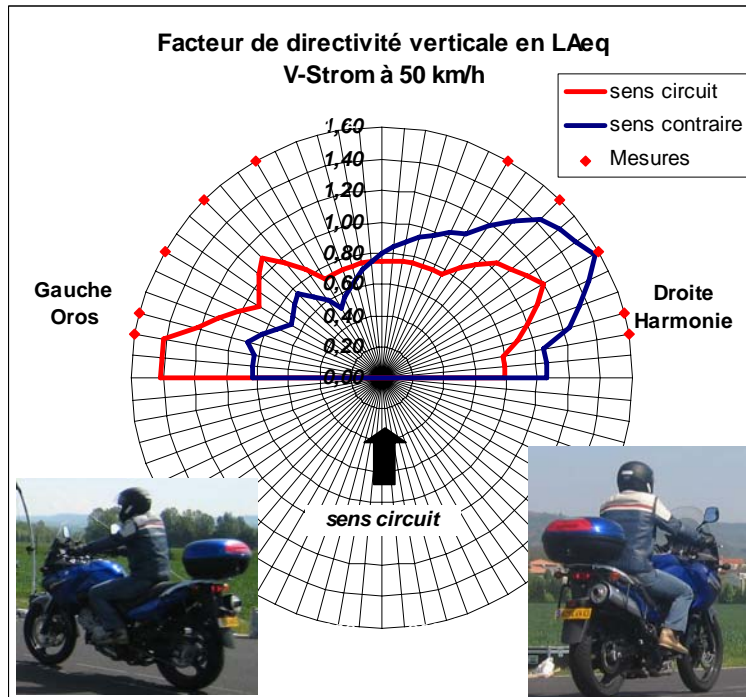


# Résultats des données dynamiques

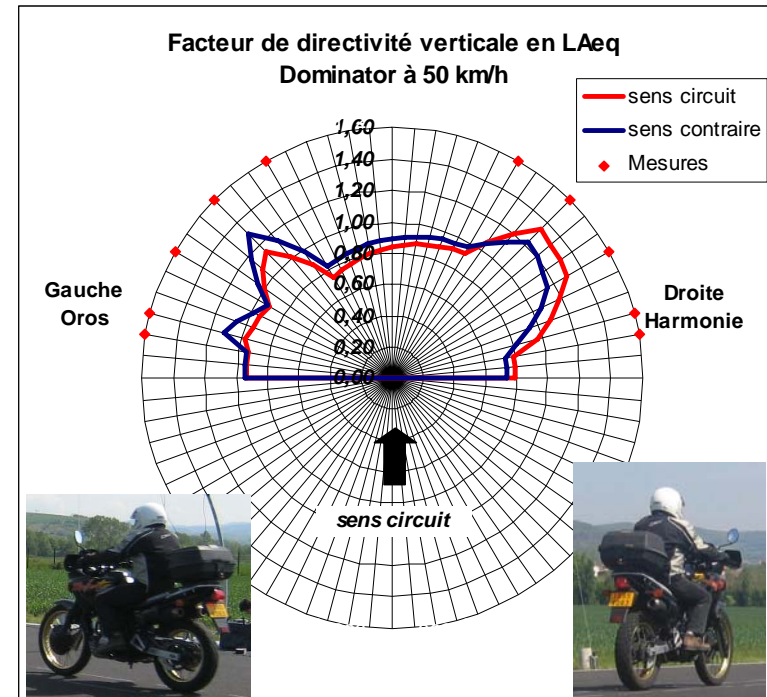
Directivité verticale à 50 km/h (allure stabilisée) en  $dB_A$

Suzuki V-Strom 650 (1 echapt à droite)

Honda Dominator 650 (2 echapt)



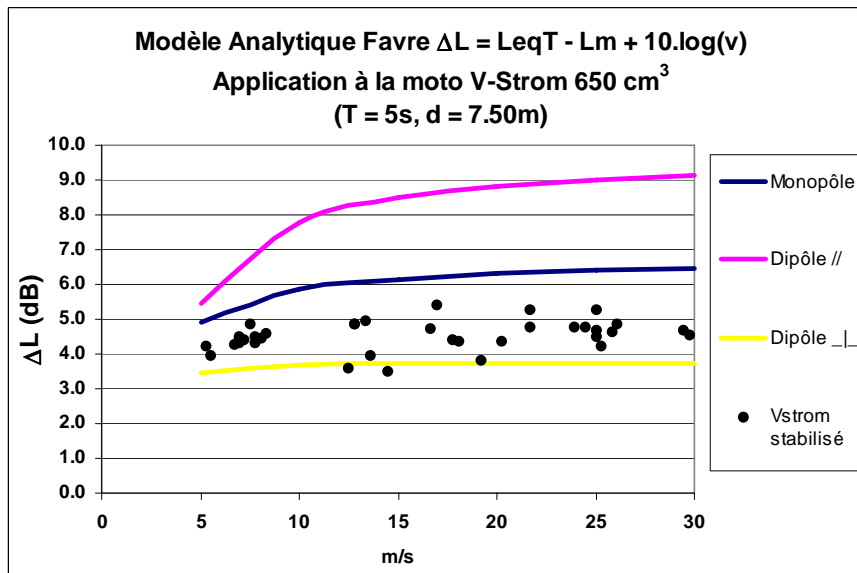
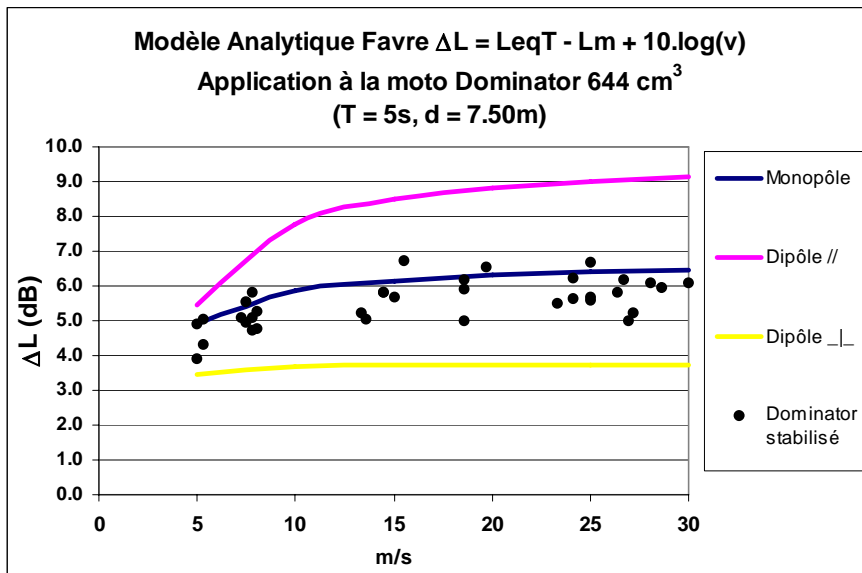
Forte directivité à gauche de la moto  
Angle de 30 à 45° par rapport à l'horizontale  
de chaque côté



Faible directivité à droite  
Angle de 30 à 45° par rapport à  
l'horizontale de chaque côté

# Résultats des données dynamiques

## Modèle de source - relation entre $L_{Aeq}$ et $L_{Amax}$ (Favre 1984)



Les mesures avec le Solo2 semblent indiquer que les motos **Dominator, VFR et TRX (2 échappements)** se comportent comme des **monopôles**.

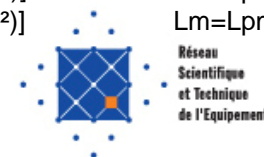
Le comportement de la **Fazer** et de la **V-Strom (1 échappement)** se situe **entre un monopôle et un dipôle  $\perp$** .

Les courbes théoriques des sources de type dipôles ont été corrigées en prenant en compte la note préliminaire du travail de thèse de Fabienne Anfosso (1991). Les courbes théoriques sont calculées pour des mesures en allure stabilisée à 7,5m et 1,2m de haut en  $L_{Aeq}(5s)$ .

Valeur de  $L_{eq}(T) - L_{pmax} + 10 \log_{10}V =$

Monopole	$10 \cdot \log(d/T) + 10 \cdot \log(2 \cdot \alpha)$
Dipole //	$10 \cdot \log(d/T) + 10 \cdot \log[\alpha - (2 \cdot d \cdot V \cdot T) / (4d^2 + V^2 T^2)]$
Dipole $\perp$	$10 \cdot \log(d/T) + 10 \cdot \log[\alpha + (2 \cdot d \cdot V \cdot T) / (4d^2 + V^2 T^2)]$

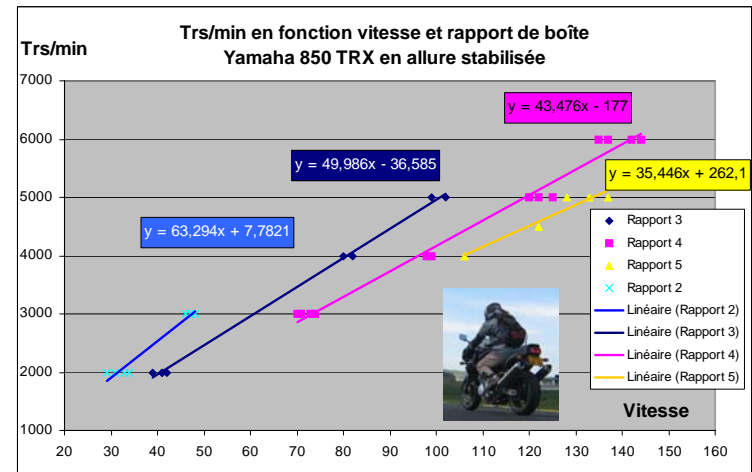
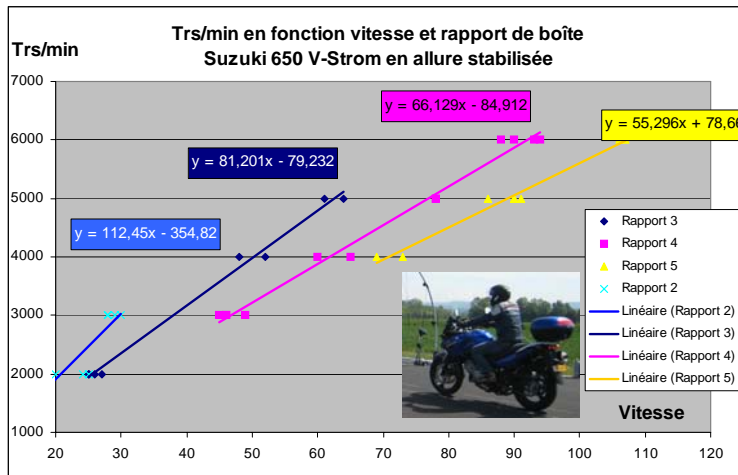
$L_m$   
 $L_m = L_{pmax}$   
 $L_m = L_{pmax} - 6$   
 $L_m = L_{pmax}$



# Résultats des données dynamiques

## Détermination des variables influentes (1)

- Régime moteur en fonction de la vitesse et du rapport de boîte



Respect des consignes par les pilotes ==> Régime = F(Rapport, Vitesse)

Catégorie	Motos	Régime pour 50 km/h		Régime pour 90 km/h	
		Rapport	Trs/min	Rapport	Trs/min
1	Fazer	3	3700	5	5320
2	VFR	3	3692	5	4706
3	Vstrom	3	3981	5	5055
4	TRX	3	2463	4	3736
5	Dominator	3	3641	5	4200
toutes	confondues	3	3495	5	4604



Motos 600 à 800 cm3

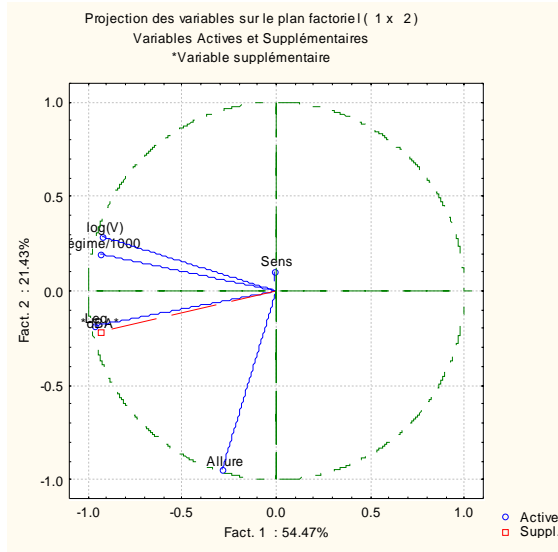
50 km/h => Rapport 3 => 3500 trs/min

90 km/h => Rapport 5 => 4500 trs/min

# Résultats des données dynamiques

## Détermination des variables influentes (2)

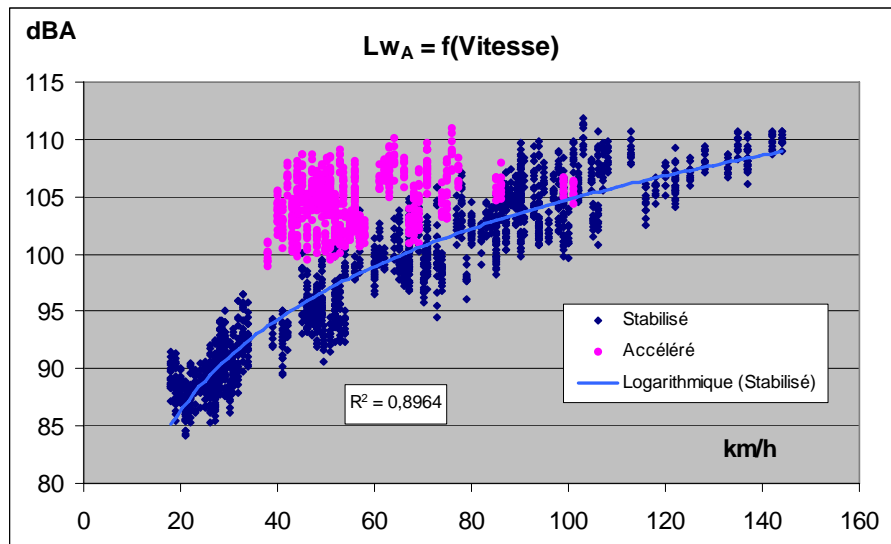
### - Analyse en composantes principales sur l'ensemble de la base (2668 ech.)



$Lw_A$  corrélé avec  $\log_{10}(V)$  et régime/1000  
Régime/1000 et  $\log_{10}(V)$  fortement corrélés  
Sens indépendant de  $Lw_A$  et allure  
Allure et  $\log_{10}(V)$  indépendants



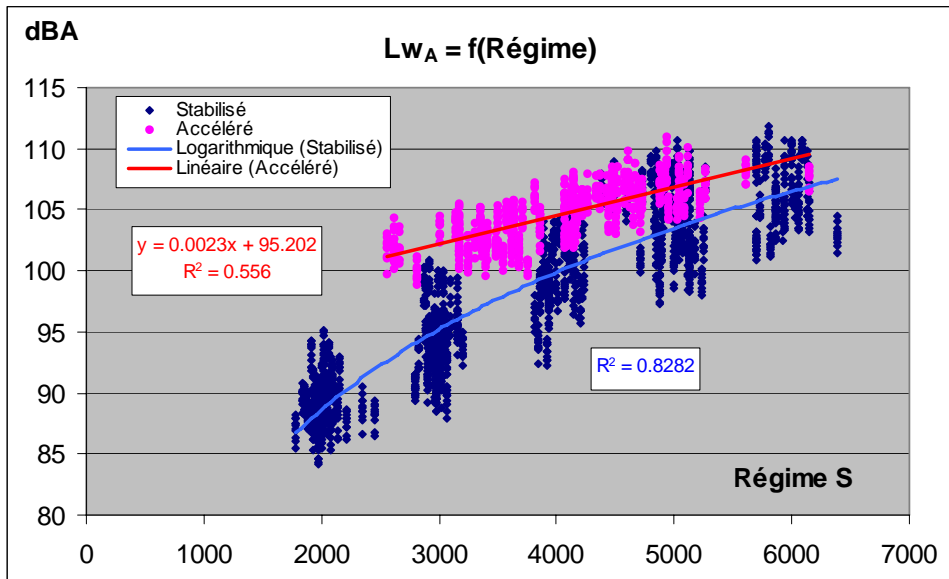
$Lw_A$  stabilisé = fonction de  $\log_{10}(V)$   
Modèle de Favre  
Séparation allure stabilisée et accélérée  
Sens  $\neq$  directivité droite/Gauche



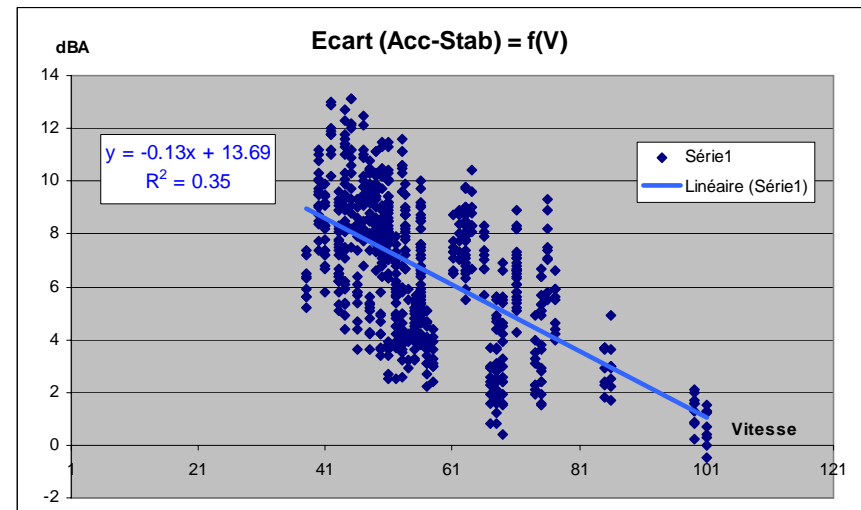
# Résultats des données dynamiques

## Modélisation en allure stabilisée et accélérée (1)

- Remarque : L'écart entre accélérée et stabilisée diminue quand V ou S augmente
- Hypothèse :  $Lw_A = \text{fonction (stabilisée)} + \text{fonction (accélérée)}$



## On modélise $Lw_A$ – fonction (stabilisée)



$$Lw_A \text{ accélérée} = A \log_{10}(V) + B V + C$$

$$Lw_A \text{ stabilisée} = A \log_{10}(V) + D$$

# Résultats des données dynamiques

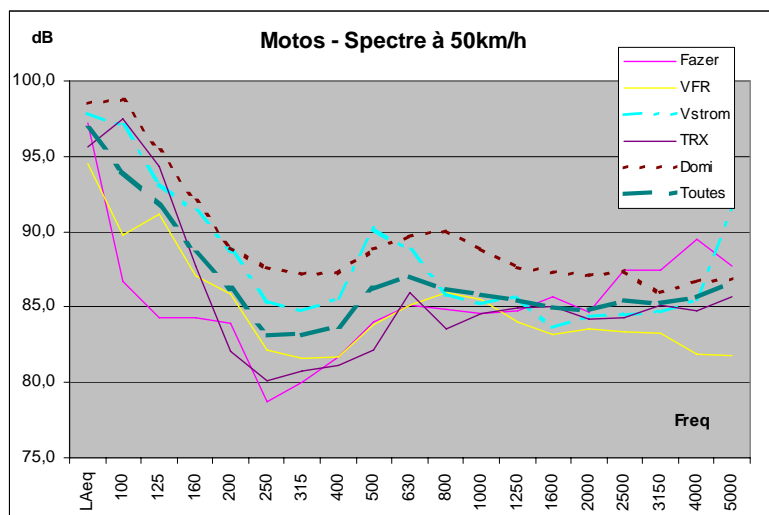
## Modélisation en allure stabilisée et accélérée (2)

### - Modélisation en allure stabilisée : $A \log_{10}(V) + D$

Catégorie	Motos	Cylindrée	Nb cylindres	ordonnée	penne	50 km/h	90 km/h
1	Fazer	600	4 en ligne	52,9	26,1	97,3	103,9
2	VFR	800	4 en V	52,5	24,7	94,5	100,8
3	Vstrom	650	2 en V	48,4	29,1	97,8	105,3
4	TRX	850	2 en ligne	46,9	28,7	95,6	103,0
5	Dominator	644	1	54,4	26,0	98,5	105,1
toutes	confondues			52,2	26,3	96,8	103,6

La penne et l'ordonnée à l'origine semblent varier en fonction du nombre de cylindres.

Le  $Lw_A$  à 50 km/h semble varier en fonction de la cylindrée.



La VFR, la Fazer et la TRX sont des routières.

La Dominator et la V-Strom sont des trails.

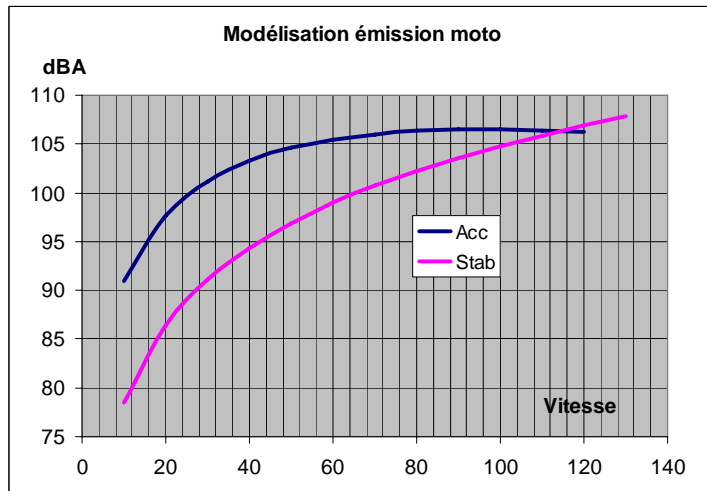


En spectre spectre(Trails) > spectre(routières)

Même conclusion à 90 km/h.

# Résultats des données dynamiques

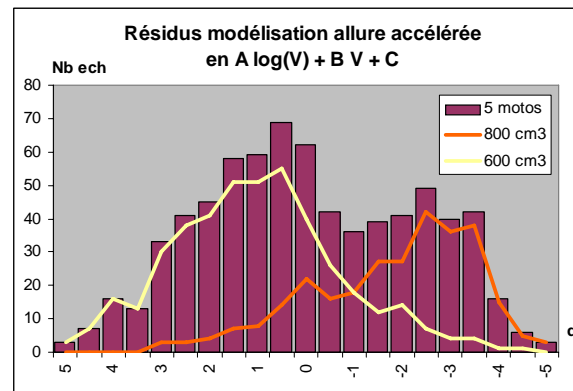
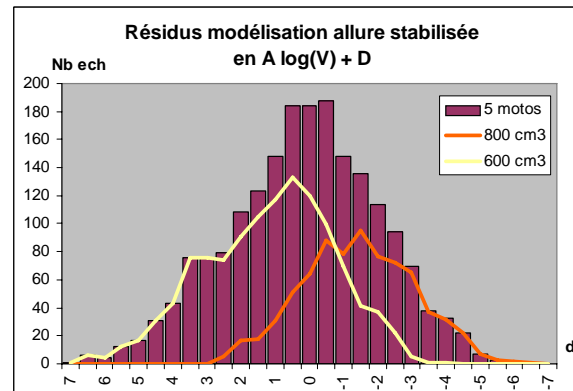
## Modélisation en allure stabilisée et accélérée (3)



$$Lw_A \text{ accélérée} = 26.3 \log_{10}(V) - 0.12 V + 65.9$$

$$Lw_A \text{ stabilisée} = 26.3 \log_{10}(V) + 52.2$$

avec V en km/h



Catégorie	Motos	Ec-type
1	Fazer	1,5
2	VFR	1,4
3	V-Strom	1,8
4	TRX	1,5
5	Domi	2,2
	ensemble	2,2

V-Strom et Dominator (Trails)  
plus fort écart-type

Catégorie	Motos	Ec-type
1	Fazer	1,8
2	VFR	1,8
3	V-Strom	1,5
4	TRX	1,4
5	Domi	1,4
	ensemble	2,2

Fazer et VFR (4 cylindres)  
plus fort écart-type

## Conclusion sur la caractérisation des 2 roues de 600 à 850 cm<sup>3</sup>

### *Mesures en statique :*

- Comportement monopolaire en  $L_{Aeq}$  et basses fréquences (100 à 200 Hz)
- Directivité verticale supérieure aux fréquences moyennes (800 à 1600 Hz)

### *Mesures en dynamique :*

- Comportement monopolaire pour les motos à deux échappements
- Influence du nombre d'échappement sur la directivité verticale droite-gauche

### *Modélisation :*

- Le modèle de Favre en  $\log(V)$  semble convenir (source monopolaire),
- Modélisation de l'allure accélérée par un terme en  $-B*V$ ,
- Raffinement possible par la prise en compte de la cylindrée,
- Spectre des trails supérieurs aux spectres des routières (hauteur de sources # ?),
- Les motos étudiées peuvent faire partie d'une seule catégorie acoustique

### *Travail 2009 :*

- Evaluation de la hauteur de source des motos 2008,
- Vérifier le modèle sur 125 cm<sup>3</sup> et scooter (expérimentation).

