



Un nouvel indice de fluctuation d'amplitude pour modéliser la gêne due au bruit de trafic routier urbain avec 2-roues motorisés

L.-A. Gille^{1,2}, C. Marquis-Favre² et R. Weber³

¹CEREMA - DTer Ile-de-France
120 route de Paris
77147 Provins CEDEX

²ENTPE – LGCB
3 rue Maurice Audin
69120 Vaulx-en-Velin

³Carl von Ossietzky University Oldenburg
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26126 Oldenburg

Sommaire

Introduction

Contexte

Objectif

Protocole expérimental

Résultats

Conclusions

Introduction - Contexte

- Le bruit du trafic routier est une des principales sources de gêne sonore pour les habitants des villes de plus de 50 000 habitants.
- Actuellement, le bruit du trafic routier est cartographié à l'aide de l'indice énergétique, L_{den} .
- Il existe des relations dose-réponse liant la gêne au L_{den} .
- Les indices énergétiques n'expliquent qu'une faible part de la variance des jugements de gêne sonore.

Travaux de la littérature

La gêne sonore dépend de plusieurs caractéristiques acoustiques :

- l'intensité sonore (e.g. L_{Aeq} , N) ;
- la variation temporelle irrégulière ou fluctuation (e.g. ΔL) ;
- le contenu spectral (e.g. $TETC$) ;
- les modulations (e.g. R).

Travaux de la littérature

Il existe des modèles de gêne qui utilisent plusieurs indices pour mieux caractériser les différents facteurs acoustiques :

- l'intensité sonore et les variations temporelles (e.g. l'indice de Muller) ;
- l'intensité sonore, le contenu spectral et les modulations (e.g. *PA*, *URA*).

Besoin

Meilleure caractérisation des mécanismes perceptifs pour mieux évaluer et prédire la gêne sonore.

Objectifs de ces travaux

Mieux caractériser la gêne sonore due à différentes compositions de trafic routier urbain.

Sommaire

Introduction

Protocole expérimental

Dispositif expérimental & participants

Stimuli

Procédure

Résultats

Conclusions

Protocole expérimental - Dispositif expérimental & participants

- Dispositif expérimental :
 - ▶ en salle calme (bruit de fond inférieur à 20 dB(A))
 - ▶ sans filtre simulant une façade
 - ▶ reproduction sonore grâce à deux haut-parleurs et un caisson de basses
 - ▶ Interface utilisateur sous MATLAB
- 34 participants (18 ♀, 16 ♂)
 - ▶ âge moyen : 32,3 ans, écart-type : 12,7 ans
 - ▶ bonne audition déclarée
 - ▶ indemnisés pour leur participation







Protocole expérimental - Stimuli

Au sein de l'expérience, 27 séquences sonores :

- Durée de 3 minutes
- Nombre de véhicules variant entre 16 et 80
- Séquence en simple ou double sens
- Différentes compositions de trafic
- Différents types de véhicules à différentes allures (fluide, accélérée, décélérée), enregistrés *in situ* et issus de la typologie de (Morel et al., 2012)
- Niveau sonore de chaque véhicule routier conforme aux observations *in situ* (compris entre 53.5 et 67.1 dB(A))
- Entendus avec un bruit de fond urbain égalisé à 40 dB(A)

Protocole expérimental - Stimuli

Exemples de composition de séquence

Sequence labelling	Number of vehicles	Number of			Percentage of			L_{Aeq} dB(A)
					% 	% 	% 	
1T1	16	11	1	4	69 %	6 %	25 %	57,4
2T1	32	22	2	8	69 %	6 %	25 %	60,3
2T4	40	26	2	12	65 %	5 %	30 %	61,4
2T5	40	32	2	6	80 %	5 %	15 %	60,2
1T7	27	14	1	12	52 %	4 %	44 %	60,7
2T7	54	28	2	24	52 %	4 %	44 %	63,5
1T13	44	25	2	17	56 %	5 %	38 %	63,2
1T15	47	38	1	8	81 %	2 %	17 %	61,1

Protocole expérimental - Procédure

- Test en situation imaginaire avec entraînement des sujets :

"Imaginez-vous chez vous, en train de vous relaxer (par exemple : en lisant, en regardant la télévision, en ayant une conversation, en faisant du jardinage ou toute autre activité relaxante qui vous est coutumière).

Pendant votre activité relaxante, vous entendez cette séquence sonore.

Cette séquence sonore vous gênerait-elle ?"

- Fin du test
 - ▶ tâche de verbalisation
 - ▶ questionnaire relatif à des facteurs non-acoustiques.

Sommaire

Introduction

Protocole expérimental

Résultats

Notes moyennes de gène

Verbalisations

Indices

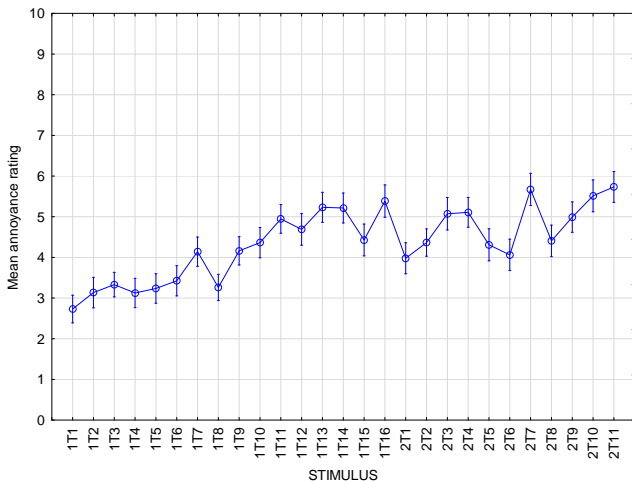
Indicateurs

Régression multiple

Conclusions

Résultats - Notes moyennes de gêne

Notes de gêne moyennes et erreur-types pour les 27 séquences



Résultats - Verbalisations

- par type de source
 - ▶ 100% des participants évoquent les deux-roues et 91% les associent à la gêne ;
 - ▶ 53% évoquent les véhicules légers ;
 - ▶ 32% évoquent les poids-lourds.
- par caractéristiques acoustiques
 - ▶ 56% des participants évoquent l'intensité sonore et les fluctuations d'amplitude ;
 - ▶ 24% évoquent le contenu spectral ;
 - ▶ et 6% évoquent les sensations liées aux modulations.

- pour l'intensité sonore :

- ▶ L_{Aeq}
- ▶ N

- pour les fluctuations d'amplitude :

- ▶ $\sigma' = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{dL_A(t)}{dt} \right)^2 dt}$ (cf. Muller, 1971)
- ▶ $\sigma'(N) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{dN(t)}{dt} \right)^2 dt}$

- pour le contenu spectral
 - ▶ *TETC* entre 16 et 24 Bark (cf. Klein et al., 2015)
- pour les modulations d'amplitude :
 - ▶ R
 - ▶ F
 - ▶ $m_{\text{sputt}} = \left[\frac{2 \cdot |P_{\text{max}}(2 \text{ Hz} - 100 \text{ Hz})|}{P(0)} \right]$ (cf. Klein et al., 2015)
 - ▶ $m_{\text{nasal}} = \left[\frac{2 \cdot |P_{\text{max}}(100 \text{ Hz} - 200 \text{ Hz})|}{P(0)} \right]$ (cf. Klein et al., 2015)

Table : Coefficients de corrélation de Bravais-Pearson r . ^a : $p < 0.001$, ^b : $p < 0.01$, ^c : $p < 0.05$

	L_{Aeq}	N	σ'	$\sigma'(N)$	$TETC$
r	0.94^a	0.96^a	-0.004	0.96^a	0.64^a
	R	F	$m_{sputt,10}$	$m_{nas,10}$	
r	0.94^a	0.65^a	0.64^a	0.53^a	

- *PA* : Psychoacoustic Annoyance (cf. Fastl and Zwicker, 2007)
 - ▶ N_5
 - ▶ S
 - ▶ F
 - ▶ R
- *URA* : Urban Road vehicle pass-by noise Annoyance (cf. Klein et al., 2015)
 - ▶ N
 - ▶ $TETC$
 - ▶ $m_{\text{sputt},10}$
 - ▶ $m_{\text{nas},10}$

Table : Coefficients de corrélation de Bravais-Pearson r . ^a : $p < 0.001$, ^b : $p < 0.01$, ^c : $p < 0.05$

	<i>PA</i>	<i>URA</i>
<i>r</i>	0.93 ^a	0.96 ^a

Résultats - Régression multiple

Table : Modèles de régression multiple avec les coefficients standardisés.

^a : $p < 0.001$, ^b : $p < 0.01$, ^c : $p < 0.05$.

Equation for annoyance (A)	R^2_{adj}	SE
$A = 0.47 \times N + 0.52 \times \sigma'(N)$	0.94	0.21
$A = 0.46 \times N + 0.46 \times \sigma'(N) + 0.12 \times TETC$	0.95	0.19
$A = 0.52 \times URA + 0.48 \times \sigma'(N)$	0.95	0.20

Sommaire

Introduction

Protocole expérimental

Résultats

Conclusions

Conclusions -

- les deux-roues sont les véhicules les plus gênants ;
- les caractéristiques acoustiques les plus citées comme gênantes sont :
 - ▶ l'intensité sonore et la fluctuation d'amplitude ;
 - ▶ le contenu spectral ;
 - ▶ les modulations d'amplitude.

Conclusions -

- trois combinaisons d'indices ont été retenues pour caractériser les différentes caractéristiques acoustiques gênantes ;
- la part du modèle expliquée par chaque indice est conforme aux verbalisations :
 - ▶ l'intensité sonore et la fluctuation d'amplitude contribuent fortement par rapport au contenu spectral ;
 - ▶ dans le modèle où il n'y a que N et $\sigma'(N)$, la part de $\sigma'(N)$ est supérieure à celle de N .
- ces modèles devront être confrontées à d'autres situations impliquant du bruit de trafic routier urbain

Merci de votre attention