



ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA GÊNE SONORE DUE AU BRUIT BASSE FRÉQUENCE DANS LE BÂTIMENT

Etienne GOURLAY, Cédric FOY, Guillaume DUTILLEUX

Cerema – DTer Est

Laboratoire de Strasbourg

PCI « Acoustique et Vibrations »

11 rue Jean Mentelin – BP9 – 67035 Strasbourg Cedex 2



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA





Plan de la présentation



- Introduction sur le bruit basse fréquence
- Contexte de l'étude
- La gêne sonore
- Gamme de fréquences considérée
- Difficultés rencontrées lors de l'évaluation de la gêne sonore
- Principaux résultats de l'étude bibliographique
- Conclusion





Introduction sur le bruit basse fréquence



- Composante essentielle du bruit de fond en milieu urbain
- Différentes sources artificielles :
 - véhicules routiers et ferroviaires,
 - avions,
 - machines industrielles,
 - tirs de mines,
 - éoliennes,
 - compresseurs,
 - unités de ventilation ou de climatisation,
 - ...





Introduction sur le bruit basse fréquence



Facteurs de vigilance :

- multiplicité des sources (spectres tendent à se déplacer vers le bas avec la tendance au gigantisme des machines),
- faible atténuation des basses fréquences dans l'environnement extérieur,
- faible aptitude de l'enveloppe d'un bâtiment à atténuer le bruit basse fréquence,
- effets d'amplification possibles par l'excitation de modes propres en espace clos.





Introduction sur le bruit basse fréquence



- Impacts forts sur la santé de l'exposition chronique à des niveaux élevés de bruits basse fréquence :
 - insuffisance respiratoire,
 - douleur auditive,
 - syndrome vibro-acoustique.

↳ *Essentiellement sur certains lieux de travail*
- Effets de plus faibles intensités de bruit basse fréquence plus difficiles à établir
 - ↳ *Gêne sonore ressentie apparaît exacerbée par les composantes basse fréquence du bruit*





Contexte de l'étude



- Bibliographie réalisée par le PCI « Acoustique et Vibrations » sur demande de la DGALN/DHUP dans le contexte de la révision de la norme ISO 717 portant sur le calcul des indices uniques des éléments de construction
 - ↳ *Introduction d'une nouvelle gamme de fréquences ([50 Hz – 5000 Hz])*
- Nature du document produit : revue bibliographique
 - ↳ *Consultation d'une soixantaine de références*





La gêne sonore



- Définition du concept de gêne sonore (d'après [Guski *et al.* 1999]) :

↳ « *concept psychologique qui décrit une relation entre une situation acoustique et une personne forcée par le bruit à faire quelque chose qu'elle ne veut pas faire, et qui cognitivement et émotionnellement évalue cette situation et se sent partiellement démunie* »

- Distinction entre :
 - gêne sonore à court terme (évaluation en laboratoire),
 - gêne sonore à long terme (évaluation lors d'enquêtes *in situ*).



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA





La gêne sonore



- Définition du concept de gêne sonore (d'après [Guski *et al.* 1999]) :
 - ↳ « *concept psychologique qui décrit une relation entre une situation acoustique et une personne **forcée** par le bruit à faire quelque chose qu'elle ne veut pas faire, et qui cognitivement et émotionnellement évalue cette situation et se sent partiellement démunie* »
- Distinction entre :
 - gêne sonore à court terme (évaluation en laboratoire),
 - gêne sonore à long terme (évaluation lors d'enquêtes *in situ*).



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA





La gêne sonore



- Définition du concept de gêne sonore (d'après [Guski *et al.* 1999]) :
 - ↳ « *concept psychologique qui décrit une relation entre une situation acoustique et une personne **empêchée** par le bruit de faire quelque chose qu'elle veut faire, et qui cognitivement et émotionnellement évalue cette situation et se sent partiellement démunie* »
- Distinction entre :
 - gêne sonore à court terme (évaluation en laboratoire),
 - gêne sonore à long terme (évaluation lors d'enquêtes *in situ*).



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA

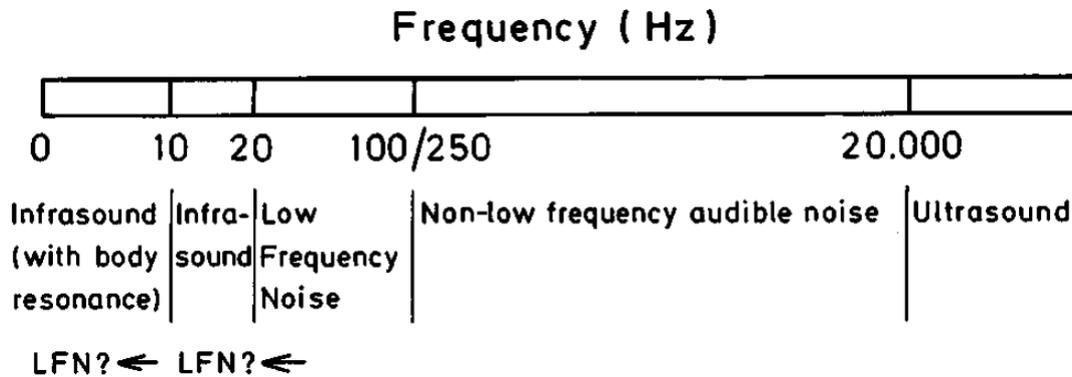




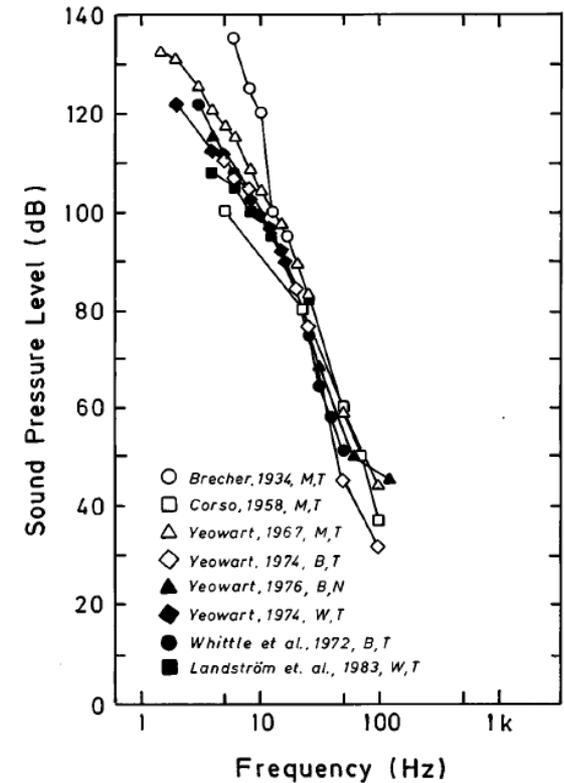
Gamme de fréquences considérée



Etienne GOURLAY – Cerema



[Berglund *et al.* 1996]



➡ **Bruit basse fréquence ~ [1 Hz – 250 Hz]**



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA





Difficultés rencontrées lors de l'évaluation de la gêne sonore



- Pour les études *in situ* : bruit basse fréquence « pur » est rare
- Signification accordée par les plaignants au bruit peut affecter fortement le jugement de gêne
- Une forte augmentation des niveaux sonores aux basses fréquences n'est généralement pas perceptible





Impact de la composition spectrale



[Ryu *et al.* 2011] ont montré que :

- les sons basse fréquence complexes comprenant plusieurs composantes spectrales sont détectables même lorsque le niveau de pression acoustique de chaque composante est inférieure à son niveau de seuil ;
- les niveaux de seuil pour un son complexe diminuent lorsque le nombre de composantes augmente ;
- les sons complexes avec des composantes spectrales proches (en termes de fréquence) sont plus facilement détectables que ceux avec des composantes éloignées.



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA





Utilisation de la pondération A



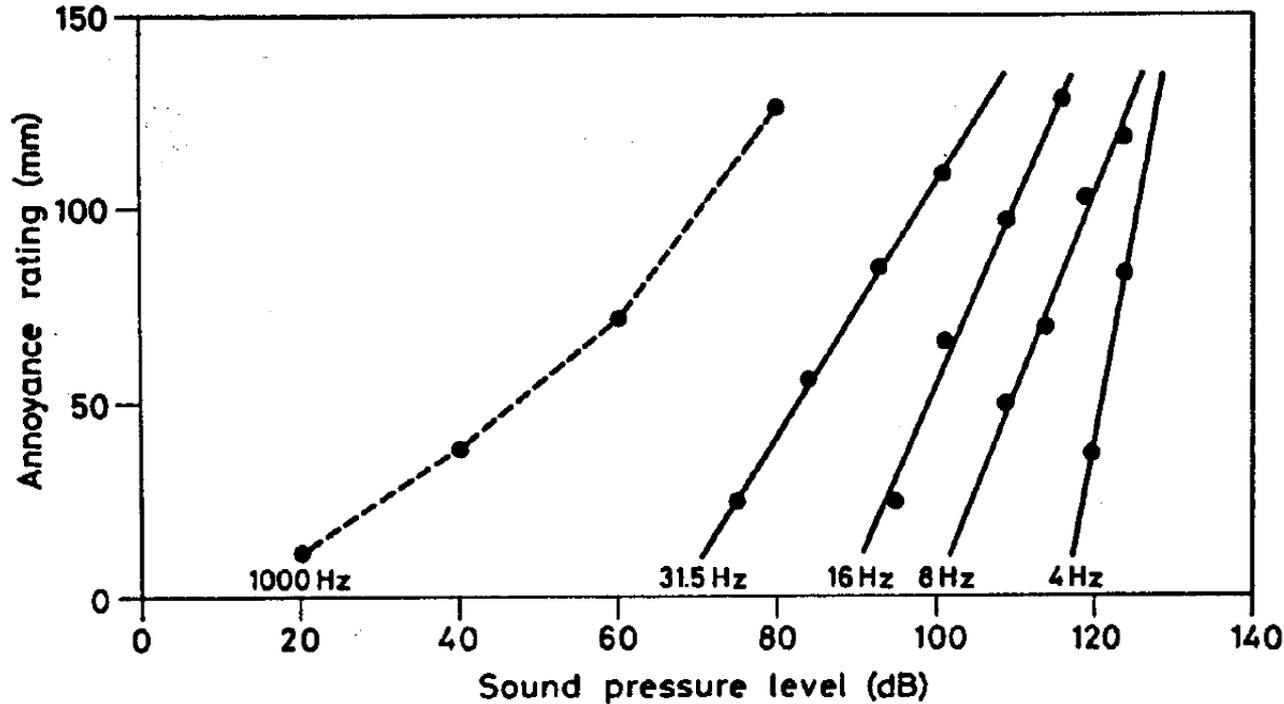
La pondération A sous-estime la gêne causée par un bruit basse fréquence :

- Des bruits contenant des niveaux élevés de basses fréquences et de faibles niveaux de hautes fréquences ont donné lieu à des plaintes vigoureuses alors que le niveau d'exposition n'était que d'environ 55 dB(A) [Bryan 1976] ;
- Pour un bruit large bande basse fréquence, la sous-estimation est de 3 dB pour des niveaux d'environ 65 dB et de 6 dB pour des niveaux d'approximativement 70 dB [Persson *et al.* 1985, Persson & Björkman 1988, Persson *et al.* 1990].





Courbes de niveau de gêne



[Møller 1987]

↪ Corrélation entre fréquence et niveau de pression acoustique



8 et 9 JUIN 2015

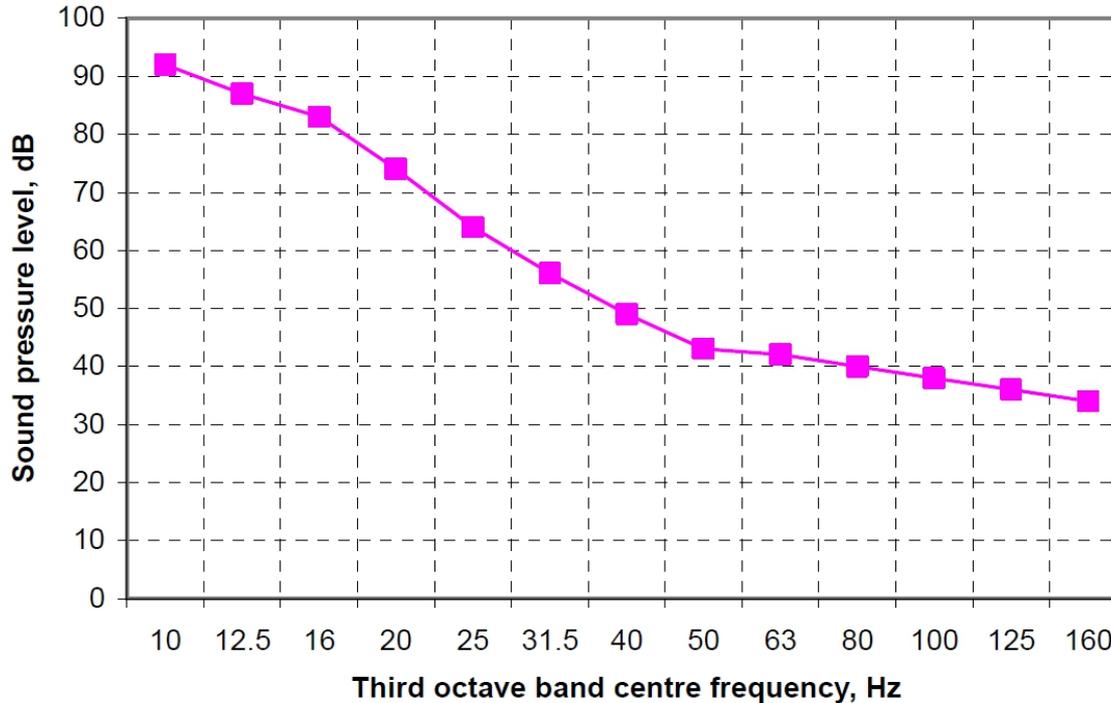
Paris - Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA





Courbes de niveau de gêne



[Moorhouse *et al.* 2005]

↳ Courbe critère pour l'évaluation du bruit basse fréquence



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA





Influence des variations de niveau de bruit



[Holmberg *et al.* 1997] :

- **Objectif** : corrélation entre indicateurs de variations de niveau de bruit basse fréquence et gêne sonore
- **Indicateurs** : comptages statistiques des différences successives entre des valeurs discrètes de L_{eq} sur des périodes courtes (0.5, 1 et 2 secondes)
- **Corrélation** : analyse de régression multiple avec la gêne subjective comme variable dépendante
- **Principal résultat** : la gêne peut en partie être corrélée aux variations de niveau de bruit (à la fois à court terme et à plus long terme)





Génération de vibrations et de bourdonnements



Le bruit basse fréquence diffère de tout autre bruit par sa faculté de produire des vibrations au sein du corps humain ou de faire vibrer divers objets :

- Les vibrations ont tendance à amplifier la réaction de gêne face au bruit [Berglund *et al.* 1996] ;
- Aucun indicateur couramment utilisé pour caractériser le bruit dans l'environnement ne permet de mesurer convenablement la gêne dans l'environnement intérieur [Schomer & Averbuch 1989].





Conclusion



- Le seuil d'audibilité d'un bruit basse fréquence dépend de sa composition spectrale ;
- La pondération A sous-estime fortement la gêne causée par un bruit basse fréquence ;
- Plus la fréquence d'un son pur est basse, plus son niveau sonore doit être élevé pour qu'il puisse être gênant ;
- Des variations de niveau de bruit importantes sur des durées courtes sont perçues comme très gênantes ;
- Les vibrations produites par le bruit basse fréquence sont à l'origine d'un fort sentiment de gêne qu'aucune mesure couramment utilisée pour caractériser le bruit dans l'environnement ne permet de décrire convenablement.





Merci de votre attention...

...des questions ?

etienne.gourlay@cerema.fr



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA





Bibliographie



- [Berglund *et al.* 1996] B. Berglund, P. Hassmén et R.F.S. Job. *Sources and effects of low-frequency noise*. Journal of the Acoustical Society of America, vol. 99, p. 2985–3002, 1996.
- [Bryan 1976] M.E. Bryan. *Low frequency noise annoyance*. In *Infrasound and Low Frequency Vibration*, p. 65–96. Academic Press London, 1976.
- [Guski *et al.* 1999] R. Guski, U. Felscher-Suhr et R. Schuemer. *The concept of noise annoyance : how international experts see it*. Journal of Sound and Vibration, vol. 223, p. 513–527, 1999.
- [Holmberg *et al.* 1997] K. Holmberg, U. Landström et A. Kjellberg. *Low frequency noise level variations and annoyance in working environments*. Journal of Low Frequency Noise and Vibration, vol. 16, p. 81–88, 1997.
- [Møller 1987] H. Møller. *Annoyance of audible infrasound*. Journal of Low Frequency Noise and Vibration, vol. 6, p. 1–17, 1987.
- [Moorhouse *et al.* 2005] A. Moorhouse, D. Waddington et M. Adams. *Procedure for the assessment of low frequency noise complaints*. Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2005.
- [Persson & Björkman 1988] K. Persson et M. Björkman. *Annoyance due to low frequency noise and the use of the dB(A) scale*. Journal of Sound and Vibration, vol. 127, p. 491–497, 1988.
- [Persson *et al.* 1985] K. Persson, M. Björkman et R. Rylander. *An experimental evaluation of annoyance due to low frequency noise*. Journal of Low Frequency Noise and Vibration, vol. 4, p. 145–153, 1985.
- [Persson *et al.* 1990] K. Persson, M. Björkman et R. Rylander. *Loudness, annoyance and dBA in evaluating low frequency sounds*. Journal of Low Frequency Noise and Vibration, vol. 9, p. 32–45, 1990.
- [Ryu *et al.* 2011] J. Ryu, H. Sato, K. Kurakata et Y. Inukai. *Hearing thresholds for low-frequency complex tones of less than 150 Hz*. Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, vol. 30, p. 21–30, 2011.
- [Schomer & Averbuch 1989] P.D. Schomer et A. Averbuch. *Indoor human response to blast sounds that generate rattles*. Journal of the Acoustical Society of America, vol. 86, p. 665–673, 1989.



8 et 9 JUIN 2015

Paris - Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA

