

AVANT-PREMIÈRE DE « LA GALERIE D'ONDES »:

Une installation sonore et visuelle pour explorer l'intersensorialité des infrasons

Alexis Story CRAWSHAW
CICM – EA 1572

Université Paris 8, MSH Paris Nord

storyalexis@yahoo.com

Robert H. LAMP
Monterey Peninsula College

newmountainstudio@hotmail.com

Nicolas FDIDA
ONERA

nicolas.fdida@onera.fr

RÉSUMÉ

Cette installation collaborative entre compositeur et artiste cherche à explorer le potentiel expressif de la musique infrasonore sur un plan intersensoriel, à travers des terrains sonore, visuel et parfois vibrotactile. L'installation est caractérisée par la musique infrasonore qui fonctionne en tant que sculpture sonore pour créer des ondes stationnaires. Les sculptures visuelles, sensibles à ces ondes acoustiques, créeront une manifestation intersensorielle en interaction avec ces infrasons. Également, le positionnement initial des objets visuels dans la salle ainsi que la possibilité pour les spectateurs d'en déplacer certains encourageront le public à explorer les points d'écoute et l'influence intersensorielle divers selon l'emplacement des maxima et minima de l'amplitude des ondes dans l'espace.

1. INTRODUCTION

Ce projet d'installation sonore et visuelle est un effort collaboratif entre la compositrice Alexis Crawshaw, doctorante à l'Université de Paris 8, l'artiste plasticien Bob Lamp, instructeur au Monterey Peninsula College et le physicien Nicolas Fdida, Docteur en Physique à ONERA. Il bénéficie du soutien du Conseil Scientifique de la Maison des Sciences de l'Homme (MSH) Paris Nord.

Cette maquette présentée dans le cadre des JIM 2013 (Hall d'exposition de l'université de Paris 8 du 13 au 15 mai 2013) est la maquette en avant-première pour une installation d'une plus grande échelle dont le titre provisoire est « La Galerie d'Ondes ».

Le projet de « La Galerie d'Ondes » sert à développer l'aspect pratique de la méthodologie pour la thèse d'Alexis Crawshaw, «Les musiques électroacoustiques infrasonores, extrêmement graves et intersensorielles: approche théorique et pratique». Dans cette thèse, Crawshaw émet l'hypothèse principale qu'on peut développer la musique infrasonore sur un plan intersensoriel, afin de faire connaître les propriétés musicales des infrasons. Également, elle suppose qu'on peut développer une expressivité de cette musique. Crawshaw prend une approche de recherche et création qui s'articule autour d'un développement de la théorie et d'une démonstration par la pratique. Ainsi, ce projet se place au sein de cette démonstration artistique.

Étant donné la nature intersensorielle des infrasons et leurs impacts sur des structures architecturales et le corps humain, on constate qu'il est possible de développer ces caractéristiques sur un terrain artistique. A l'aide d'objets visuels issus de médias différents (en dessin et en sculpture, ayant des aspects mécaniques, vibrotactiles, ou de la nature cymatique), on cherche diverses manières de manifester les infrasons au domaine visuel et, aussi, comment les infrasons peuvent faire répondre ces œuvres visuelles sur les plans sonore et vibrotactile. Concernant ce dernier point des réponses, on cherche à créer des vibrations sympathiques, à activer des résonances et à jouer avec le contrepoint intersensoriel.

Au niveau des contributions possibles à la communauté artistique, cette collaboration interdisciplinaire sert à aider à l'écoute des sons extrêmement bas. Elle est une illustration intersensorielle de la présence des infrasons ainsi qu'une manifestation intersensorielle de leurs propriétés musicales.

L'intérêt de sa réalisation se pose également dans le développement d'un cadre d'œuvres musicales qui exploitent les infrasons et leurs propriétés intersensorielles.

2. L'INFRASON

2.1. Définition

Dans le cadre de ce projet, on définit les infrasons en tant que des oscillations acoustiques qui sont inférieures ou égales à 20 Hz (le seuil entre la hauteur et le rythme étant entre 16 et 20 Hz), qui souvent se manifestent perceptivement par des caractéristiques vibrotactiles [4].

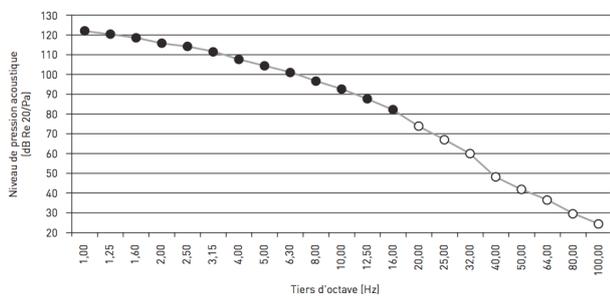
On perçoit les infrasons par leur mélange sensoriel unique (l'audition, la pression et le toucher). Leur influence sur le toucher est due particulièrement à la catégorie vibrotactile (la perception de vibration), parfois à la proprioception (la perception de l'orientation du corps dans l'espace) et parfois aux sens viscéraux (la perception interne des viscères). La vision peut aussi être affectée par des effets infrasonores [3].

2.2. Seuil de perception

La fausse idée couramment répandue est que

l'être humain ne peut pas percevoir les fréquences inférieures à 20 Hz. Même si les infrasons ne sont plus des hauteurs, on peut toujours détecter leurs oscillations rythmiques avec un niveau de pression sonore suffisamment fort. En effet, le seuil d'audition est une question de rapport entre le niveau de pression sonore et la fréquence. Pour les fréquences inférieures à 100 Hz, il faut toujours tenir compte que plus la fréquence est faible, plus le niveau de pression sonore doit être fort pour la détecter.

Seuil d'audition en basses fréquences
Heaving Threshold in low frequency



○ Seuil d'audition normalisé au-dessus de 20 Hz [ISO 226 : 2003] et
● Moyenne des résultats de recherches récentes couvrant les fréquences jusqu'à 20 Hz [12]

Figure 1. Seuil d'audition en basses fréquences d'après plusieurs auteurs (Chatillon, 2006) [2].

Voici un graphique du seuil de l'audition d'après les données de plusieurs auteurs, cité par Chatillon, 2006. Il spécifie que le seuil d'audition des sujets les plus sensibles se trouve à plus de 10 dB en dessous de la moyenne [2]. Il y a également des études menées qui suggèrent qu'il est possible de se sensibiliser aux infrasons [8], [12].

Un autre facteur contribuant au mythe de leur imperceptibilité est que la plupart des caissons de basse ne sont pas optimisés pour reproduire ces fréquences à l'amplitude qu'il faut pour qu'elles soient détectables par l'oreille humaine. A part dans une configuration sonore typique pour un concert électroacoustique, une projection cinématographique, un home cinéma ou un studio, on a très rarement l'occasion de les entendre diffusés dans un contexte artistique. Ainsi, pour ce projet, ou pour d'autres qui emploient des infrasons, il faut tenir compte des limitations des dispositifs de diffusion utilisés.

2.3. La problématique concernant les limites de perception et de diffusion

En tant que compositeur, il faut considérer des techniques de composition (particulièrement concernant la psychoacoustique), des moyens d'amplification et des moyens de diffusion alternatifs (et de modalité sensorielle) qui peuvent servir dans le cas d'une sensibilisation aux infrasons. On doit envisager ces limitations en tant que contraintes créatives et en tant qu'une invitation pour une recherche artistique.

Étant donné que le caisson de basse utilisé diffuse des infrasons entre 15-20 Hz autour du seuil

d'audition, nos objets visuels complètent ce spectre d'amplitude limitée par une approche de renforcement intersensoriel. Les réactions de ces objets aux ondes acoustiques créent une redondance des données sonores qui se manifestent aussi dans la modalité visuelle. Ainsi, l'écoute des infrasons dans cet environnement est assistée par des repères visuels, voire des œuvres visuelles qui apportent leur propre esthétique à l'ensemble de l'installation. En effet, notre projet était motivé par ce problème des limites. En présentant ce projet, on offre une solution artistique pour le traiter.

2.4. Sur les risques possibles des infrasons

Pour ce projet, on a pris en compte des recherches sur les impacts des infrasons sur le corps humain, particulièrement concernant les risques possibles sur la santé. Une étude rigoureuse de cette littérature a été effectuée dans le rapport de Master 1 de Crawshaw, « L'infrason en Art ». Tout d'abord, il faut remarquer qu'au niveau de l'audition, le niveau de pression sonore employé pour cette installation reste loin du seuil d'altération permanente voire temporaire de l'ouïe. En plus, on suit les conseils de Chatillon indiqués dans ce graphique :

Valeurs limites proposées pour l'exposition aux infrasons aériens
Suggested limit values for exposure to airborne infrasound

INFRASONS CONTINUS	
Calcul de l'exposition	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation de la pondération G Sommation des énergies reçues entre les tiers d'octave compris entre 1 Hz et 100 Hz
Valeur limite d'exposition en dB(G) sur une durée de 8 heures	102 dB(G)
Si la durée d'exposition est diminuée par un facteur 2	Augmentation de la valeur limite de + 3 dB
INFRASONS IMPULSIONNELS	
Calcul de l'exposition	Pas de pondération
Valeur limite d'exposition	145 dB(Lin)

Figure 2. Valeurs limites proposées pour l'exposition aux infrasons aériens (Chatillon, 2006) [2].

On reste en-dessous de 114 dB pour permettre à une exposition saine de 30 mn aux infrasons (ou 2 fois la durée de la composition musicale). En tout cas, notre dispositif de diffusion ne diffuse les infrasons qu'autour de leur seuil de perception.

Il y a aussi des individus qui rapportent des gênes occasionnelles et psychosomatiques des infrasons autour du seuil de perception. D'après nos recherches concernant l'état de l'art infrasonore, les études

cognitives concernant l'émotion musicale et les recherches scientifiques sur les réponses aux infrasons, il est évident que le contexte d'écoute est très important à cette réception des infrasons. On crée un environnement artistique où des spectateurs sont libres d'entrer ou de partir comme il leur plaît. Ce n'est pas une installation imposée dans un espace public très fréquenté. Également, les participants peuvent se promener dans l'espace pour accentuer certains effets et en diminuer d'autres. Ainsi, les spectateurs sont des véritables participants dans cet environnement. La volonté qu'ils exercent dans l'installation— en choisissant d'y entrer, d'y rester, de l'explorer et de rentrer en interaction avec— va fortement influencer leur attitude aux basses fréquences utilisées.

3. « LA GALERIE D'ONDES »

3.1. Dispositifs

3.1.1. Sonores

Cette avant-première utilise un caisson de basse UMS-1P de la marque Meyer Sound comme dispositif de diffusion. Il a deux membranes de 10'. Il a une réponse fréquentielle de 29 Hz – 135 Hz (à ± 4 dB) et un spectre opérationnel de 25 Hz – 160 Hz, selon ses spécifications techniques [9]. D'après des tests menés par Crawshaw, cette machine produit des résultats sonores exploitables jusqu'à 15/16 Hz, voire 12 Hz à une distance de moins d'un mètre depuis la membrane, dans une salle assez silencieuse.

La carte son est une Presonus Inspire 1394 qui n'a pas de contre-indication concernant la diffusion des fréquences en dessous de 20 Hz depuis les sorties dédiées aux haut-parleurs [11].

3.1.2. Visuels

Les éléments visuels pour ce projet sont de trois variétés. Du premier type, on a 3 sculptures à membrane. Ces objets, décorés avec des dessins en Sharpie™ (des stylos-feutres), consistent en un papier avec une surface en BoPET (« Biaxially-oriented polyethylene terephthalate ») avec un substrat de BoPET et une couche fine peinte de la pulpe de papier blanc. Deux de ces objets ont une toile qui sert comme membrane, cadrée par et suspendues sur des tiges en acier. Le premier, nommé « Sensitive Dependence », a un passe-câble au milieu de la toile avec deux bâtons très fins, comme des aiguilles, fixés sur chaque côté. Des limiteurs en aciers réduisent le mouvement des aiguilles.

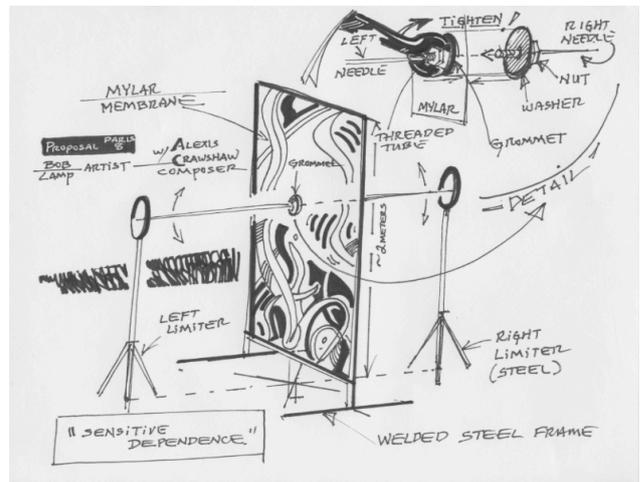


Figure 3. Esquisse d'objet « Sensitive Dependence », (Lamp, 2013) [5].

Le deuxième, « Mirror, Mirror », a une surface en BoPET très réfléchive au dos. Il a un manche et des roulettes pour être déplacé.

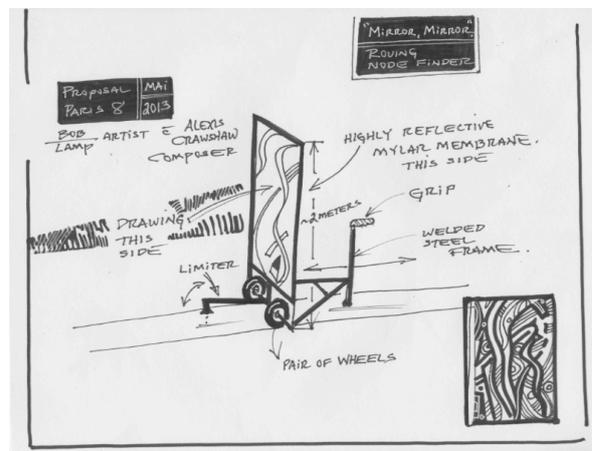


Figure 4. Esquisse d'objet « Mirror, Mirror », (Lamp, 2013) [6].

La troisième sculpture à membrane, « Listening Horn Liquid Recorder », consiste en une corne en papier BoPET roulé, fixé par un support en métal. Le petit bout de cette corne a une membrane avec une aiguille attachée. L'aiguille est posée dans une assiette remplie d'un fluide.

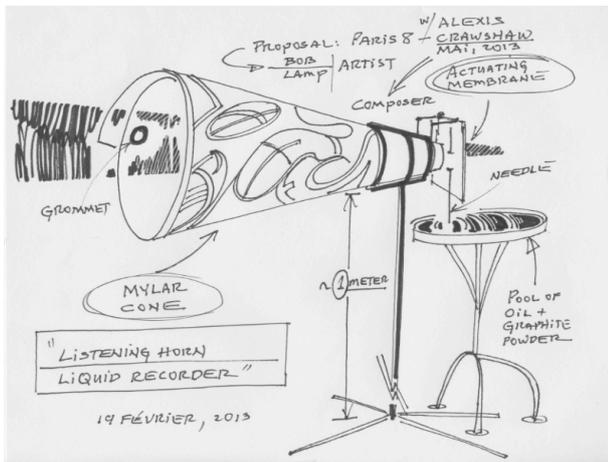


Figure 5. Esquisse d'objet « Listening Horn Liquid Recorder », (Lamp, 2013) [7].

Quant au deuxième type d'objet visuel, un bol profond en cuivre est rempli avec « oobleck », un fluide non-newtonien à base de farine de maïs et d'eau. Ce bol est percé avec des cordes élastiques pour le fixer au-dessus d'une des deux membranes de 10' du caisson de basse.

Finalement, on a des dessins adhésifs en BoPET avec Sharpie™ des chiffres, disposés au sol et qui mesure la largeur de la salle (la longueur de l'installation).

3.2. Conception

3.2.1. Emploi de l'espace

Comme on l'a évoqué plus tôt, l'espace physique de l'installation est un des éléments le plus intégral à ce projet. L'exposition occupera le dernier tiers de la longueur du hall d'entrée de l'université de Paris 8, un espace qui fait 20,14 m x 15,10 m x 2,70 m. Les fréquences des ondes utilisées seront calibrées pour activer des ondes stationnaires principalement à la largeur et parfois à la hauteur de la salle. Comme on ne veut pas déranger les autres projets qui seront exposés ailleurs dans la salle, on évitera les résonances de la longueur.

On peut calculer les modes propres de résonance de la cette salle avec la formule

$$f = \frac{c}{2L} \quad (1)$$

où f représente la fréquence en Hz, c représente la vitesse de son dans l'air et L représente la longueur de la salle ($2L$ donne la longueur de l'onde sonore en mètres λ) [1]. Ainsi, étant donné une température ambiante de 20°C, ces modes propres sont 8,37 Hz, 11,16 Hz et 62,44 Hz pour la longueur, la largeur et la hauteur, respectivement.

Selon les harmoniques de ses fréquences, on peut créer des motifs des nœuds et ventres comme ceux-ci :

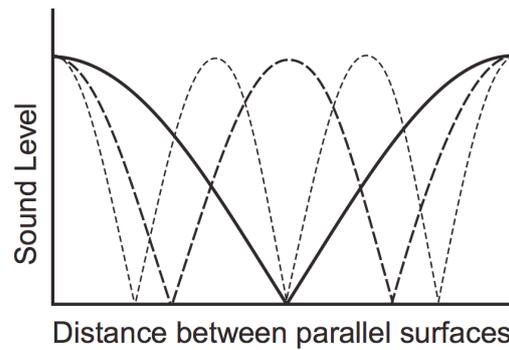


Figure 6. Ce graphique indique le niveau de pression sonore dans une salle pour la fréquence fondamentale (—), la première harmonique (---) et la deuxième harmonique (-.-.-) (Toole, 2008) [13].

Le caisson de basse sera posé à côté du mur pour maximiser les effets d'une onde stationnaire, comme indiqué dans ce graphique-ci :

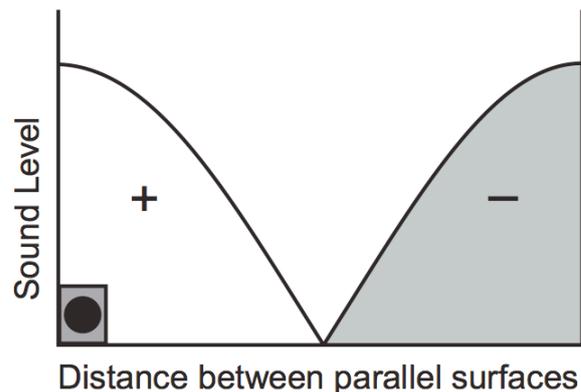


Figure 7. Le niveau de pression sonore et la polarité du mode propre de résonance dans une salle selon l'emplacement d'un caisson de basse contre un des murs (Toole, 2008) [13].

3.2.2. Composition musicale

La contribution musicale est électroacoustique et consiste en un seul canal, diffusé par le caisson de basse Meyer Sound. Divisée en 4 mouvements distincts, sa forme globale bascule entre la composition musicale et la sculpture sonore. Deux de ses mouvements ressemblent à une composition dans l'esprit d'une évolution temporelle comprise d'une recherche des sonorités variées au spectre infrasonore. Elle ressemble aussi à une sculpture sonore au sens qu'il y a deux transformations en une texture plus réduite comprise pour la plupart d'ondes sinusoïdales. Ces textures durent plusieurs minutes, et restent morphologiquement statiques lors le spectateur est immobile dans l'espace. Cependant, c'est pendant ces moments « statiques » que l'influence sur l'écoute selon le déplacement du spectateur sera la plus évidente.

Le contenu de ces mouvements à texture dynamique est un travail et un approfondissement des outils et techniques explorés dans la recherche de

Master de Crawshaw. Étant donné les limites de diffusion du caisson de basse, elle exploite des techniques dans le domaine des hauteurs (fréquences supérieures à 20 Hz), en utilisant des battements monauraux, des pulsations isochroniques, des harmoniques et des balayages descendants pour sensibiliser l'oreille à la présence des fréquences infrasonores. Elle se désigne à une palette de moyens réduite avec laquelle elle crée des infrasons : la synthèse FM, la synthèse additive et la synthèse granulaire avec le logiciel Max 6 et la synthèse par modélisation physique avec le logiciel Tassman 4. Ainsi, à travers la composition seule, il y a aussi un aspect d'aide et parfois de renforcement dans le domaine des hauteurs pour assister la perception des infrasons. Un travail compositionnel à travers des synthèses familières démontre le potentiel musical des infrasons.

3.2.3. Objets visuels

À part leur propre intérêt esthétique, les objets visuels fonctionnent en tant qu'un renforcement de la partie sonore : une traduction et une amplification.

Les sculptures du premier groupe sont conçues pour recevoir des ondes acoustiques sur leurs membranes en BoPET et elles sont équipées avec un appareil différent pour amplifier visuellement le moindre des mouvements de ces surfaces. L'objet « Sensitive Dependence » a des bâtons attachés à la membrane, l'objet interactif « Mirror, Mirror » a une surface réfléchissante pour créer des variations de la propre image de l'utilisateur (comme des miroirs de carnivals) et l'objet « Listening Horn Liquid Recorder » a une assiette de liquide pour créer des perturbations dans l'esprit de l'art cymatique et un enregistreur phonographique. En plus, en étant interactif et déplaçable, l'objet « Mirror, Mirror » fournit à l'utilisateur une aide visuelle qu'il peut déplacer pour chercher les nœuds et les ventres des ondes sonores.

Le bol en cuivre posé sur le caisson de basse crée des sculptures en « oobleck », provoquées en réponse aux ondes acoustiques. Cet objet présente un exemple de l'art cymatique du genre non-newtonien. C'est une version plus esthétique et élaborée que l'exemple qui se trouve ici [10]. La forme du bol est conçue pour contenir le fluide et assurer la propreté de la membrane du dispositif de diffusion.

Les chiffres dessinés sur le sol portent des indications de distance, en mètres, à travers l'installation. Pour le spectateur, ils servent de repère gradué de l'emplacement des nœuds et ventres des ondes dans la salle. Également, cet élément fonctionne avec l'appareil errant, « Mirror, Mirror ».

Finalement, tous les graphiques des dessins en Sharpie™ dans l'exposition servent à représenter les notions des ondes en propagation, des résonances et des perturbations.

4. CONCLUSION

Cette première maquette est un *Work in progress*. Une version plus élaborée est prévue pour le printemps de 2014, pour correspondre avec l'ouverture du nouveau bâtiment de la MSH Paris Nord. D'autres versions sont en cours d'étude.

En alliant la musique et les arts plastiques, ce projet offre une convergence intersensorielle unique pour faire découvrir la musique infrasonore.

Même s'il est encore trop tôt pour tirer des conclusions sur le plan théorique, ce projet démontre que la création artistique est un terrain d'expérimentation de premier ordre pour la recherche scientifique, particulièrement de la perception intersensorielle.

5. REFERENCES

- [1] Candel, S. *A tutorial on acoustics*. Cours de l'École Centrale Paris, 1998.
- [2] Chatillon, J. "Limites d'exposition aux infrasons et aux ultrasons : Étude bibliographique". *Hygiène et sécurité du travail : Cahiers de notes documentaires*. 2e trimestre 2006-203, pg. 67-77, INRS, 2006.
- [3] Crawshaw, A. (2011). "L'infrason en Art". Mémoire 1. Université de Paris 8, Saint-Denis, France, 2011.
- [4] Crawshaw, A. 2012. "Le potentiel de la musique infrasonore: Avec quelques applications intersensorielles". Mémoire 2. Université Paris 8, Saint-Denis, France 2012.
- [5] Lamp, R. Esquisse d'objet « Sensitive Dependence ». 2013.
- [6] Lamp, R. Esquisse d'objet « Mirror, Mirror ». 2013.
- [7] Lamp, R. Esquisse d'objet « Listening Horn Liquid Recorder ». 2013.
- [8] Leventhall, G. "A review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects". Report for Defra, 2003. Source: <http://www.scribd.com/doc/56798241/12/General-Review-of-Effects-of-Low-Frequency-Noise-on-Health1>
- [9] Meyer Sound Laboratories, Inc. "UMS-1P Self-Powered Subwoofer: Operating Instructions". Meyer Sound Laboratories, Inc., Berkeley, CA, États-Unis, 2000.
- [10] Non-newtonian fluid on a speaker cone. (2008). Extrait le 20 septembre 2013 de <http://www.youtube.com/watch?v=3zoTKXXN QIU>
- [11] Presonus. Extrait le 7 février 2013 de <http://www.presonus.com/products/Inspire-1394/techspecs>.
- [12] Salt, A.N. & Huller, T.E. "Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind

turbines". Hearing Research 268 (2010) 12-21
doi:10.1016/j.heares.2010.06.007.

- [13] Toole, F. Sound Reproduction: Loudspeakers and rooms. Focal Press, Burlington, MA, États-Unis, 2008.