

Influence du type de source sonore sur l'évaluation de la gêne et de la performance dans les bureaux ouverts

L. Brocolini^a, E. Parizet^a, P. Chevret^b et J. Chatillon^b

^aLaboratoire Vibrations Acoustique, 25 bis, Avenue J. Capelle, 69621 Villeurbanne, France

^bINRS, rue Morvan, 54519 Vandoeuvre Les Nancy, France

laurent.brocolini@insa-lyon.fr

Désormais de plus en plus courant au sein des entreprises, le bureau ouvert est une forme d'espace de travail qui permet un gain de place tout en facilitant l'échange verbal entre collègues. Cependant, il apparaît que le manque d'intimité et l'augmentation du niveau sonore sont parmi les principaux inconvénients de ce type d'espace de travail. Le projet GABO (Gêne Acoustique dans les Bureaux Ouverts) s'intéresse à l'évaluation de la nuisance sonore pour les travailleurs dans les bureaux ouverts et a pour but de définir des indicateurs de gêne qui tiennent compte notamment du type de la nuisance sonore. Dans la première partie du projet, il a été montré à partir d'enquêtes in-situ [1] que les conversations intelligibles et non intelligibles, les sonneries de téléphone et le bruit de machines (imprimantes) étaient parmi les sources sonores qui contribuaient le plus à la gêne totale ressentie par les utilisateurs. En s'appuyant sur ces résultats, la suite de l'étude a pour but d'évaluer en laboratoire la gêne occasionnée par ces différents types de source. Ainsi, trente cinq sujets ont réalisé une tâche de mémorisation à court terme dans cinq contextes sonores différents, à savoir quatre types de sources (imprimante, parole intelligible, parole non intelligible et sonnerie de téléphone) et un bruit de fond (ventilation), sans aucune source sonore supplémentaire (situation de contrôle). Ainsi, la gêne due au bruit a pu être évaluée de façon subjective, mais il a également été possible de mesurer la dégradation de la performance (sur la tâche de mémorisation) suivant le type de source sonore subie par l'individu. Si les conversations intelligibles impactent significativement la performance, il n'y a en revanche pas de différence significative de la gêne ressentie entre les paroles intelligibles, les paroles non intelligibles et les sonneries de téléphones. Seules les imprimantes sont moins gênantes.

1 Introduction

Développé dans les années 1950, le concept de bureau ouvert, ou "open-space", est aujourd'hui largement répandu dans le monde du travail. Bien qu'offrant de nombreux avantages en termes d'aménagement de l'espace et facilitant la communication entre collègues, cette organisation de l'espace de travail présente deux inconvénients majeurs. D'une part le sentiment d'intimité est réduit et d'autre part le niveau sonore augmente, entraînant une gêne pour les personnes travaillant dans ce type de configuration. A ce jour, il apparaît que le bruit est un facteur de nuisance majeur dans les bureaux ouverts [2] en dépit d'un niveau sonore relativement bas (moins de 65 dB(A)) [3]. Par conséquent, la réglementation en termes de niveau sonore dans les lieux de travail n'est pas focalisée sur cette réalité. Par ailleurs, il semble que la gêne ressentie due au bruit dans les bureaux ouverts ait des conséquences sur la satisfaction au travail [4], sur la santé des employés [5], et que cette exposition au bruit puisse réduire la performances des employés en fonction des types de tâches à effectuer et des caractéristiques des bruits présents dans le lieu de travail [6]. Dans le but d'approfondir les connaissances sur ce sujet, le projet GABO (Gêne Acoustique dans les Bureaux Ouverts) s'intéresse à l'évaluation de la nuisance sonore pour les travailleurs dans les bureaux ouverts. Ce projet s'articule autour de trois axes :

- L'identification sur le terrain des sources de gêne acoustique des personnels et la mise en évidence des tâches pour lesquelles les personnes se déclarent particulièrement gênées ;
- L'évaluation en laboratoire de la gêne ressentie par des sujets face à des situations simulées reprenant les caractéristiques mises en évidence précédemment ;
- Le développement et validation de nouveaux indicateurs de gêne prenant en compte les différentes sources sonores.

A travers un questionnaire diffusé auprès de salariés de plusieurs entreprises, M. Pierrette *et al.* ont pu mettre en évidence un certain nombre de sources sonores gênantes dans les bureaux ouverts [1]. Les conversations intelligibles apparaissent comme la source sonore la plus souvent entendue, suivie des téléphones qui sonnent, des passages de personnes, des fonctionnements de machines telles les

imprimantes et enfin les conversations non intelligibles. Cependant, la hiérarchie en termes de gêne est différente : les conversations non intelligibles apparaissent en deuxième position derrière les conversations intelligibles. Viennent ensuite les sonneries de téléphones, le bruit des machines et le passage de personnes. A partir de ces résultats, le but de la présente étude est de confronter des sujets à ces situations sonores en laboratoire afin d'évaluer l'impact de ces conditions acoustiques sur la gêne ressentie ainsi que sur la performance mesurée lors de la réalisation d'une tâche intellectuelle telle un travail de mémorisation sérielle.

2 Méthodologie

2.1 Design expérimental

Un plan expérimental à mesures répétées a permis de tester l'influence de cinq conditions sonores (un bruit de fond, des imprimantes, de la parole intelligible, de la parole non intelligible, des sonneries de téléphones) sur la gêne ressentie et sur la performance lors d'une tâche de mémorisation sérielle.

2.2 Sujets

Trente cinq personnes ont participé à l'expérience. Parmi ces trente cinq personnes, vingt huit ont été recrutées à l'extérieur du laboratoire et ont été rémunérées, les sept autres étant des doctorants du Laboratoire Vibrations Acoustique. Le groupe de sujets se compose de dix sept femmes et dix huit hommes. L'âge médian est de 41 ans, le minimum de 23 ans et le maximum de 59 ans.

2.3 Conditions expérimentales

L'expérience s'est déroulée dans une cabine audiométrique du Laboratoire Vibrations Acoustique. Tous les stimuli ont été présentés via un haut-parleur (Tapco S8) placé à environ 1 mètre du sol et de l'auditeur, derrière l'écran d'ordinateur. La chaîne de restitution a été égalisée en fréquence de façon à ce que la réponse fréquentielle du haut-parleur à la position d'écoute soit plate (Egaliseur 31 bandes ULTRA-CURVE PRO DSP8024).

2.4 Stimuli

Au cours de cette expérience, cinq conditions sonores ont été utilisées, correspondant à quatre types de sources sonores et une condition de contrôle qui consistait en bruit de fond large bande, assimilable à une ventilation. Concernant les sources, il s'agit des sources sonores qui ont été identifiées comme gênantes lors de la première partie du projet GABO [1], à savoir : le bruit de machines (imprimantes), la parole intelligible, la parole non intelligible et enfin les sonneries de téléphone. L'intégralité des signaux utilisés a été construite à partir d'échantillons de sons de quelques secondes trouvés sur internet [7, 8, 9]. Plus de détails concernant chacune des sources sont donnés dans les paragraphes suivants.

2.4.1 Bruit de fond

Le bruit de fond utilisé au cours de cette expérience est issu du site "Universal-Soundbank" [7]. Il s'agit d'un bruit de ventilation de quelques secondes qui a été répété de façon à obtenir un signal continu de dix minutes. Le niveau de ce bruit de fond a été fixé à environ 35 dB(A) à la position de l'auditeur.

2.4.2 Imprimantes

Les sons d'imprimantes ont également été récupérés sur le site "Universal-Soundbank" [7]. Il s'agit de trois échantillons, respectivement de 12,5, 16 et 19,5 secondes. Le premier est le bruit caractéristique d'une imprimante "jet d'encre" alors que les deux autres sont des imprimantes "laser". Chacun de ces échantillons a été répété douze fois pour obtenir trente six échantillons au total.

2.4.3 Parole intelligible

Issus du site "Audio-lingua" [8], la base de données de parole intelligible comporte trente six échantillons différents. Il s'agit de personnes parlant de sujets divers en français. Chaque échantillon a été découpé de façon à obtenir douze fichiers durée : 12,5, 16 ou 19,5 secondes. Par ailleurs, la moitié des échantillons sont des voix de femmes et la moitié des voix d'hommes.

2.4.4 Parole non intelligible

Pour parvenir à des signaux de parole non intelligible, près de cinquante extraits sonores de parole intelligible (d'une vingtaine de secondes pour le plus court à plus d'une minute pour le plus long) ont été récupérés sur le site "RFI" [9]. Il s'agit de cours de français. A partir de ces conversations, 12,5 secondes ont été sélectionnées aléatoirement parmi huit fichiers différents (choisis eux aussi de façon aléatoire) et ont été mélangés. Suivant la même procédure, onze autres échantillons de 12,5 secondes ont été construits ainsi que douze de 16 secondes et douze de 19,5 secondes.

2.4.5 Téléphones

De même que pour les imprimantes, les sons de sonneries de téléphones ont été extraits du site "Universal-Soundbank" [7]. Quatre sonneries différentes ont été utilisées, chacune ayant été retravaillée de façon à avoir un échantillon de 12,5 secondes, un de 16 secondes et un de 19,5 secondes. Nous

disposons donc de quatre types de sonneries différents, de trois durées différentes, soit douze échantillons. Ces signaux ont été répétés trois fois pour parvenir à un total de trente six échantillons.

Le Tableau 1 permet d'avoir une vue résumée du nombre d'échantillons disponibles en fonction de leur durée et du type de source.

TABLEAU 1 – Nombre d'échantillons selon le type de source et la durée.

	12.5 s	16 s	19.5 s
Imprimante	1	1	1
Parole intelligible	12	12	12
Parole non intelligible	12	12	12
Téléphone	4	4	4

Pour chaque source sonore, trente six échantillons ont été mis bout à bout (dans un ordre aléatoire pour chaque sujet), espacés d'une seconde, pour une durée totale de signal sonore de dix minutes. Le bruit de fond a été diffusé avec un niveau $L_{Aeq,10min}$ d'environ 35 dB(A) alors que les sources sonores superposées au bruit de fond ont été diffusées avec un niveau $L_{Aeq,10min}$ d'environ 50 dB(A). Tous les échantillons ont au préalable été égalisés en niveau à $L_{Aeq,12,5s} = L_{Aeq,16s} = L_{Aeq,19,5s} = 50 \text{ dB(A)}$. Ces niveaux sonores ont été choisis de façon à se rapprocher d'une situation réelle de bureau ouvert [10].

2.5 Tâche cognitive

De nombreuses tâches cognitives peuvent être utilisées pour évaluer l'impact du type de source sonore sur la gêne ou la performance. Des tâches de verbalisation, de calcul mental, de lecture ou encore de recherche d'informations se retrouvent régulièrement dans la littérature [11, 12, 13]. Une tâche de mémorisation sérielle à court terme est également souvent utilisée. Qu'il s'agisse de mémoriser des chiffres [14, 15] ou des mots [16], le principe reste le même, à savoir mémoriser un certain nombre d'items et les restituer avec ou sans contrainte temporelle. C'est ce type de tâche que les participants ont eu à réaliser. Pour chaque condition sonore, les personnes devaient mémoriser dix listes de dix mots et les restituer oralement (une liste après l'autre). Les mots ont été choisis parmi des listes lexicales établies par D. Dubois et J. Poitou [17]. Parmi vingt-deux catégories lexicales, cinq catégories ont été retenues : Animaux, Fruits, Légumes, Oiseaux, Vêtements. Chacune de ces catégories comporte trente mots (les plus fréquemment cités dans l'étude de Dubois et Poitou) : "chien, chat, cheval, lion, éléphant, etc." pour la catégorie "Animaux", "pomme, poire, orange, cerise, banane, etc." pour la catégorie "Fruits", etc.. Les cinq catégories apparaissent deux fois au cours d'une même condition sonore, dans un ordre aléatoire et les dix mots de chaque liste sont eux aussi choisis aléatoirement parmi les trente de chaque catégorie. Dans la pratique, chaque liste de mots était annoncée à l'écran par une image

affichée pendant cinq secondes (afin que le participant se prépare à voir apparaître le premier mot de la liste). Chaque mot restait affiché à l'écran deux secondes, puis, à l'issue du dixième mot, le sujet avait vingt secondes pour dire à haute voix les mots dont il se souvenait. Un microphone permettait d'enregistrer ses réponses. Une pause de quinze secondes suivait la phase de restitution des mots, puis une nouvelle série s'enchainait : cinq secondes d'annonce, vingt secondes de mémorisation (10 mots x 2 s), vingt secondes de restitution, quinze secondes de pause, et ainsi de suite jusqu'à dix séries.

2.6 Procédure

Avant de commencer l'expérience, chaque participant a passé un audiogramme (Oscilla USB-300 Screening Audiometer / AudioConsole 2.3.8). Après étude de cet audiogramme, aucun sujet ne présentait de pertes auditives susceptibles de remettre en cause la validité de l'expérience, et donc aucun n'a été écarté. Dès lors, il était indiqué à la personne présente que l'expérience consistait à mémoriser des listes de dix mots et en redonner un maximum de façon orale. Afin d'éviter que les sujets ne disent un trop grand nombre de mots, il leur était précisé que le nombre de mots "justes" serait comptabilisé (+1) et qu'une pénalité (-1) serait appliquée pour chaque mot "faux". Afin de bien comprendre la procédure, un exemple avec seulement deux listes de mots et sans source sonore était alors réalisé en présence de l'expérimentateur. Ensuite, tous les participants ont débuté l'expérience avec un signal de bruit de fond dans le but de se familiariser avec l'expérience. Enfin, ils ont tous réalisé la tâche demandée en présence de chaque condition sonore (bruit de fond, machines, parole intelligible, parole non intelligible, téléphones) suivant un ordre aléatoire, en se basant sur un carré latin (5x5), et ce, afin de s'affranchir d'un éventuel effet d'ordre.

2.7 Mesure de la performance

La performance mesurée pour chaque auditeur consiste en une somme des mots correctement restitués à laquelle le nombre de mots incorrects est soustrait. Dix listes de dix mots étant diffusées pour chaque condition sonore, la note théorique maximale est de 100 alors que la note minimale est théoriquement infinie négative. Dans la pratique, toutes les notes de performance sont comprises entre 28 et 87. Afin d'évaluer l'impact des différentes conditions sonores, toutes les performances ont été ramenées à celle mesurée lors de la diffusion du bruit de fond (la seconde présentation, la première servant uniquement à l'apprentissage). Autrement dit, les données de mesure ne représentent pas la performance brute, mais un décrement de performance, calculé comme la différence entre la performance obtenue avec le bruit de fond seul et la performance obtenue avec chaque condition sonore : $Baisse\ de\ performance = Perf_{BdF} - Perf_{Source}$.

2.8 Mesure de la charge cognitive

Plusieurs indicateurs existent dans le but de mesurer la charge cognitive liée à la tâche effectuée. Développé à la fin des années 80, le NASA-TLX (Task Load Index) [18, 19] permet d'évaluer la charge cognitive à travers six questions. Chacune de ces questions correspond à une composante

de la charge cognitive : l'exigence mentale, l'exigence physique, l'exigence temporelle, la performance, l'effort fourni, la frustration. Les questions sont évaluées sur une échelle allant de 0 à 100. Dans un second temps, un poids est attribué à chaque composante. Ainsi, le NASA-TLX est une moyenne pondérée des six scores. Cependant, une version simplifiée, c'est-à-dire non pondérée, permet d'obtenir des résultats similaires en un temps réduit [20]. Aussi, c'est cet indicateur, le NASA-RTLX (Raw Task Load Index), qui a été utilisé au cours de cette expérience. Chaque participant a complété le NASA-RTLX à l'aide d'une interface graphique développée sous Matlab après chaque condition sonore. Tout comme pour la performance, la charge cognitive liée à la tâche effectuée pour chaque condition sonore a été ramenée à celle mesurée lors de la diffusion du bruit de fond seul. Afin de travailler avec des données *a priori* positives, l'augmentation de NASA-RTLX a été calculée comme suit : $Augmentation\ de\ NASA-RTLX = NASA-RTLX_{Source} - NASA-RTLX_{BdF}$.

2.9 Mesure de la gêne ressentie

La gêne ressentie a été mesurée de nouveau à l'aide d'une interface graphique Matlab. Contrairement au NASA-RTLX, la gêne a été mesurée à la fin de l'expérience, après avoir entendu toutes les conditions sonores. La question posée était la suivante : "Jusqu'à quel point avez-vous été gêné(e) par les sources sonores pour accomplir la tâche qui vous était demandée?". Un bouton sur lequel était inscrit le nom de la source sonore permettait de réécouter cinq secondes de la source. A côté de chaque source, une échelle continue permettait aux sujets de noter la gêne ressentie à l'aide d'un curseur à déplacer (voir Figure 1).

FIGURE 1 – Interface graphique permettant la mesure de la gêne ressentie pour effectuer la tâche de mémorisation selon la condition sonore

Au dessus de chaque échelle, une partition en cinq points : "Pas du tout", "Légerement", "Modérément", "Très", "Extrêmement" [21] donnait une indication aux participants afin de positionner le curseur. La position du curseur a été transformée en une note comprise entre 0 (pas du tout gênant) et 100 (extrêmement gênant). Puis, de nouveau, pour l'analyse des résultats, la note de gêne considérée consiste en une augmentation de la gêne entre chaque source sonore et le bruit de fond : $Augmentation\ de\ gêne = Gêne_{Source} - Gêne_{BdF}$.

3 Résultats

3.1 Performance

Dans un premier temps une analyse de la variance à mesures répétées a été réalisé avec une variable dépendante : la baisse de performance, et une variable indépendante : le type de source sonore. Cette analyse de variance permet de constater un effet significatif de la condition sonore sur la baisse de performance, $F(3, 102) = 5,7, p = 0,001$.

D'autre part, la Figure 2 associée à un test post-hoc de Tukey permet de séparer deux groupes de sources sonores, d'une part les machines, la parole non intelligible et les téléphones et d'autre part la parole intelligible.

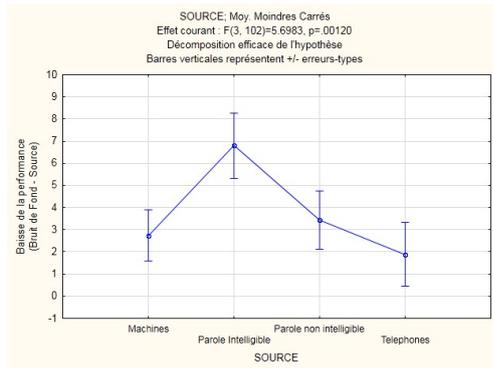


FIGURE 2 – Graphe de l’ANOVA à mesures répétées à 1 facteur (baisse de la performance)

Cette première analyse sur la baisse de performance permet donc de mettre en évidence l’effet de la parole intelligible sur la performance dans le cas d’une tâche de mémorisation sérielle simple.

Afin de compléter cette analyse de variance sur la baisse de performance, une nouvelle analyse à mesures répétées à été réalisée en incluant cette fois-ci les facteurs "âge" et "sexe". Cette analyse n’a pas mis en évidence de lien entre la baisse de performance et l’âge ou le sexe des sujets.

3.2 NASA-RTLX

Comme précédemment une analyse de variance à mesures répétées à un facteur a été effectuée avec l’augmentation de NASA-RTLX comme variable dépendante et toujours le type de source comme variable indépendante. De nouveau, les résultats de cette analyse sont significatifs, $F(3, 102) = 2,9, p = 0,041$. La condition sonore a donc une influence sur l’augmentation de la charge cognitive liée à une tâche de mémorisation sérielle.

L’analyse de la Figure 3 associée à un test post-hoc de Tukey montre qu’il n’y a pas de différence significative entre les conditions "Machines", "Parole non intelligible" et "Téléphones". De même il n’y a pas de différence significative entre les conditions "Parole intelligible", "Parole non intelligible" et "Téléphones". En revanche, les conditions sonores "Machines" et "Parole intelligible" sont significativement différentes.

Une analyse de variance à mesure répétées avec trois facteurs (condition, âge, sexe) montre qu’il n’y a pas d’effet de l’âge ou du sexe sur l’augmentation du NASA-RTLX, ni d’aucune interaction que ce soit.

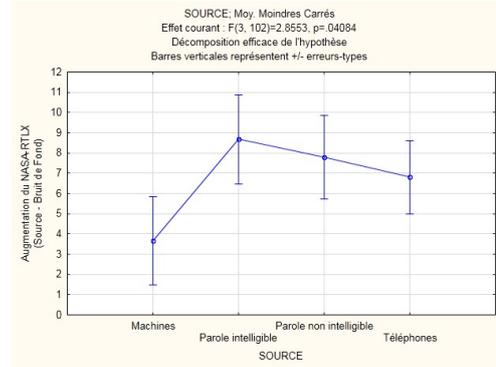


FIGURE 3 – Graphe de l’ANOVA à mesures répétées à 1 facteur (augmentation du NASA-RTLX)

3.3 Gêne

Dans le cas de l’augmentation de la gêne ressentie, l’analyse de variance à mesures répétées montre de nouveau un effet significatif de la condition sonore, $F(3, 102) = 15,3, p = 0,000$. Au regard de la Figure 4 et du test de comparaison de Tukey, il apparaît que la "Parole intelligible", la "Parole non intelligible" et les "Téléphones" ne sont pas significativement différents. En revanche, la condition "Machines" est significativement différente des trois autres conditions.

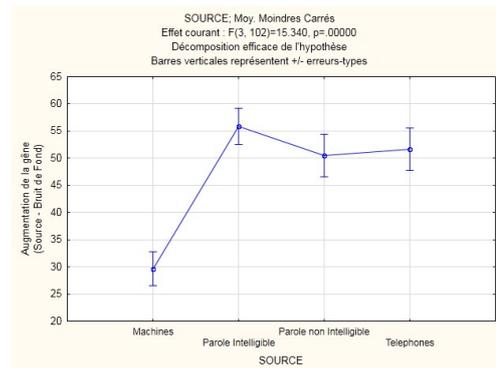


FIGURE 4 – Graphe de l’ANOVA à mesures répétées à 1 facteur (augmentation de la gêne)

Notons également qu’en ce qui concerne la gêne ressentie, l’âge et le sexe des sujets n’ont une fois de plus aucun effet significatif d’après une analyse de variance à mesures répétées avec trois facteurs.

4 Discussions

La présente étude avait pour but d’évaluer l’impact de différentes sources sonores sur la performance réalisée lors d’une tâche intellectuelle mais également sur la gêne ressentie. Les résultats obtenus pour la mesure de performance étaient attendus et sont concordants avec ce qui a déjà été montré à de nombreuses reprises : la performance dans une tâche de mémorisation décroît en présence d’un discours intelligible [15, 16, 22]. En revanche, les résultats obtenus en termes de gêne sont plus inattendus. Aucune différence significative n’apparaît entre les signaux de parole intelligible, de parole non intelligible et de sonneries de téléphones. Pourtant, lors de la première partie du projet, les conversations intelligibles étaient de loin la source

sonore la plus gênante. S'il est difficile de donner une explication quant à ces résultats, ils sont toutefois confirmés par l'analyse du NASA-RTLX. En effet, bien qu'ayant été évalués suivant une procédure légèrement différente (le NASA-RTLX a été évalué après chaque condition sonore alors que la gêne a été évaluée à la fin de l'expérience), les résultats sont similaires. La parole intelligible est significativement différente des bruits de machines, mais n'est pas plus gênante que la parole non intelligible. Or plusieurs études ont montré une différence significative entre ces deux sources sonores, que ce soit en termes de gêne [23, 24] ou de charge cognitive [15]. Toutefois ces résultats ont été obtenus avec des paramètres liés aux stimuli différents de ce qui ont été utilisés dans notre expérience. En effet, S. J. Schlittmeier *et al.* montrent une légère différence entre un signal avec une bonne intelligibilité et un signal avec une mauvaise intelligibilité diffusés à 35 dB(A) alors que dans notre cas, les sources sonores étaient diffusés à 50 dB(A). De même, M. Haka *et al.* montrent une variation de la gêne en fonction de l'intelligibilité, avec des signaux comportant une seule voix et diffusés à 48 dB(A). Dans le cas de notre étude, aucune différence n'est visible entre un signal intelligible comportant une seule voix et de la parole non intelligible comportant plusieurs voix. Ces différents paramètres peuvent en partie expliquer les différences de résultats obtenus.

5 Conclusions

A l'aide d'une tâche de mémorisation sérielle, et ce sur une période relativement courte (dix minutes pour chaque condition sonore) il a été possible de mettre en évidence un effet "perturbateur" de la parole intelligible comparativement aux autres sources de bruit (machines, parole non intelligible, téléphones). Cependant, cet effet ne se retrouve pas en termes de gêne ressentie ou de charge cognitive. Ainsi, à l'avenir, il est important de d'utiliser à la fois des mesures objectives et subjectives afin de discriminer correctement les différentes sources sonores dans ce genre de situation.

Remerciements

Ces travaux ont été effectués avec le concours apporté par le Programme Environnement-Santé-Travail de l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail) avec le soutien des ministères chargés de l'écologie et du travail

Ils ont été réalisés au sein du Labex CeLyA de l'Université de Lyon, géré par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR-10-LABX-0060/ ANR-11-IDEX-0007).

Références

- [1] M. Pierrette, E. Parizet, P. Chevret, Perception and evaluation of noise sources in open plan office, *21th International Congress on Acoustics (ICA)*, Montreal, Canada, juin 2013. POMA **19**, 040127 (2013); <http://dx.doi.org/10.1121/1.4800003>.
- [2] S. Amstutz, S. Kündig, C. Monn, Bern. Horw, Etude SBiB - Enquête suisse dans les bureaux (2013).
- [3] U. Landström, E. Akerlund, A. Kjellberg, M. Tesarz, Exposure levels, tonal components and noise annoyance in working environments, *Environment International* **21(3)**, 265-275 (1995).
- [4] P. Leather, D. Beale, L. Sullivan, Noise, psychosocial stress and their interaction in the workplace, *Journal of Environmental Psychology* **23(2)**, 213-222 (2003).
- [5] J. Pejtersen, L. Allermann, T. S. Kristensen, O. M. Poulsen, Indoor climate, psychosocial work environment and symptoms in open-plan offices, *Indoor Air* **16(5)**, 392-401 (2006).
- [6] C. P. Beaman, Auditory distraction from low-intensity noise : a review of the consequences for learning and workplace environments, *Applied Cognitive Psychology* **19(8)**, 1041-1064 (2005).
- [7] Universal-Soundbank (2006). En ligne <http://www.universal-soundbank.com/>, consulté le 13 mars 2014.
- [8] Groupe d'expérimentation pédagogique du C.R.D.P de l'académie de Versailles (2007), *Audio-Lingua*. En ligne <http://www.audio-lingua.eu/>, consulté le 13 mars 2014.
- [9] RFI, *Cours de français, Comment vont les affaires ?*. En ligne http://www1.rfi.fr/lfen/pages/001/liste_cva_anglais.asp, consulté le 13 mars 2014.
- [10] C. B. pop, M. Wee, D. Cabrera, G. Tan, Acoustic descriptors for open plan offices - Evaluation of field measurements, *9th European Conference on Noise Control, EURONOISE 2012*, Prague, République Tchèque, 636-641 (2012).
- [11] A. Kjellberg, B. Sköldström, Noise annoyance during the performance of different nonauditory tasks, *Perceptual and Motor Skills* **73(1)**, 39-49 (1991).
- [12] U. Landström, L. Söderberg, A. Kjellberg, B. Nordström, Annoyance and performance effects of nearby speech, *Acta Acustica United with Acustica* **88(4)**, 549-553 (2002).
- [13] J. Bengtsson, K. Persson Waye, A. Kjellberg, Evaluations of effects due to low-frequency noise in a low demanding work situation, *Journal of Sound and Vibration* **278(1-2)**, 83-99 (2004).
- [14] K. Zimmer, J. Ghani, W. Ellermeier, The role of task interference and exposure duration in judging noise annoyance, *Journal of Sound and Vibration* **311(3-5)**, 1039-1051 (2008).
- [15] A. Ebissou, Gêne sonore en bureaux ouverts : Impact de la présence de plusieurs voix intelligibles, Thèse de Doctorat, *INSA de Lyon* (2013).
- [16] H. Jahnce, Cognitive performance during irrelevant speech : Effects of speech intelligibility and office-task characteristics, *Applied Acoustics* **74**, 307-316 (2013).

- [17] D. Dubois, J. Poitou, "Normes catégorielles" et listes lexicales. "Normes catégorielles" (liste de termes) pour vingt-deux catégories sémantiques", *Cahiers du LCPE*, N°5, 31-104 (2002).
- [18] Human Performance Research Group - NASA, *NASA Task Load Index (TLX) v1.0 Manual* En ligne http://humansystems.arc.nasa.gov/groups/tlx/downloads/TLX_pappen_manual.pdf/, consulté le 13 mars 2014.
- [19] S. G. Hart, Nasa-Task Load Index (NASA-TLX) ; 20 Years Later, *Advances in Psychology, Human Mental Workload* **52**, 139-183 (1988).
- [20] S. G. Hart, L. E. Staveland, Development of NASA-TLX (Task Load Index) : Results of Empirical and Theoretical Research, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* **50(9)**, 904-908 (2006).
- [21] J. M. Fields, R. G. De Jong, T. Gjestland, I. H. Flindell, R. F. S. Job, S. Kurra, P. Lercher, M. Vallet, T. Yano, R. Guski, U. Felscher-Suhr, R. Schumer, Standardized General-Purpose Noise Reaction Questions for Community Noise Surveys : Research and a Recommendation, *A Journal of Sound and Vibration* **242(4)**, 641-679 (2001).
- [22] V. Hongisto, A model predicting the effect of speech of varying intelligibility on work performance, *Indoor Air* **15(6)**, 458-468 (2005).
- [23] S. J. Schlittmeier, J. Hellbrück, R. Thaden, M. Vorländer, The impact of background speech varying in intelligibility : Effects on cognitive performance and perceived disturbance, *Ergonomics* **51(5)**, 719-736 (2008).
- [24] M. Haka, A. Haapakangas, J. Keränen, J. Hakala, E. Keskinen, V. Hongisto, Performance effects and subjective disturbance of speech in acoustically different office types—a laboratory experiment, *Indoor Air* **19(6)**, 454-467 (2009).