

Détermination des caractéristiques acoustiques optimales des alarmes de recul installées sur les véhicules lourds (Determination of optimal acoustical characteristics for reverse alarms installed on heavy vehicles)

Chantal Laroche

Audiology/Speech-Language Pathology Program, University of Ottawa, 545 King Edward, Ottawa,
Ontario, K1N 6N5

INTRODUCTION

Le Comité de réglementation sur le Code de sécurité pour les travaux de construction, composé de membres du patronat et du syndicat et de la Commission de la Santé et de la Sécurité au travail (CSST), a formulé le désir que soit réalisée une étude qui permettrait de réduire de façon significative le nombre d'accidents, souvent mortels, reliés au recul de véhicules lourds comportant ou non des alarmes de recul (Laroche et al., 1991a). Il désire particulièrement réviser l'article 3.10.12 du Code de sécurité (1994) qui prévoit la conformité des alarmes de recul avec la norme SAE-J994(1985).

Cette étude constitue la troisième phase d'un projet portant sur la propagation acoustique à l'arrière des véhicules lourds munis d'une alarme de recul. Elle fait suite à une étude sur la propagation acoustique des alarmes de recul à l'arrière de véhicules lourds (Ross et al., 1992) et au développement d'un logiciel de simulations de propagation acoustique des alarmes de recul (logiciel ALARME; Laroche et al. 1993). Ces deux études ont démontré qu'il existe des interférences acoustiques importantes qui peuvent compromettre la sécurité des travailleurs. La présente étude vise à identifier les caractéristiques acoustiques qui permettraient la conception d'une alarme de recul plus sécuritaire. La recherche de ces caractéristiques s'est faite à partir de paramètres acoustiques théoriques, de simulations d'alarmes de recul avec le logiciel ALARME, de mesures d'alarmes de recul sur le terrain, de commentaires d'appréciation d'intervenants du secteur de la construction et de simulations de la perception auditive des travailleurs à l'aide du logiciel Détectson (Laroche et al., 1991b).

PARAMÈTRES ACOUSTIQUES THÉORIQUES

Le principal critère pour évaluer le niveau d'efficacité de l'alarme est sa capacité à générer un niveau sonore uniformément décroissant c'est-à-dire sans interférences acoustiques de plus de quelques décibels (Laroche et al., 1993). De plus, les alarmes doivent posséder des caractéristiques acoustiques qui permettent leur détection, leur reconnaissance et leur localisation auditive par des travailleurs ayant ou non des atteintes auditives. Pour ce faire, il faut que le contenu fréquentiel soit distinct du bruit ambiant et ait au moins deux composantes audibles. Idéalement, la fréquence fondamentale du son complexe devrait être comprise entre 150 et 1000 Hz. Le spectre ne doit pas dépasser 3000 Hz, zone fréquentielle où la surdité est plus marquée. De plus, il faut que le niveau de pression sonore se situe entre 10 et 25 dBA au-dessus du seuil masqué et ait un niveau global entre 65 et 105 dBA. Enfin l'alarme ne doit pas générer plus de 6 signaux sonores différents et le délai entre les pulses doit véhiculer une information qui revêt un certain caractère d'urgence. (Patterson, 1982; ISO 7731, 1986; Laroche et al., 1991b)

SIMULATIONS AVEC LE LOGICIEL ALARME

Les simulations réalisées à l'aide du logiciel ALARME ont permis de démontrer que les alarmes comportant 3 ou 4

fréquences génèrent des patrons de propagation présentant de faibles variations du niveau sonore, c'est-à-dire rarement supérieures à 5 dB pour une distance de 1 mètre. Ces variations peuvent atteindre 15 à 20 dB lorsqu'une seule composante fréquentielle est utilisée (Laroche et al., 1993). Plusieurs combinaisons de fréquences se sont avérées intéressantes. De plus, les résultats démontrent que lorsque l'alarme est visible à l'arrière des véhicules, les interférences acoustiques sont moins fréquentes.

VALIDATIONS TERRAIN

Un simulateur d'alarmes répondant aux caractéristiques acoustiques identifiées à partir des simulations et des paramètres acoustiques théoriques a été développé par la firme DAP Électronique Canada Ltée. Le simulateur a été installé à deux emplacements différents sur 3 types de véhicules lourds (camion à benne, chargeur, niveleuse) et des mesures de pression acoustique ont été effectuées conformément à la norme CEI 804 (1985). Pour chaque position et chaque véhicule, des combinaisons de 3 et de 4 fréquences ont été mesurées. Des mesures de signaux comportant 6 fréquences ou un balayage en fréquences ont aussi été réalisées. L'écart entre les simulations et les mesures in-situ est généralement inférieur à 8 dBA, la plus grande disparité se produisant soit près du véhicule (moins de 1 mètre), soit sur les côtés (à 45°). La figure 1 montre un exemple de résultat pour la niveleuse. La mesure a été réalisée sur une ligne centrale s'éloignant de l'arrière du véhicule, le simulateur d'alarme étant installé directement à l'arrière et générant les fréquences de 1000, 1150 et 1300 Hz.

De façon générale, les alarmes ayant 4 fréquences sont meilleures que celles ayant 3 fréquences. Les alarmes ayant 6 fréquences présentent moins d'interférences acoustiques, mais aucune amélioration significative n'a été notée si on les compare à des alarmes de 4 fréquences. Conformément aux résultats des simulations, les alarmes positionnées de façon à être visibles par une personne à l'arrière du véhicule présentent moins d'interférences acoustiques. La

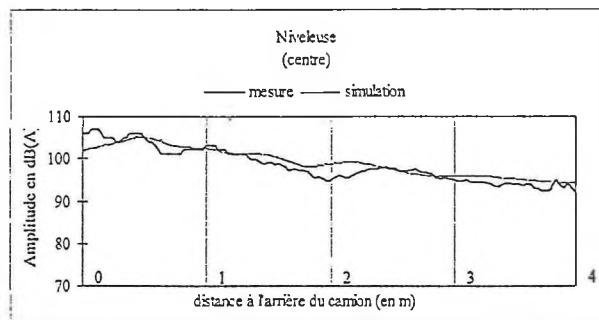


Figure 1. Variation du niveau de pression sonore en s'éloignant de l'arrière de la niveleuse. Alarme visible générant un son complexe de 1000, 1150 et 1300 Hz.

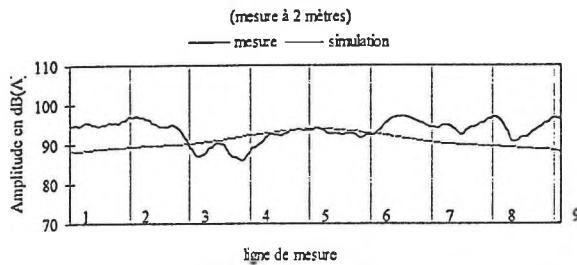


Figure 2. Variation du niveau de pression sonore à 2 mètres à l'arrière du camion à benne. Alarme non-visible générant un son complexe de 1000, 1150 et 1300 Hz.

Figure 2 illustre un exemple où l'alarme de 1000, 1150 et 1300 Hz est peu visible sur le camion à benne. La mesure a été prise sur une ligne de 2 mètres qui contourne le véhicule. On note alors des variations plus marquées du niveau sonore.

Des intervenants du milieu de la construction ont été invités à évaluer et à commenter à l'aveugle 5 alarmes différentes. Deux d'entre elles avaient obtenu de bons résultats lors des essais terrain et deux autres avaient obtenu des résultats médiocres. La dernière alarme était celle déjà installée sur le véhicule du chantier de construction. Aucun consensus n'a été obtenu. Les alarmes de 4 fréquences ont été peu populaires à cause de leur tonalité trop agressive. L'alarme présentant le contenu fréquentiel 1000, 1150 et 1300 Hz a obtenu le plus grand nombre de votes et de bons résultats sur le terrain. Les intervenants ont aussi mentionné qu'ils ne croyaient pas à la nécessité d'avoir des catégories d'alarmes selon le type de véhicule lourd, car cette option ne ferait qu'accroître la cacophonie qui règne sur les chantiers.

VALIDATIONS AVEC DÉTECTSON MD

L'alarme de recul retenue à l'étape précédente a été analysée à l'aide du logiciel Détectson MD (Laroche et al, 1991b) afin d'évaluer sa perception par les travailleurs. La simulation a tenu compte du bruit ambiant (bruit typique de chantiers de construction), du port de protecteurs auditifs (bouchons EAR et serre-tête Peltor H7A) et de la capacité auditive des travailleurs (seuils d'audition et sélectivité fréquentielle). Les résultats démontrent que l'alarme comprenant des composantes fréquentielles entre 1000 et 1300 Hz, de 95 dB SPL chacune, rencontre les critères d'audibilité et de reconnaissance pour l'ensemble des travailleurs. La figure 3 illustre un exemple d'analyse menée avec Détectson pour des individus de 55 ans atteints de surdité indemnisable et portant des bouchons EAR. Seules deux composantes fréquentielles de l'alarme peuvent être visualisées sur la figure à cause de l'analyse en tiers d'octave que réalise Détectson, mais il est clair que ces deux composantes rejoignent la zone hachurée qui correspond à la zone fréquentielle et de niveau sonore (dB SPL) requise pour assurer la reconnaissance du signal.

CONCLUSION

Il ressort donc de cette étude qu'un signal pulsé d'une durée de 400 msec, comportant 3 fréquences de 1000, 1150 et 1300 Hz de 95 dB SPL s'avère la combinaison la plus appropriée pour remplacer les alarmes de recul existantes. Par ailleurs, les alarmes de recul devraient être installées de telle sorte qu'elles soient visibles par une personne placée à l'arrière du véhicule. Quelques éléments de localisation auditive mériteraient d'être vérifiés avant d'adopter le signal sonore proposé (Laroche, 1994). Pour s'assurer de son audibilité et de sa reconnaissance,

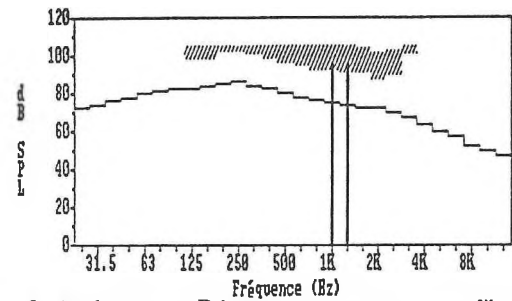


Figure 3. Analyse avec Détectson pour un groupe d'hommes de 55 ans atteints de surdité indemnisable et portant des bouchons EAR

il serait aussi intéressant de valider le signal retenu lorsqu'interfèrent différents bruits ambiants typiques des chantiers de construction. Enfin, les recommandations émises ci-haut peuvent servir de base à la révision de l'article 3.10.12 du Code de sécurité pour les travaux de construction (1994).

Remerciements:

Cette étude a été réalisée grâce à une subvention de recherche de l'IRSST octroyée à Chantal Laroche alors qu'elle était chez Sonométric Inc.

Références:

- CEI 804 (1985). Sonomètres intégrateurs-moyenneurs. Bureau Central de la Commission Électrotechnique International.
- Code de sécurité pour les travaux de construction (1994). S2.1, r.6, Gouvernement du Québec.
- ISO 7731 (1986). Danger signals for workplace- Auditory danger signals.
- LAROCHE, C., HÉTU, R & NICOLAS, J.(1990). Conception et validation d'un modèle informatisé de détection de signaux sonores de danger en milieux de travail bruyants. Rapport d'étape, Programme de recherche subventionnées, IRSST, RS-89-05, mars 1990.
- LAROCHE, C., L'ESPÉRANCE, A. & HÉTU, R. (1991a). Des alarmes de recul qui tuent! Travail et Santé, 7,9-13.
- LAROCHE, C., TRAN QUOC, H., HÉTU, R. & McDUFF, S. (1991b). "Detectsound": A computerized model for predicting the detectability of warning signal in noisy workplace. Applied Acoustics, 32, 193-214.
- LAROCHE, C., LEFEBVRE, L., ROSS, M.J. & LAROCQUE, R. (1993). Détermination des caractéristiques acoustiques optimales des alarmes de recul. Phase II: Mesures terrain et mise au point d'un modèle de propagation sonore. Rapport final, Programme de recherche subventionnée, IRSST, CR-92-05, mars 1993.
- LAROCHE, C. (1994). Review of the literature on sound source localization and applications to noisy workplace. Acoustique Canadienne, 22(4), 13-18.
- PATTERSON, R.D. (1982). Guidelines for auditory warning systems on civil aircraft. CAA Paper 82017, Civil Aviation Authority, London.
- ROSS, M.J., LAROCHE, C. & LAROCQUE, R. (1992). Détermination des caractéristiques optimales des alarmes de recul. Phase I: Inventaire des véhicules lourds, des réglementations et des normes relatives aux alarmes de recul. Commandite spéciale, IRSST.
- SAE J994b MAR85 (1985). Alarm-Backup-Electric-Performance, Test and Application.