ÉTUDE DE LA VALIDITÉ DES PRÉDICTIONS DES SEUILS DE DÉTECTION DE SONS PURS EN PRÉSENCE DE BRUITS QUELCONQUES AU MOYEN D'UNE MESURE SIMPLIFIÉE DES FILTRES AUDITIFS

H. TRAN QUOC et R. HÉTU

Groupe d'Acoustique de l'Université de Montréal, CP. 6128, Succ. A, Montréal, Québec H3C 3J7, Canada

Résumé - Inspiré de la méthode de mesure proposée par Patterson et Nimmo-Smith [J.Acoust.Soc.Am. 1980,67,229-245], le Groupe d'acoustique de l'université de Montréal a développé une procédure de mesure des filtres auditifs adaptée aux contraintes d'examen clinique. Afin d'en éprouver la validité, la prédiction des seuils de détection de sons purs en présence de différents bruits masquants de large bande de fréquences a été évaluée pour 8 auditeurs normaux. Les résultats montrent une bonne concordance entre seuils masqués prédits et mesurés. L'écart varie entre 0,5 et 4,0 dB selon le type de bruit et la fréquence du signal. Cet écart est essentiellement attribuable à la marge d'erreur de l'estimation mathématique du filtre auditif, laquelle est de l'ordre de 2.5 dB.

Abstract - Based on the method proposed by Patterson and Nimmo-Smith [J.Acoust.Soc.Am. 1980,67,229-245], the Groupe d'acoustique de l'université de Montréal has designed a procedure for measuring auditory filters which is adapted to clinical constraints. In order to test the validity of this procedure, the prediction of detection thresholds for pure tones in different background wide band noises has been assessed with 8 normal listeners. The findings show a good agreement between predicted and observed thresholds. The differences range from 0.5 to 4.0 dB depending on the type of noise and the signal frequency. This is essentially attributable to the margin of error of the mathematical estimation of the auditory filter, which is of the order of 2.5 dB.

1 - Introduction

Afin de permettre l'intégration au travail ou encore le maintien en l'emploi de personnes atteintes de déficiences auditives, il est nécessaire d'adapter les conditions d'utilisation des avertisseurs sonores de danger à leurs capacités auditives particulières. Pour ce faire, on doit disposer d'une mesure qui permet de prédire les capacités de détection de signaux sonores dans des conditions d'ambiances compatibles avec celles des milieux de travail industriels.

La prédiction des seuils de détection en présence de bruits quelconques est possible en mesurant la sélectivité fréquentielle du système auditif. Un analyse critique des méthodes de mesure de sélectivité fréquentielle [1] a montré que la mesure des filtres auditifs au moyen des bruits à échancrure constitue la méthode la plus valide et la plus précise en contexte de prédiction des capacités de détection d'un signal sonore dans le bruit. Cette méthode a été adaptée aux contraintes d'examen clinique [2]. La présente étude visait à en évaluer le pouvoir de prédiction des seuils de détection de sons purs dans différentes conditions de bruit.

2 - Fondements théoriques

Le seuil de détection peut être estimé en calculant le patron d'excitation. Ce dernier est défini comme étant la distribution, en fonction de la fréquence, de l'excitation engendrée par un signal au niveau de l'oreille interne. Le calcul du patron d'excitation serait possible sur la base des caractéristiques des filtres auditifs [3].

Celles-ci peuvent être déterminées à l'aide des expériences de masquage, en supposant que le seuil masqué d'un son pur, P_s , est directement proportionnel à la puissance du bruit masquant qui traverse le filtre auditif centré à la fréquence du son pur. Ce modèle théorique peut être représenté par l'équation suivante :

$$P_s = K \int_0^{\infty} W(f) N(f) df \quad (1)$$

Le calcul des caractéristiques des filtres auditifs a été réalisé en supposant qu'ils ont une forme correspondant à celle qui définie par l'équation suivante :

$$W(g) = (1-r)(1+pg)e^{-Pg+rg} \quad (2)$$

On considère qu'un signal peut être détecté lorsque son patron d'excitation dépasse celui du bruit masquant dans une bande critique [4].

3 - Méthodologie

Un groupe de 8 sujets normaux ont participé à tous les essais de cette étude. Leur âge variait entre 18 et 35 ans et leur seuils d'audition de 250 et 6000 Hz étaient inférieurs à 15 dB HL. L'étude comportait les 4 étapes suivantes :

a) Caractérisation des filtres auditifs en empruntant la méthode de mesure simplifiée : les filtres centrés à 250, 500, 1000, 2000, 3000 et 4000 Hz ont été mesurés. Le niveau de densité spectrale du bruit masquant a été fixé à 40 dB SPL.

b) Mesure des seuils d'audibilité de sons purs auprès de ces mêmes sujets en présence de trois bruits de large bande de fréquences de spectres différents (figure 1).

c) Prédiction des seuils de détection pour chaque sujet en calculant les patrons d'excitation d'après les caractéristiques des filtres auditifs obtenues à l'étape (a).

d) Comparaison entre valeurs prédites et mesurées.

Figure 1. Niveaux de pression acoustique par bande de tiers d'octaves des bruits de masque utilisés pour éprouver la validité des prédictions des seuils de détection dans des bruits de larges bandes de bandes de fréquence; **B.1:** spectre descendant; **B.2:** spectre ascendant et descendant; **B.3:** spectre ascendant.

4 - Résultats et discussions

Le tableau 1 reproduit les moyennes et les écarts-types des seuils d'audibilité de sons purs de six fréquences différentes en présence de trois types de bruit de masque. Tel que prévu, les seuils masqués sont plus élevés aux fréquences où le niveau de bruit culmine, alors qu'ils sont voisins des seuils absolus aux fréquences où le niveau de bruit est le plus faible.

Tableau 1 : Moyennes (et écarts-types) des seuils d'audibilité de sons purs mesurés à six fréquences en présence de trois types de bruit de masque (B1, B2 et B3 : figure 1).

	Fréquence du signal-Hz					
	250	500	1000	2000	3000	4000
B1	58.5(3.1)	60.4(1.4)	60.5(2.6)	52.7(2.2)	42.2(1.6)	36.0(2.5)
B2	31.2(2.5)	32.4(3.2)	50.4(1.9)	51.8(2.7)	41.3(1.5)	34.9(2.5)
B3	32.5(2.9)	31.7(2.7)	49.5(2.2)	61.5(2.1)	61.9(1.0)	64.7(2.2)

Le tableau 2 présente les moyennes et les écarts-types des différences entre les seuils d'audibilité des sons purs tel que mesurés et prédits. Une valeur négative indique que le seuil prédit est supérieur au seuil mesuré.

Tableau 2 : Moyennes (et écarts-types) des différences entre seuils d'audibilité de sons purs mesurés et prédits à six fréquences en présence de trois types de bruit de masque (B1, B2 et B3 : figure 1).

	Fréquence du signal-Hz					
	250	500	1000	2000	3000	4000
B1	-0.8(2.9)	-0.8(1.5)	-3.1(2.5)	-4.0(1.9)	-2.9(1.7)	-2.8(2.2)
B2	0.5(1.6)	2.2(2.6)	1.9(2.1)	-0.4(2.1)	-3.0(1.2)	-4.0(2.0)
B3	1.7(2.4)	1.9(2.4)	0.1(2.1)	-0.8(2.3)	-3.4(1.3)	-1.6(2.0)

Ces résultats indiquent, dans l'ensemble, une tendance à la sur-estimation de l'effet de masque par notre prédiction (12 conditions sur 18). Ces erreurs systématiques de sur-estimations étaient prévisibles puisque les influences d'au moins 3 facteurs convergeaient dans cette direction.

En effet, premièrement, la fonction exponentielle utilisée pour caractériser le filtre auditif est trop simple pour rendre compte de l'inflexion abrupte des seuils de détection dans la zone centrale du filtre.

Deuxièmement, le modèle théorique assume que le bruit de masque est stable. En réalité, celui-ci fluctue constamment à une fréquence donnée de telle sorte que le sujet peut détecter le son pur durant des passages du bruit par des minima dans la zone de masquage.

Troisièmement, notre procédure de mesure a été simplifiée comparativement à celle proposée originalement par Patterson et Nimmo-Smith. Cette simplification était nécessaire pour une utilisation efficace en clinique. La largeur de bande des filtres auditifs estimée à partir de notre mesure est toujours plus grande que celle estimée à partir de la procédure originale [4]. Ceci a pour conséquence de sur-estimer légèrement les seuils d'audibilité.

5 - Conclusion

L'écart entre seuils masqués prédits et mesurés sont relativement faibles. La précision des prédictions peut être augmentée en utilisant un modèle mathématique de filtre auditif plus puissant. Cependant, appliqué au problème de détection des avertisseurs sonores de danger, l'erreur de prédiction est dans le sens souhaité, i.e vers une sur-estimation de l'effet de masque. Ainsi, en estimant le niveau de détection d'un avertisseur sonore donné en présence d'un bruit masquant quelconque et en ajoutant une valeur +12 dB [5] au seuil prédit pour assurer la sollicitation de l'attention et la reconnaissance du signal, il est certain que celui sera audible pour l'individu visé.

REFERENCES

- [1] Tran Quoc, H. and Hétu, R., J.Speech-Language Pathol.Audiol.15,no 2(1991) 21.
- [2] Hétu, R. and Tran Quoc, H., (soumis pour publication).
- [3] Moore, C.J.B. and Glasberg, B.R., Hear. Res. 28(1987) 209.
- [4] Patterson, R.D and Nimmo-Smith, I., J.Acoust.Soc.Am. 67(1980) 229.
- [5] Wilkins, P. and Martin, A. Appl. Acoust. 21 (1987) 267.