

EFFET DU TYPE DE BRUIT ET DE LA SÉPARATION SPATIALE SUR LA RECONNAISSANCE DE LA PAROLE MESURÉE À L'AIDE DU HINT

Chantal Laroche, Véronique Vaillancourt, Victoria Milloy, Christian Giguère, Jean-Grégoire Roveda

Programme d'audiologie et d'orthophonie, École des sciences de la réadaptation,

Université d'Ottawa, 451, chemin Smyth, Ottawa, Ontario K1H 8M5

E-mail: claroche@uottawa.ca

RÉSUMÉ

La perception de la parole dans le bruit est l'une des tâches auditives les plus importantes pour assurer une communication efficace dans la vie de tous les jours. Plusieurs tests cliniques ont été développés pour quantifier les difficultés de perception de la parole dans un bruit continu. Il est toutefois bien reconnu que les bruits rencontrés dans la vie de tous les jours sont davantage fluctuants et que les périodes moins intenses de bruit permettent à l'auditeur de mieux capter certaines parties du message verbal. Le présent projet a comme objectif d'évaluer la performance de jeunes adultes avec audition normale au HINT, sous écouteurs et en champ libre, en utilisant une version modifiée du bruit standard continu en y insérant un taux d'intermittence de 16 Hz. Des données normatives ont été établies avec ce bruit modifié pour les trois conditions de bruit du HINT, soit Bruit Avant, Bruit Droit et Bruit Gauche. Lorsque comparés aux normes avec le bruit continu, les seuils de réception de la parole s'améliorent de 13 dB et 10 dB sous écouteurs et de 9 dB et 6 dB en champ libre lorsque le bruit est positionné en frontal et sur le côté, respectivement. L'avantage binaural (différence de seuils entre bruit frontal et bruit côté) sous écouteurs est d'environ 8-9 dB et 5 dB pour le bruit continu et intermittent, respectivement, et de 6-7 dB et 3-4 dB en champ libre pour le bruit continu et intermittent, respectivement. Les données normatives maintenant disponibles pour un bruit intermittent de 16 Hz permettront d'ajouter au HINT clinique au moins une condition de bruit non-continu afin de mieux documenter la capacité des individus, particulièrement ceux avec perte auditive, à prendre avantage des périodes de « silence » pour reconnaître la parole.

ABSTRACT

Speech perception in noise is one of the most important tasks for proper communication in everyday listening situations. Multiple clinical tests have been developed to quantify difficulties understanding speech in continuous noise. However, it is now well recognized that everyday noises are fluctuating in nature, and that segments with lower noise levels allow listeners to more easily capture speech elements. The objective of the current study is to evaluate the performance of young adults with normal hearing on the HINT, under headphones and in the sound field, using a modified 16-Hz interrupted version of the standard continuous noise. Normative data for the new intermittent noise was established in each of the three HINT noise conditions: Noise Front, Noise Right and Noise Left. When compared to performance with continuous noise, threshold improvements of 13 dB and 10 dB under headphones and of 9 dB and 6 dB in the sound field are noted in the Noise Front and Noise Side conditions, respectively. The binaural advantage (the threshold difference between the Noise Front and the Noise Side conditions) under headphones was approximately 8-9 dB and 5 dB for the continuous and intermittent noises, respectively, and 6-7 dB and 3-4 dB in the sound field for continuous and intermittent noises, respectively. Now that normative data is available for the modified 16-Hz intermittent noise, it could be useful to add at least one testing condition of intermittent noise to the clinical HINT. Such further testing would allow documentation of one's ability to take advantage of "dips" in noise to increase speech recognition, particularly in individuals with hearing loss.

1. INTRODUCTION

La perception de la parole dans le bruit est l'une des tâches auditives les plus importantes pour assurer une communication efficace dans la vie de tous les jours. Or, la plainte la plus fréquente des personnes avec perte auditive consiste en des difficultés de compréhension la parole dans des milieux bruyants (Wilson et coll., 2010; Moore et Gordon-Hickey, 2011). Malgré la nature de ces plaintes, l'audiométrie tonale et le seuil de réception de la parole dans le silence demeurent les outils les plus fréquemment utilisés par les cliniciens en audiologie pour quantifier les difficultés auditives. C'est d'ailleurs sur de tels résultats cliniques que les décisions en matière d'amplification sont souvent prises. Une étude menée par Mueller (2001) a démontré que 92% des cliniciens utilisaient le seuil de réception de la parole dans le silence en plus de l'audiométrie tonale, alors que 35% des cliniciens utilisaient des monosyllabiques dans le bruit et que seulement 6% des cliniciens évaluaient la perception de la parole dans le bruit à l'aide de phrases. Pourtant, il est de plus en plus reconnu que les deux premières mesures ne sont pas de bons prédicteurs des problèmes de communication dans le bruit (Killion et Niquette, 2000; Laroche et coll., 2005).

Plusieurs tests ont été développés pour quantifier les difficultés de perception de la parole dans le bruit, incluant le Connected Speech test (Cox et coll., 1987), le Speech Perception In Noise Test (Kalikow et coll., 1977; Bilger et coll., 1984), le Quick Speech-in-Noise Test (Killion et coll., 2004), le Test de phrases dans le bruit (Lagacé et coll., 2010) ainsi que le Hearing in Noise Test (HINT) (Soli et Wong, 2008). Les quatre premiers tests rapportent les résultats en pourcentage d'intelligibilité de la parole et utilisent des niveaux fixes de parole ou de bruit. Ils peuvent être ainsi limités par les effets de plafond et de plancher. Le HINT utilise une approche différente en déterminant, à l'aide d'une méthode adaptative, un seuil de réception de la parole (phrases) (SRP) dans le silence et dans différentes conditions de bruit. Les résultats sont donc exprimés en dBA (silence) ou en rapport signal-bruit (S/B). Un avantage du SRP comparativement au pourcentage d'identification de la parole est qu'une méthode identique est utilisée indépendamment du statut auditif (nul besoin d'ajuster le niveau de présentation des stimuli en fonction du degré de la perte auditive). L'approche est aussi facile à utiliser et élimine à la fois les effets de plafond/plancher et le besoin de calculer des pourcentages de mots/phrases correctement identifiés.

En utilisant le protocole standard du HINT, une liste de 20 phrases est utilisée pour mesurer un SRP dans chacune des 4 conditions du test, soit: 1) Silence (phrases présentées de l'avant), 2) Bruit Avant (phrases et bruit de l'avant), 3) Bruit Gauche (phrases de l'avant et bruit du côté gauche), et 4) Bruit Droit (phrases de l'avant et bruit de la droite). Le score composite $[(2*BA) + BG + BD]/4$ permet de quantifier de façon globale la performance

d'écoute dans le bruit chez un individu. Le HINT permet également d'étudier l'effet de la séparation spatiale des sources de parole et de bruit, et donc de documenter la contribution du démasquage binaural. Il s'agit de la différence entre le SRP mesuré dans la condition Bruit Avant et celui mesuré dans les conditions de bruit provenant des côtés.

Des données normatives ont été établies pour le HINT clinique dans plusieurs langues (Soli et Wong, 2008), incluant le HINT en français canadien. L'écart par rapport aux données normatives permet de quantifier les difficultés de perception de la parole dans le bruit chez un individu en particulier. Cet écart est souvent nommé « perte en rapport S/B » ou « SNR loss » en anglais (Killion et Niquette, 2000). Si cette perte s'élève à 4 dB, par exemple, cela indique que cet individu nécessite 4 dB de plus en rapport S/B pour atteindre le même niveau de performance que la moyenne des individus avec audition normale. Les résultats au HINT peuvent d'ailleurs guider les cliniciens dans l'établissement d'un plan de réadaptation qui adresse plus spécifiquement les besoins et les difficultés de la personne. La perte en rapport S/B est par ailleurs un paramètre très utile pour établir des attentes réalistes lors du counseling.

Tous les tests cités précédemment sont réalisés avec des bruits continus à spectre de la parole ou du bruit de verbiage (« babble noise »). Les caractéristiques du bruit utilisé peuvent toutefois fortement influencer les SRPs. Il est par ailleurs bien reconnu que les bruits rencontrés dans la vie de tous les jours sont davantage fluctuants et que les périodes moins intenses dans le bruit permettent à l'auditeur de mieux capter certaines parties du message verbal, parfois suffisamment pour décoder le message dans son entier. Chez des auditeurs normaux, la compréhension de la parole est supérieure dans des bruits avec fluctuations temporelles que dans des bruits continus (Miller, 1947; Miller et Licklider, 1950; Wilson et Carhart, 1969; Duquesnoy, 1983; Festen et Plomp, 1990; Takahashi et Bacon, 1992; Howard-Jones et Rosen, 1993; Baer et Moore, 1994; Gustafsson et Arlinger, 1994; Peter et coll., 1998; Moore et coll., 1999; Cooke, 2006; Füllgrabe et coll., 2006; Rhebergen et coll., 2006).

Cette capacité à écouter dans les « trous » ou à capter une certaine partie de l'information dans les segments plus faibles du bruit ambiant, se traduisant par une amélioration de la perception de la parole dans le bruit, se nomme démasquage. Comparativement au bruit continu, on note une amélioration du SRP d'environ 6-10 dB chez des auditeurs normaux dans les bruits avec fluctuations temporelles, une valeur qui dépend fortement des conditions expérimentales et qui peut excéder 20 dB dans certains cas (Wilson et Carhart, 1969; Festen et Plomp, 1990; George et coll., 2006; Rhebergen et coll., 2006).

Quoiqu'il soit reconnu qu'une perte auditive neurosensorielle puisse nuire à la perception de la parole dans le bruit, la différence de performance entre les auditeurs normaux et ceux avec perte auditive semble

d'autant plus accrue pour les bruits intermittents comparativement aux bruits continus. En effet, les gens avec perte neurosensorielle semblent moins aptes à prendre avantage des moments de silence dans le bruit et démontrent ainsi un démasquage réduit comparativement à leurs pairs avec audition normale (Wilson et Carhart, 1969; Festen et Plomp, 1990; Takahashi et Bacon, 1992; Gustafsson et Arlinger, 1994; Eisenberg et coll., 1995; Moore et coll., 1995; Bacon et coll., 1998; Peters et coll., 1998; Dubno et coll., 2003; George et coll., 2006; Jin et Nelson, 2006; Lorenzi et coll., 2006b; Bernstein et Grant, 2009; Strelcyk et Dau, 2009), même lorsque la perte est légère ou limitée aux hautes fréquences (Middelweerd et coll., 1990; Takahashi et Bacon, 1992). Un démasquage réduit est également noté, du moins en partie, chez des individus avec perte auditive lorsque les sons présents dans les segments moins intenses de bruit sont amplifiés à des niveaux supra-seuils (Peters et coll., 1998; Moore et coll., 1999) ou quand l'audibilité du signal est assurée (Takahashi et Bacon, 1992; Eisenberg et coll., 1995; Bacon et coll., 1998).

Comparativement à la performance dans un bruit continu, Wilson et Carhart (1969) ont démontré une amélioration du SRP pour des spondées présentés dans un bruit intermittent (un bruit continu multiplié par une onde carrée) pouvant atteindre 28 dB chez des auditeurs normaux et 11 dB chez des individus avec perte auditive neurosensorielle (otosclérose cochléaire; SRP-silence < 60 dB SPL). Des études récentes menées par le même groupe de recherche (Wilson et coll., 2010) avec des taux d'interruption de 5, 10 et 20 Hz ont démontré un démasquage pouvant atteindre 34 dB chez des individus avec audition normale comparativement à seulement 2.1-2.4 dB pour des auditeurs avec une perte auditive.

Des facteurs autres que la perte auditive peuvent également influencer l'ampleur du démasquage, soit le matériel utilisé (spondées, phrases, chiffres), l'âge (Dubno et coll., 2003; George et coll., 2006), le rapport signal-sur-bruit (RSB), le seuil de réception de la parole dans un bruit continu, et les caractéristiques du bruit masquant telles que son enveloppe temporelle, le taux de fluctuation et la profondeur des fluctuations. La quantité de démasquage est directement proportionnelle à la profondeur des fluctuations (Miller et Licklider, 1950; Wilson et Carhart, 1969; Bronkhorst et Plomp, 1992; Howard-Jones et Rosen, 1993; Gustafsson et Arlinger, 1994; Cooke, 2003, 2006; Simpson et Cooke, 2005; George et coll., 2006; Cooke, 2006; Gnansia et coll., 2008) et est supérieure pour les bruits masquant dont l'enveloppe temporelle contient des chutes importantes dans le niveau sonore, tels que pour les ondes carrées (Bacon et coll., 1998; Rhebergen et coll., 2006). De plus, les taux de modulation faibles génèrent un démasquage plus important (Miller et Licklider, 1950; Bacon et coll., 1998; Howard-Jones et Rosen, 1993; Gustafsson et Arlinger, 1994; Kwon et Turner, 2001; Buss et coll., 2003; Nelson et coll., 2003; Füllgrabe et coll., 2006; Lorenzi et coll., 2006a; Rhebergen et coll., 2006), la

grandeur de l'effet étant sous l'influence du matériel vocal et des conditions expérimentales. Finalement, l'ampleur du démasquage varie avec le RSB et semble dépendre, du moins en partie, du SRP dans un bruit continu, avec un démasquage nul ou faible observé chez les individus qui ont un SRP élevé (Bernstein et Grant, 2009; Oxenham et Simonson, 2009; Bernstein et Brungart, 2011; Freyman et coll., 2012; Christiansen et Dau, 2012).

Miller et Licklider (1950) ont mesuré le taux d'identification de monosyllabes dans divers bruits intermittents auprès d'une population avec audition normale. Ils ont noté une amélioration de la perception de la parole dans des bruits dont le taux de modulation variait de 0.1 à 10 kHz par rapport à un bruit continu. Les performances s'amélioraient avec une diminution du taux de modulation. Pour des taux supérieurs à 200 Hz, aucune amélioration significative attribuable aux fluctuations n'a été notée. Smits et Houtgast (2007) ont mesuré le SRP pour une série de chiffres présentés dans un bruit continu et deux bruits intermittents (16 Hz et 32 Hz), et ont démontré que le bruit de 16 Hz était plus discriminatoire pour distinguer les auditeurs avec perte auditive de ceux avec une audition normale. Il semble donc qu'un bruit intermittent de 16 Hz soit un choix de stimulus adéquat pour séparer, dans un contexte clinique, les deux populations sur la base d'une mesure du SRP. Par ailleurs, Smits et coll. (2004) ont trouvé une corrélation de 0.87 entre la performance avec le matériel utilisé (séquence de 3 chiffres) et celle obtenue avec un test de perception de phrases. Il n'en demeure pas moins que les phrases sont plus représentatives des situations de communication rencontrées au quotidien que les mots isolés, les spondées ou les chiffres. En 2006, Rhebergen et coll. ont obtenu un démasquage de l'ordre de 10 dB chez des individus avec audition normale lors de la présentation de phrases dans un bruit intermittent de 16 Hz. Ils n'ont toutefois pas effectué de mesures chez des auditeurs avec une perte auditive.

Les résultats de quelques études additionnelles ayant utilisé des phrases et une méthode adaptative pour mesurer le SRP sont présentées sommairement au tableau 1. Les trois premières études ont utilisé le matériel vocal du HINT en anglais américain (Nilsson et al. 1994). Dans tous les cas répertoriés au tableau 1, le SRP mesuré dans un bruit continu de spectre de parole (BSP) est comparé à celui obtenu dans un bruit avec fluctuations temporelles pour obtenir la grandeur du démasquage. L'ampleur du démasquage varie de 4 à 15 dB chez les individus avec audition normale comparativement à seulement 1 à 5 dB chez des auditeurs avec une perte auditive, et dépend des conditions expérimentales à l'étude. Tel que noté dans la dernière colonne du tableau, le bruit fluctuant permet une différenciation plus importante des deux populations à l'étude (audition normale et perte auditive) que le bruit continu. Il semble donc que la perception de la parole dans un bruit fluctuant soit une mesure plus sensible pour distinguer les individus avec perte auditive de ceux dont l'audition est normale.

Quoiqu'un démasquage réduit chez les individus avec perte auditive comparativement à ceux avec audition normale soit clairement documenté dans la littérature, son explication demeure incertaine (Bernstein et Grant, 2009; Hopkins et Moore, 2009; Freyman et coll., 2012; Kwon et coll., 2012) et plusieurs mécanismes ont été proposés, incluant: 1) une audibilité réduite de la parole dans les segments plus faibles du bruit, 2) une résolution spectrale réduite, 3) une résolution temporelle réduite ou un masquage temporel plus important, 4) des caractéristiques compressives réduites au niveau périphérique, 5) une différence dans le RSB pour atteindre le SRP dans un bruit continu, et plus récemment 6) des capacités de résolution temporelle fine réduites (« reduced temporal fine structure processing »).

Comme il est reconnu que la différence entre les auditeurs normaux et ceux avec perte auditive s'accroît en présence d'un bruit intermittent comparativement à un bruit continu, il serait primordial de documenter cette

capacité d'écoute lors des mesures de perception de la parole dans le bruit. Un bruit intermittent dont le spectre est identique au bruit standard continu du protocole clinique du HINT permettra de documenter les différences entre ces deux populations et d'étudier l'effet du type de bruit en interaction avec la séparation spatiale. La plupart des études sur l'effet du taux d'intermittence du bruit sur la perception de la parole ont utilisé une présentation monaurale ou diotique sous écouteurs, ne permettant pas de documenter du même coup l'avantage fourni par la séparation spatiale de la parole et du bruit. Un bruit intermittent avec un taux d'interruption de 16 Hz est proposé, basé sur les travaux de Smits et Houtgast (2007) et Rhebergen et coll. (2006) dans lesquelles les stimuli de parole étaient des séries de chiffres ou des phrases, plutôt que des mots isolés. Les résultats cliniques issus d'un tel ajout permettront de documenter les capacités d'écoute des individus dans divers bruits et de mieux séparer les individus avec perte auditive entre eux ainsi que des auditeurs avec audition normale.

Tableau 1 : Quantité de démasquage rapporté dans quelques études (BSP: Bruit continu de spectre de parole; DM: démasquage; AN: auditeurs normaux; PA: auditeurs avec perte auditive).

Étude	Bruit intermittent ou fluctuant	Niveaux de présentation	DM moyen (dB)	Différence moyenne dans le SRP des AN et PA (dB)
Bacon et coll. 1998	BSP multiplié par une onde carrée de 10 Hz	70 dBSPL	AN: 15 PA: 5 (étendue: 1-11)	BSP: 4 Bruit intermittent: 13
Peters et coll. 1998	BSP multiplié par les variations contenues dans l'enveloppe temporelle d'un interlocuteur	65 dBSPL	AN: 6.2 (jeunes); 4.3-4.7 (plus âgés) PA: 1-3	BSP: 2.4-6.3 pour PA jeunes et âgés comparativement aux jeunes AN Bruit fluctuant: 5.9-11.5 pour PA jeunes et âgés comparativement aux jeunes AN
Desloge et coll. 2010	BSP multiplié par une onde carrée de 10 Hz	65 et 80 dBSPL	AN: 9 et 14 (65 et 80 dBSPL) PA: jusqu'à 5 et 5.3 (65 et 80 dBSPL)	Données fournies non suffisantes pour effectuer le calcul
Hall et coll. 2012	BSP multiplié par une onde sinusoïdale de 10 Hz	86 dBA	AN: 4.9 PA: 1.2	BSP: 2.6 Bruit intermittent: 6.3
Bernstein et Grant, 2009	BSP multiplié par les variations contenues dans l'enveloppe temporelle d'un interlocuteur	Parole à 57 dBSPL (AN) ou à 87 dBSPL (PA)	AN: 6 PA: -1	BSP: 6 Bruit fluctuant: 13
Francart et coll. 2011	ICRA5-250 (variations contenues dans l'enveloppe temporelle d'un interlocuteur)	60 dBA	AN: 4.3-7.6 PA: 1.2-2.1	Données fournies non suffisantes pour effectuer le calcul
Strelyk et Dau, 2009	BSP multiplié par une onde sinusoïdale de 8 Hz	65 dB SPL	AN: 10.8 PA: 5	BSP: 4 Bruit intermittent: 10
Wagener et Brand, 2005	ICRA5 (variations contenues dans l'enveloppe temporelle d'un interlocuteur)	Divers	AN: 14.2-15.4 PA: 4.7-5	BSP: 2.9-4.4 Bruit fluctuant: 13.6

Une connaissance des capacités d'écoute d'un individu dans divers bruits comparativement à celle d'auditeurs normaux permet non seulement de guider les efforts de réadaptation, mais aussi d'instaurer des attentes réalistes. Aux fins d'évaluations audiologiques cliniques, des normes doivent d'abord être établies auprès de jeunes adultes avec audition normale. Le protocole clinique du HINT est normalement mené sous écouteurs, mais dans les cas où les personnes avec perte auditive portent des prothèses auditives, il peut être intéressant d'évaluer si celles-ci améliorent la perception de la parole dans les deux types de bruit, i.e. continu et intermittent. Comme le port de prothèses auditives est incompatible avec les écouteurs et que les données normatives sont différentes en champ libre, les mesures seront donc aussi effectuées en présence de 2 haut-parleurs disposés dans une cabine audiométrique, selon le protocole clinique associé au HINT, afin d'établir des données normatives utilisables avec les porteurs de prothèses auditives.

Le présent projet a donc comme objectif principal d'évaluer la performance de jeunes adultes avec audition normale aux différentes configurations spatiales du HINT, en utilisant le bruit standard modifié pour y inclure un taux d'intermittence de 16 Hz. Une première expérimentation permettra d'établir les normes sous écouteurs alors qu'une deuxième portera sur les normes en champ libre. Les données normatives seront établies avec le bruit modifié pour les trois conditions spatiales de bruit du HINT (bruit avant, bruit droit et bruit gauche).

2. PARTICIPANTS

Au total, 48 jeunes adultes avec audition normale ont participé à l'étude, soit 24 participants âgés entre 18 et 30 ans (moyenne = 24 ans; écart-type = 3.0 ans) pour la première expérimentation sous écouteurs et 24 participants âgés entre 18 et 35 ans (moyenne = 26 ans; écart-type = 3.6 ans) pour la deuxième expérimentation en champ libre. Tous rencontraient les critères d'inclusion suivants: 1) avoir comme langue maternelle et utiliser au quotidien le français canadien, 2) seuils auditifs ≤ 15 dB HL de 250 à 8000 Hz, 3) absence d'asymétrie entre les deux oreilles (définie comme une différence de seuils de 15 dB ou plus à trois fréquences ou une différence de 25 dB ou plus à une fréquence), 4) aucune différence plus grande que 20 dB dans les seuils aux fréquences voisines pour une même oreille, 5) résultats normaux à l'otoscopie et à la tympanométrie (tympanogramme de type A; compliance entre 0.3 et 1.7 cm^3 , pression entre -150 et +50 daPa et un volume du conduit auditif entre 0.6 et 2.6 cm^3) (Martin et Clark, 2003) et 6) histoire otologique négative (à l'exception de tubes de ventilation et infections d'oreille durant l'enfance). Des participants peu familiers avec des tests de perception de la parole dans le bruit ont été recrutés dans le milieu universitaire par l'entremise d'affiches de recrutement. Le projet a reçu l'approbation du comité

d'éthique de l'Université d'Ottawa.

3. PROCÉDURES

3.1 Dépistage audiométrique

En utilisant la méthode Hughston-Westlake (Hall et Mueller, 1997), les seuils auditifs ont été mesurés à l'aide d'un audiomètre portatif (InterAcoustics AC40) et des écouteurs TDH-39P, dans une cabine insonorisée IAC. L'intégrité de l'oreille externe et de l'oreille moyenne a été évaluée à l'aide d'un otoscope (WelshAllyn) et d'un tympanomètre (InterAcoustics GSI 38). Avant de participer à l'étude, les participants devaient lire une lettre d'information décrivant le projet, signer un formulaire de consentement et remplir un questionnaire d'histoire auditive.

3.2 Hearing in Noise Test (HINT)

Le HINT (installé sur un ordinateur IBM Pentium III couplé à la boîte HTD du HINT) a été administré dans une cabine insonorisée IAC, sous écouteurs (TDH-39P), et par l'entremise de deux haut-parleurs (FOSTEX PM0.5 MKII). Le système a été calibré selon les directives du fabricant à l'aide d'une oreille artificielle 6 cm^3 (Brüel et Kjaer Type 4152), d'un microphone de 1 po (Brüel et Kjaer Type 4144) et d'un sonomètre (Brüel et Kjaer Type 2235).

La version du HINT pour adultes francophones canadiens (Vaillancourt et coll., 2005) a été utilisée dans cette étude. Les 12 listes du test ont été utilisées afin de documenter les performances avec le bruit continu standard et avec le bruit modifié (intermittence de 16 Hz), selon le protocole suivant: 1) silence (2 listes), 2) bruit standard – continu: bruit avant (3 listes), bruit droit (1 liste), bruit gauche (1 liste) et 3) bruit modifié – intermittent: bruit avant (3 listes), bruit droit (1 liste), bruit gauche (1 liste). Les répétitions dans la condition de bruit avant ont permis de documenter la variabilité intra-individuelle. L'évaluation débutait toujours par une liste de pratique, suivie des 2 listes dans le silence. Par la suite, les participants ont été évalués dans le bruit continu ou le bruit intermittent en premier, ou vice-versa. L'ordre de présentation des conditions et des listes a été contrebalancé entre les participants. Le protocole et les paramètres standards du HINT ont été utilisés pour administrer le test.

Tel que spécifié plus haut, le bruit standard continu du HINT correspond au spectre moyen long terme de l'ensemble des 240 phrases qui composent le test. A l'aide du logiciel MatLab, ce bruit continu a été modifié en le multipliant par une onde carrée de 16 Hz, afin de générer un bruit intermittent. Afin de passer d'un bruit à l'autre lors de l'évaluation, les fichiers sonores des bruits continu et intermittent ont été interchangés.

dans le dossier contenant les stimuli du test HINT. Lors des tests, les deux bruits ont été présentés à un niveau sonore à long terme de 65 dBA, alors que le niveau des phrases variait selon une méthode adaptative pour atteindre le SRP. En somme, les deux bruits ont un même spectre et niveau sonore à long terme, seul le décours temporel de l'enveloppe énergétique du signal est différent.

Les mêmes protocoles ont été utilisés dans les deux expérimentations sous écouteurs et en champ libre. Seule la méthode de présentation des stimuli aux participants a été différente. Dans la première expérimentation sous écouteurs, les signaux de parole et du bruit ont été filtrés par les fonctions de transfert azimutales du mannequin acoustique KEMAR (www.gras.dk) afin de produire des stimuli aux oreilles gauche et droite simulant une source virtuelle toujours vers l'avant pour la parole et une source virtuelle soit vers l'avant, le côté gauche ou le côté droit pour le bruit. Dans la deuxième expérimentation en champ libre, les signaux de parole et du bruit ont été transmis par l'entremise de deux haut-parleurs placés à 1 mètre du centre de la tête du participant, séparés par un angle de 90 degrés pour produire les mêmes configurations spatiales que pour la première expérimentation. Les stimuli en champ libre ont préalablement été filtrés pour réduire les effets spectraux dus à la réponse de la salle (p. ex. réflexions sonores) et des haut-parleurs. Les procédures ci-dessus sont conformes au protocole expérimental du HINT et décrites en plus de détail dans Soli et Wong (2008) et dans Vaillancourt et coll. (2005).

Finalement, puisque l'évaluation en champ libre est sensible aux mouvements de la tête, les participants ont été avisés de garder leur tête droite et de ne pas déplacer leur corps vers l'avant.

4. RÉSULTATS

Les performances moyennes et les écart-types sont présentées au tableau 2 pour chacun des 2 types de bruit dans les 3 conditions de bruit du HINT. On remarque que les résultats pour les trois essais de la condition de bruit avant sont relativement stables, qu'il y a une amélioration du seuil lorsque le bruit est déplacé de l'avant vers le côté gauche ou droit ainsi qu'une amélioration du seuil lorsque le bruit est intermittent plutôt que continu. La différence entre les 2 types de bruit pour chacune des conditions apparaît à la dernière colonne. Sous écouteurs, on note que l'intermittence produit une amélioration du seuil de l'ordre de 13 à 14 dB pour la condition bruit avant et d'environ 10 dB pour les conditions bruit côté. En champ libre, l'amélioration est moindre, soit d'environ 9 dB pour la condition bruit avant et 6 dB pour les conditions bruit côté.

La fiabilité test-retest des seuils obtenus peut être quantifiée en calculant l'écart-type intra-sujet pour les conditions du test qui ont été administrées à plusieurs

reprises, soit bruit avant continu et intermittent. Des écart-types intra-sujets de 1.1 dB et 2.0 dB ont été calculés pour le bruit continu et le bruit intermittent, respectivement, pour l'expérimentation sous écouteurs. En champ libre, les écart-types intra-sujets s'élèvent à 1.0 et 1.5 dB pour le bruit continu et le bruit intermittent, respectivement. Ainsi, dans les deux expérimentations, l'écart-type intra-sujet est plus élevé en présence du bruit intermittent.

Tableau 2 : SRP moyen et écart-type pour le test HINT avec bruit continu et intermittent chez 24 jeunes adultes francophones avec audition normale.

Expérimentation 1 - écouteurs			
Condition de bruit	Continu – Moyenne en dB S/B (écart- type)	Intermittent – Moyenne en dB S/B (écart- type)	Différence en dB (continu – intermittent)
Avant 1	-3.1 (1.4)	-16.3 (3.0)	13.2
Avant 2	-3.0 (1.3)	-16.9 (3.1)	13.9
Avant 3	-3.0 (1.0)	-17.3 (2.8)	14.3
Gauche	-11.6 (1.4)	-21.1 (2.9)	9.5
Droit	-11.4 (1.9)	-21.8 (2.1)	10.4
Expérimentation 2 – champ libre			
Condition de bruit	Continu – Moyenne en dB S/B (écart- type)	Intermittent – Moyenne en dB S/B (écart- type)	Différence en dB (continu – intermittent)
Avant 1	-2.9 (1.3)	-11.4 (1.7)	8.5
Avant 2	-3.3 (0.9)	-11.7 (1.3)	8.4
Avant 3	-3.3 (0.6)	-12.2 (1.6)	8.9
Gauche	-8.6 (1.3)	-14.4 (2.3)	5.8
Droit	-9.4 (1.5)	-15.5 (2.0)	6.1

5. DISCUSSION

5.1 Comparaison des données normatives

Les performances au HINT avec bruit continu (bruit standard du test) obtenues sous écouteurs peuvent être comparées avec les données normatives du test publiées par Vaillancourt et coll. (2005), afin de vérifier la fiabilité des données expérimentales. Dans l'étude de Vaillancourt et coll. (2005), un protocole similaire avait été utilisé pour établir des données normatives sous écouteurs auprès de 36 jeunes (18-45 ans) canadiens francophones avec audition normale. Une telle comparaison, effectuée au tableau 3, témoigne de la similarité des deux séries de données. Pour toutes les conditions de bruit (bruit avant, droit et gauche) ainsi que pour le score composite [moyenne pondérée des 3 conditions de bruit selon la formule suivante: (2 x bruit

avant + bruit gauche + bruit droit)/4], on note des valeurs moyennes similaires aux données normatives, quoique les écarts-types soient légèrement supérieurs.

Tableau 3 : SRP moyen et écart-type pour le test HINT avec bruit continu (standard) sous écouteurs chez 24 jeunes adultes francophones avec audition normale et aux données normatives établies par Vaillancourt et coll. (2005)

Condition de bruit	Moyenne en dB S/B (écart-type)	
	Bruit continu (présente étude)	Vaillancourt et coll. 2005
Avant	-3.1 (1.4)	-3.0 (1.1)
Gauche	-11.6 (1.4)	-11.4 (1.2)
Droit	-11.4 (1.9)	-11.5 (1.1)
Score composite	-7.2 (1.0)	-7.2 (0.8)

Une comparaison des données de la présente étude obtenues avec les deux méthodes de présentation des stimuli (tableau 4) témoigne de meilleurs résultats (seuils plus faibles) sous écouteurs, dans toutes les conditions du HINT. De telles différences sont en partie attribuables aux effets de la salle (p. ex. réflexions) qui affectent les mesures en champ libre et qui ne sont que partiellement éliminés par la méthode d'égalisation spectrale du HINT (Soli et Wong, 2008). On remarque que la différence entre les deux méthodes de présentation est plus prononcée pour le bruit intermittent que pour le bruit continu, un effet qui semble être lié à un moindre avantage de l'intermittence du bruit en champ libre que sous écouteurs (Section 5.4). Finalement, il est aussi à noter au tableau 3 que la différence entre les résultats sous écouteurs et en champ libre est légèrement plus prononcée dans les conditions de bruit côté que pour la condition de bruit avant, et ce pour les deux types de bruit. Ce phénomène est généralement observé avec le HINT, les fonctions de transfert du mannequin KEMAR utilisées pour traiter les stimuli sous écouteurs produisant un démasquage binaural virtuel souvent égal ou supérieur au démasquage binaural avec des sources physiques en champ libre (Soli et Wong, 2008). Tel qu'observée dans la présente étude, cette différence en démasquage binaural entre les conditions sous écouteurs et en champ libre est davantage marquée dans le cas du bruit intermittent que dans le cas du bruit continu. Il est fort possible que les réflexions sonores résiduelles dans la salle dégradent davantage le démasquage binaural en bruit intermittent qu'en bruit continu, étant donné qu'elles affecteront davantage les pauses sonores nécessaires à la reconnaissance de la parole en condition de bruit intermittent.

Tableau 4 : SRP moyen pour le test HINT sous écouteurs et en champ libre avec bruit continu (standard) et bruit intermittent chez 24 jeunes adultes francophones avec audition normale

Type de Bruit	Condition	Moyenne en dB S/B		Différence en dB
		Sous écouteurs	En champ libre	
Continu	Avant	-3.1	-2.9	0.2
	Gauche	-11.6	-8.6	3.0
	Droit	-11.4	-9.4	2.0
Intermittent	Avant	-16.3	-11.4	4.9
	Gauche	-21.1	-14.4	6.7
	Droit	-21.8	-15.5	6.3

5.2 Écart-type intra-sujet

Puisque la condition bruit avant a été répétée à trois reprises avec les deux types de bruit, on a pu calculer la fiabilité test-retest ou l'écart-type intra-sujet. Sous écouteurs, la valeur de 2 dB obtenue pour le bruit intermittent est presque deux fois plus élevée que celle pour le bruit continu standard (1.1 dB). Cette dernière valeur est identique à celle obtenue lors de la publication des données normatives (Vaillancourt et coll. 2005). En champ libre, une plus grande valeur d'écart-type intra-sujets est également obtenue pour le bruit intermittent (1.5 dB) que pour le bruit continu (1.0 dB). Il semblerait donc que la mesure avec un bruit intermittent est plus variable que celle effectuée avec le bruit standard, une observation également documentée à plusieurs reprises (p. ex. Rhebergen et coll., 2008; Rhebergen et coll., 2006; Festen et Plomb, 1990; de Laat et Plomb, 1983; Middelweerd et coll., 1990; Versfeld et Dreschler, 2002; Peter et coll., 1998; Rhebergen and Versfeld, 2005).

5.3 Effet d'apprentissage

Pour la condition de bruit intermittent avant, on peut noter au tableau 1 une tendance à une légère amélioration du seuil pour chaque liste présentée (pour un total de trois listes). Un effet d'apprentissage semble donc être présent lorsqu'un bruit intermittent est utilisé. Une telle amélioration, à la suite de la répétition du test, n'est cependant pas retrouvée pour le bruit standard continu (voir tableau 1). Ce phénomène est comparable à celui mis en évidence par Rhebergen et coll. (2008), à savoir que le seuil s'améliore avec chaque liste subséquente pour se stabiliser après l'administration de 2-3 listes. Une telle amélioration des seuils peut atteindre 0.9 dB selon Rhebergen et coll. (2006) pour un bruit intermittent mais non pour un bruit continu. Les auteurs ont tenté de relier cette amélioration à un besoin d'entraînement pour maximiser la performance en

présence des périodes de silence dans le bruit intermittent. Une amélioration moyenne du même ordre de grandeur, soit 1.0 dB sous écouteurs et 0.8 dB en champ libre, a été observée dans la présente étude pour le bruit intermittent mais pas pour le bruit continu. Cet effet d'apprentissage est toutefois inférieur à l'écart-type intra-sujet (2 dB sous écouteurs et 1.5 dB en champ libre) établi pour cette condition (test-retest) avec le bruit intermittent et ne cause donc pas de problème particulier en pratique clinique.

5.4 Effet du type de bruit

L'étude de Wilson et Carhart (1969) a mis en évidence une amélioration de 28.3 dB dans un bruit intermittent comparativement à un bruit continu. Plus récemment, Wilson et coll. (2010) ont noté une amélioration du seuil de 34.0 dB, 30.2 dB et 28.4 dB pour les taux de 5 Hz, 10 Hz et 20 Hz, respectivement. Le matériel vocal (des mots) était présenté en monaural (oreille gauche ou droite) avec du bruit présenté à la même oreille (en ipsilatéral).

L'étude menée par Rhebergen et coll. (2006) est plus étroitement en lien avec la présente étude puisque le matériel vocal utilisé consiste en des phrases et le taux d'intermittence du bruit est de 16 Hz dans les deux cas. Une amélioration du SRP d'environ 10 dB a été notée. Dans la première expérimentation de la présente étude, une différence de 13 dB a été obtenue dans la condition bruit avant (voir tableau 1), un résultat qui se rapproche du 10 dB noté par Rhebergen et coll. (2006). La différence de 3 dB qui sépare les deux valeurs peut possiblement être expliquée par l'utilisation d'indices binauraux (en raison d'une administration binaurale des stimuli du test) dans la présente étude alors que les stimuli étaient présentés uniquement à la meilleure oreille (monaurale) dans Rhebergen et coll. (2006). Il est intéressant de noter que pour les conditions de côté, l'amélioration du SRP sous écouteurs est de 10 dB dans la présente étude.

Dans la deuxième expérimentation de la présente étude (champ libre), une différence entre les deux bruits de 9 dB et de 6 dB a été obtenue dans la condition bruit avant et bruit côté, respectivement. Encore une fois, il est important de noter que l'effet du type de bruit est légèrement moindre en champ libre que sous écouteurs, et ce, dans chacune des conditions d'écoute dans le bruit du HINT. Quoiqu'une différence dans la grandeur de l'effet du type de bruit soit notée entre les deux méthodes de présentation des stimuli, cette différence semble être équivalente pour les trois conditions d'écoute dans le bruit (soit environ 3 dB). La cause précise du moindre effet d'intermittence en champ libre demeure inconnue. Cependant, le phénomène pourrait fort bien être relié aux effets acoustiques de la salle tels que les réflexions sur les murs, le plancher et le plafond dans la cabine audiométrique. La réverbération

résiduelle du bruit dans la pièce, même faible, aura tendance à réduire l'ampleur de la modulation du bruit en dégradant les pauses sonores nécessaires à la reconnaissance de la parole en condition de bruit intermittent.

5.5 Effet de la séparation spatiale

Les données du tableau 1 permettent également de quantifier l'effet de la séparation spatiale, ou avantage binaural, soit l'amélioration des seuils lorsque la source de bruit est spatialement séparée de celle du bruit (bruit droit ou bruit gauche) comparativement au seuil obtenu pour une condition où les deux signaux proviennent de la même source (bruit avant).

Dans la première expérimentation (sous écouteurs), l'amélioration du seuil en présence d'un bruit continu s'élève à 8.3 dB pour la condition de bruit droit et 8.5 dB pour la condition de bruit gauche. Ces valeurs sont similaires à l'avantage binaural de 8 dB rapporté pour les valeurs normatives de l'étude de Vaillancourt et coll. (2005).

Pour le bruit intermittent, l'avantage binaural noté sous écouteurs dans la présente étude est d'environ 5 dB, soit près de la moitié moindre qu'en bruit continu. Le plus petit avantage binaural avec le bruit intermittent pourrait être expliqué par la nature même de ce bruit. Mis à part les effets de masquage antérieur et postérieur, aucun indice binaural n'est présent pendant les périodes de silence du bruit intermittent, et donc les individus peuvent moins profiter de la séparation spatiale. Les individus profitent seulement d'un avantage binaural lors des périodes où le bruit est présent (soit la moitié du temps). En général, les tests utilisent une présentation monaurale, avec le bruit présenté à l'oreille ipsilatérale (du même côté que la parole) (Wilson et coll., 2010; Wilson et Carhart, 1969; Rhebergen et coll., 2006). Puisque le HINT est administré en présentant les signaux aux deux oreilles (utilisation de l'audition binaurale), il est difficile de comparer les résultats.

Dans la seconde expérimentation, soit les tests d'écoute en champ libre, l'amélioration du seuil s'élève à 6.5 dB pour la condition de bruit droit et 5.7 dB pour la condition de bruit gauche en présence d'un bruit continu. Dans le bruit intermittent, l'avantage est de 4.1 dB pour la condition de bruit droit et 3.0 dB pour la condition de bruit gauche. Encore une fois, l'amélioration du seuil est moindre dans le bruit intermittent que dans le bruit continu.

Il est important de noter que l'effet de la séparation spatiale est légèrement moindre en champ libre que sous écouteurs, et ce, pour les deux bruits. Sous écouteurs, on obtient un effet d'environ 8 dB pour le bruit continu et 5 dB pour le bruit intermittent, comparativement aux valeurs en champ libre de l'ordre de 6 dB pour le bruit continu et 3-4 dB pour le bruit intermittent. Quoiqu'une différence dans la grandeur de

l'effet soit notée entre les deux méthodes de présentation, cette différence semble être équivalente pour les deux types de bruit (soit environ 2 dB). Tel que noté auparavant (Section 5.2), l'effet semble lié aux différences de fonctions de transferts binaurales dans les deux méthodes de présentation : celles du KEMAR pour tous les participants pour l'expérimentation sous écouteurs et les fonctions naturelles des participants pour l'expérimentation en champ libre.

5.6 Données normatives

Le tableau 5 fait état des données normatives du HINT sous écouteurs et en champ libre chez 2 groupes indépendants de 24 jeunes adultes francophones avec audition normale lorsque le bruit intermittent est utilisé. On y retrouve non seulement la moyenne et l'écart-type, mais également les limites inférieures et supérieures qui délimitent l'intervalle de confiance à 90% (soit ± 1.65 fois l'écart-type).

Tableau 5 : Valeurs normatives sous écouteurs et en champ libre pour le HINT avec un bruit intermittent avec cadence de 16 Hz, établies auprès de deux groupes indépendants de 24 jeunes adultes francophones avec audition normale.

Expérimentation 1 - écouteurs			
Condition de bruit	Moyenne en dB S/B (écart-type)	Limite supérieure – 95 ^e percentile (en dB S/B)	Limite inférieure – 5 ^e percentile (en dB S/B)
Avant	-16.3 (3.0)	-21.3	-11.4
Gauche	-21.1 (2.9)	-25.9	-16.3
Droit	-21.8 (2.1)	-25.3	-18.3
Score composite	-18.9 (2.3)	-22.7	-15.1
Expérimentation 2 – champ libre			
Condition de bruit	Moyenne en dB S/B (écart-type)	Limite supérieure – 95 ^e percentile (en dB S/B)	Limite inférieure – 5 ^e percentile (en dB S/B)
Avant	-11.4 (1.7)	-14.2	-8.6
Gauche	-14.4 (2.3)	-18.2	-10.6
Droit	-15.5 (2.0)	-18.8	-12.2
Score composite	-13.3 (1.0)	-15.0	-11.7

Il est important de mentionner que les données normatives en champ libre ne sont strictement valides que pour la cabine audiométrique à l'étude. Ceci est tout particulièrement important dans le cas des valeurs normatives avec le bruit intermittent, lesquelles semblent être plus sensibles aux effets de réflexions résiduelles dans la salle qu'avec le bruit continu. En cas de bruit

intermittent, il est aussi important de s'assurer que le bruit de fond dans la pièce ne nuise pas à la reconnaissance de la parole durant les pauses de silence.

Quoique les résultats obtenus sous écouteurs sont sujets à moins de facteurs d'influence que ceux obtenus en champ libre, l'administration du HINT en champ libre est nécessaire lors de l'évaluation d'individus qui utilisent des prothèses auditives ou des protecteurs auditifs. Dans un tel cas, la position de l'individu dans le champ sonore par rapport aux haut-parleurs est critique car tout mouvement de la tête ou du corps peut influencer les niveaux sonores de la parole et du bruit atteignant l'oreille, et ainsi les résultats. Ce constat est d'autant plus vrai dans les conditions où les sources de parole et de bruit sont séparées spatialement.

6. CONCLUSION

Le but de ce présent projet était d'étudier l'effet du type de bruit (intermittent vs continu) sur le seuil de réception de phrases tel que mesuré au HINT sous écouteurs et en champ libre dans différentes configurations spatiales et d'établir des normes pour un bruit intermittent de 16 Hz avec ces deux méthodes de présentation des stimuli. Lorsque le HINT est effectué sous écouteurs, une amélioration du seuil d'environ 10 à 13 dB a été observée en présence du bruit intermittent comparativement à la performance dans le bruit continu standard. En champ libre, une telle amélioration du seuil est d'environ 6 à 9 dB. Aussi, le démasquage binaural est plus prononcé sous écouteurs qu'en champ libre par environ 2 dB et en bruit continu plutôt qu'en bruit intermittent par environ 3 dB.

Un léger effet d'apprentissage a également été noté lors de mesures répétées du seuil dans la condition de bruit avant, uniquement pour le bruit intermittent, un résultat similaire à celui rapporté dans l'étude de Rhebergen et coll. (2006). L'amélioration du seuil de 1.0 dB sous écouteurs et de 0.8 dB en champ libre observée dans la présente étude est toutefois inférieure à l'écart-type intra-sujet (2 dB sous écouteurs et 1.5 dB en champ libre) établi pour cette condition (test-retest) avec le bruit intermittent et ne cause donc pas de problème particulier en pratique clinique.

Les nouvelles données normatives maintenant disponibles pour le bruit intermittent de 16 Hz permettront d'évaluer des individus avec perte auditive dans les mêmes conditions expérimentales. Des données normatives en champ sonore doivent être établies pour chaque cabine audiométrique, en raison des effets de salle, alors que les normes sous écouteurs sont génériques et peuvent s'appliquer à toutes les cabines pourvu que les écouteurs soient bien calibrés. Sur la base des études citées précédemment, on peut poser l'hypothèse que les individus avec perte auditive ne profiteront pas autant de l'intermittence que les individus avec audition normale. Si cette hypothèse est vérifiée, on

pourra recommander d'ajouter au moins une autre condition au HINT, soit un bruit intermittent de 16 Hz provenant de l'avant, afin de documenter la capacité des individus à prendre avantage des périodes de silence dans le bruit pour reconnaître la parole. Un tel ajout nécessiterait environ 5 minutes supplémentaires à l'administration du test HINT et permettrait de mieux documenter les difficultés vécues au quotidien par les individus avec perte auditive. Afin de documenter l'avantage de la séparation spatiale avec le bruit intermittent, il faudrait toutefois inclure les conditions de bruit droit et gauche.

Finalement, il est important de préciser que les données normatives ont été établies chez de jeunes adultes. Par contre, tel que mentionné précédemment, des facteurs autres que la perte de sensibilité auditive peuvent également réduire les performances, incluant l'âge (Fitzgibbons et Gordon-Salant, 1996). L'établissement de normes auprès de personnes âgées serait alors souhaitable afin de quantifier la contribution de l'âge à la perception de la parole dans le bruit.

RÉFÉRENCES

- Bacon SP, Opie JM, Montoya DY (1998). The effects of hearing loss and noise masking on the masking release for speech in temporally complex backgrounds. *J Speech Lang Hear Res*, 41:549-563.
- Baer T, Moore BCJ (1994). Effects of spectral smearing on the intelligibility of sentences in the presence of interfering speech. *J Acoust Soc Am*, 95:2277-2280.
- Bernstein JG, Brungart DS (2011). The effect of spectral and temporal-fine structure distortions on the fluctuating-masker benefit for speech at fixed signal-to-noise ratio. *J Acoust Soc Am*, 130:473-488.
- Bernstein JGW, Grant KW (2009). Auditory and auditory-visual intelligibility of speech in fluctuating maskers for normal-hearing and hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am*, 125:3358-3372.
- Bilger RC, Nuentzeq JM, Rabinowitz WM, Rzeczkowski C (1984). Standardization of a test of speech perception in noise. *J Speech Hear Res*, 27, 32-48.
- Bronkhorst AW, Plomp R (1992). Effect of multiple speech like maskers on binaural speech recognition in normal and impaired hearing. *J Acoust Soc Am*, 92:3132-3139.
- Buss E, Hall JW, Grose JH (2003). Effect of amplitude modulation coherence for masked speech signals filtered into narrow bands. *J Acoust Soc Am*, 113:462-467.
- Christiansen C, Dau T (2012). Relationship between masking release in fluctuating maskers and speech reception thresholds in stationary noise. *J Acoust Soc Am*, 132:1655-1666.
- Cooke MP (2003). Glimpsing speech. *J Phonetics*, 31:579-584.
- Cooke M (2006). A glimpsing model of speech perception in noise, *J Acoust Soc Am*, 119:1562-1573.
- Cox RM, Alexander GC, Gilmore C (1987). Development of the Connected Speech Test (CST). *Ear Hear*, 8:119S-125S.
- de Laat JAPM, Plomp R (1983). The reception threshold of interrupted speech for hearing-impaired listeners. In: R Klinke, R Hartman (Eds.). *Hearing: Physiological Bases and Psychophysics* (pp. 359-363), Berlin: Springer Verlag.
- Desloge JG, Reed CM, Braida LD, Perez ZD, Delhorne LA (2010). Speech reception by listeners with real and simulated hearing impairment: Effects of continuous and interrupted noise. *J Acoust Soc Am*, 128:342-359.
- Dubno JR, Horwitz AR, Ahlstrom JB (2003). Recovery from prior stimulation: Masking of speech by interrupted noise for younger and older adults with normal hearing. *J Acoust Soc Am*, 113:2084-2094.
- Duquesnoy AJ (1983). Effect of a single interfering noise or speech source on the binaural sentence intelligibility of aged persons, *J Acoust Soc Am*, 74:739-743.
- Eisenberg LS, Dirks DD, Bell TS (1995). Speech recognition in amplitude-modulated noise of listeners with normal and listeners with impaired hearing. *J Speech Hear Res*, 38:222-233.
- Festen JM, Plomp R (1990). Effects of fluctuating noise and interfering speech on the speech-reception threshold for impaired and normal hearing. *J Acoust Soc Am*, 88:1725-1736.
- Fitzgibbons PJ, Gordon-Salant S (1996). Auditory temporal processing in elderly listeners. *J Am Acad Audiol*, 7:183-189.
- Francart T, van Wieringen A, Wouters J (2011). Comparison of fluctuating maskers for speech recognition tests. *Int J Audiol*, 50:2-13.
- Freyman RL, Griffin AM, Oxenham AJ (2012). Intelligibility of whispered speech in stationary and modulated maskers, *J Acoust Soc Am*, 132(4):2514-2523.
- Füllgrabe C, Berthommier F, Lorenzi C (2006) Masking release for consonant features in temporally fluctuating background noise. *Hear Res* 211:74-84.
- George LJ, Festen J, Houtgast T (2006). Factors affecting masking release for speech in modulated noise for normal-hearing and hearing impaired listeners. *J Acoust Soc Am*, 120:2295-2311.
- Gnansia D, Jourdes V, Lorenzi C (2008). Effect of masker modulation depth on speech masking release. *Hear Res*, 239:60-68.
- G.R.A.S. Sound and Vibration. <http://www.gras.dk>
- Gustafsson HA, Arlinger SD (1994). Masking of speech by amplitude-modulated noise. *J Acoust Soc Am*, 95:518-529.
- Hall JW, Mueller GH (1997). *Audiologist Desk Reference Volume 1. Diagnostic Audiology*

- Principles, Procedures and Practices*. San Diego, CA: Singular Publishing Group Inc.
- Hall JW, Buss E, Grose JH, Roush PA (2012). Effects of age and hearing impairment on the ability to benefit from temporal and spectral modulation. *Ear Hear*, 33(3):340–348.
- Hopkins K, Moore BCJ (2009). The contribution of temporal fine structure to the intelligibility of speech in steady and modulated noise. *J Acoust Soc Am*, 125:442–446.
- Howard-Jones PA, Rosen S (1993). The perception of speech in fluctuating noise. *Acustica*, 78:258–272.
- Jin SH, Nelson PB (2006). Speech perception in gated noise: The effects of temporal resolution. *J Acoust Soc Am*, 119:3097–3108.
- Kalikow DN, Stevens KN, Elliot LL (1977). Development of a test of speech intelligibility in noise using sentence materials with controlled word predictability. *J Acoust Soc Am*, 61:1337-1351.
- Killion MC, Niquette PA (2000). What can the pure-tone audiogram tell us about a patient's SNR loss? *Hear J*, 53:46–53.
- Killion, MC, Niquette PA, Gudmundsen GI, Revit LJ, Banerjee S (2004). Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal-hearing and hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am*, 116:2395–2405.
- Kwon BJ, Perry TT, Wilhelm CL (2012). Sentence recognition in noise promoting or suppressing masking release by normal-hearing and cochlear-implant listeners. *J Acoust Soc Am*, 131:3111-3119.
- Kwon BJ, Turner CW (2001). Consonant identification under maskers with sinusoidal modulation: masking release or modulation interference? *J Acoust Soc Am*, 110:1130–1140.
- Lagacé J, Jutras B, Giguère C, Gagné J-P (2010). Development of the Test de phrases dans le bruit (TPB). *Can J Speech Lang Pathol*, 34:261-270.
- Laroche C, Giguère C, Vaillancourt V, Soli S (2005). Development and validation of hearing standards for Canadian Coast Guard Seagoing Personnel and C&P and land-based personnel. Phase II, Final report to Department of Fisheries and Oceans under Contract No. F7053-000009.
- Lorenzi C, Husson M, Ardoint M, Debrulle X (2006a). Speech masking release in listeners with flat hearing loss: Effects of masker fluctuation rate on identification scores and phonetic feature reception. *Int J Audiol*, 45:487–495.
- Lorenzi C, Gilbert G, Carn H, Garnier S, Moore BCJ (2006b). Speech perception problems of the hearing impaired reflect inability to use temporal fine structure. *Proc Natl Acad Sci, USA* 103:18866–18869.
- Martin N, Clark SG (2003). *Introduction to Audiology*. 8th Edition. Boston: Allyn et Bacon.
- Miller GA (1947). The masking of speech. *Psychological Bulletin*, 44:105–129.
- Miller GA, Licklider JCR (1950). The intelligibility of interrupted speech. *J Acoust Soc Am*, 22:167-173.
- Middelweerd MJ, Festen JM, Plomp R (1990). Difficulties with speech intelligibility in noise in spite of a normal pure-tone audiogram. *Audiol* 29:1-7.
- Moore BCJ, Glasberg BR, Vickers DA (1995). Simulation of the effects of loudness recruitment on the intelligibility of speech in noise. *Br J Audiol*, 29:131-143.
- Moore R, Gordon-Hickey S (2011). Can behavioral speech-in-noise tests improve the quality of hearing aid fittings? *Perspect Audiol*, 7:8-14.
- Moore BCJ, Peters RW, Stone MA (1999). Benefits of linear amplification and multi-channel compression for speech comprehension in backgrounds with spectral and temporal dips. *J Acoust Soc Am*, 105:400–411.
- Mueller GH (2001) Speech audiometry and hearing aid fittings: going steady or casual acquaintances? *Hear J*, 54:19-29.
- Nelson PB, Jin S-H, Carney AE, Nelson DA (2003). Understanding speech in modulated interference: Cochlear implant users and normal-hearing listeners. *J Acoust Soc Am*, 113:961–968.
- Nilsson MJ, Soli SD, Sullivan J (1994). Development of a hearing in noise test for the measurement of speech reception threshold. *J Acoust Soc Am*, 9:1085–1099.
- Oxenham AJ, Simonson AM (2009). Masking release for low- and high-pass-filtered speech in the presence of noise and single-talker interference. *J Acoust Soc Am*, 125:457–468.
- Peters RW, Moore BCJ, Baer T (1998). Speech reception thresholds in noise with and without spectral and temporal dips for hearing-impaired and normally hearing people. *J Acoust Soc Am*, 103:577-587.
- Rhebergen KS, Versfeld NJ (2005). A speech intelligibility index-based approach to predict the speech reception threshold for sentences in fluctuating noise for normal-hearing listeners. *J Acoust Soc Am*, 117:2181-2192.
- Rhebergen KS, Versfeld NJ, Dreschler WA (2006). Extended speech intelligibility index for the prediction of the speech reception threshold in fluctuating noise. *J Acoust Soc Am*, 106:3988-3997.
- Rhebergen KS, Versfeld NJ, Dreschler WA (2008). Learning effect observed for the speech reception threshold in interrupted noise with normal hearing listeners *Int J Audiol*, 47:185-188.
- Simpson S, Cooke MP (2005). Consonant identification in N-talker babble is a nonmonotonic function of N. *J Acoust Soc Am*, 118:2775–2778.
- Smits C, Kapteyn TS, Houtgast T (2004). Development and validation of an automatic speech-in-noise screening test by telephone. *Int J Audiol*, 43:15–28.
- Smits C, Houtgast T (2007). Recognition of digits in different types of noise by normal-hearing and

hearing-impaired listeners. *Int J Audiol*, 46:134-144.

Soli SD, Wong LLN (2008). Assessment of speech intelligibility in noise with the hearing in noise test. *Int J Audiol*, 47:356-361.

Strelcyk O, Dau T (2009). Relations between frequency selectivity, temporal fine-structure processing, and speech reception in impaired hearing. *J Acoust Soc Am*, 125:3328-3345.

Takahashi GA, Bacon SP (1992). Modulation detection, modulation masking, and speech understanding in noise in the elderly. *J Speech Hear Res*, 35:1410-1421.

Vaillancourt V, Laroche C, Mayer C, Basque C, Nali M, Eriks-Brophy A, Soli SD, Giguère C (2005). Adaptation of the HINT (hearing in noise test) for adult Canadian Francophone populations. *Int J Audiol*, 44:358-369.

Versfeld NJ, Dreschler WA (2002). The relationship between the intelligibility of time-compressed speech and speech in noise in young and elderly listeners. *J Acoust Soc Am*, 111:401-408.

Wagener KC, Brand T (2005). Sentence intelligibility in noise for listeners with normal hearing and hearing impairment: Influence of measurement procedure and masking parameters. *Int J Audiol*, 44:144-156

Wilson RH, Carhart R (1969). Influence of pulsed masking on the threshold for spondees. *J Acoust Soc Am*, 46:998-1010.

Wilson RH, McArdle R, Betancourt MB, Herring K, Lipton T, Chilsom TH (2010). Word-recognition performance in interrupted noise by young listeners with normal hearing and older listeners with hearing loss. *J Am Acad Audiol*, 7:183-189.



Freedom Step

Convert a standard floor to a superior floor with the Freedom Step Acoustical & Impact Isolation Subfloor

AcustiFloat®
Acoustical & Impact Subfloor Systems

WILREP LTD.

Tel. (905) 625-8944 Toll Free 1-888-625-8944

www.acoustifloat.com

Gym Rooms Playrooms Home Theaters Dance Floors

AcustiFloat is a registered Trademark of WILREP LTD.

High Quality CALIBRATION is a MUST When Accuracy is Critical!

Scantek provides:

- Quick calibration of ALL BRANDS of sound and vibration instruments and transducers:
 - ▶ Microphones
 - ▶ Preamplifiers
 - ▶ Sound level and vibration meters
 - ▶ Acoustical calibrators
 - ▶ Accelerometers & exciters
 - ▶ Windscreen characterization
- ISO 17025 accredited by NVLAP (NIST)
- Price Competitive
- Before & After data provided at no additional cost
- 48-hr turnaround accommodated

Scantek, Inc.

Sound & Vibration Instrumentation and Engineering

www.scantekinc.com

CalLab@ScantekInc.com

800-224-3813

When "BUY" does not apply, give RENTAL a try!

At Scantek, Inc. we specialize in **Sound and Vibration Instrument Rental** with *expert assistance*, and fully calibrated instruments for:

Applications

- Building acoustics
- Sound power measurement
- Community noise
- Building vibration
- Industrial noise
- Human body vibration
- Machine diagnostics
- Vibration measurement

Instruments

- analyzers •
- FFT and real-time
- 1/3 and 1/1 octave bands
- noise and vibration dosimeters •
- vibration meters •
- human body dose/vibration •
- A-weighted sound level meters •
- rangefinders •
- GPS •
- windscreens •
- wide range of microphones •
- and accelerometers

Scantek, Inc.

Sound & Vibration Instrumentation
and Engineering

www.scantekinc.com

info@scantekinc.com

800-224-3813

TAPPING just got easier!

The rugged brand new Norsonic N-277 Tapping Machine is ideal for making structureborne impact noise tests for floor/ceiling combination in the field and in the laboratory. This third-generation unit meets all international and US standards.

- Impact sound transmission testing according to ISO140 part VI, VII and VIII, ASTM E-492 and ASTM E-1007.
- Remote operation from hand switch or PC; Mains or battery operation.
- Low weight 10 kg (22 lb) incl. battery and wireless remote option.
- Built in self check of hammer fall speed, and tapping sequence for automatic calibration of major components.
- Retractable feet and compact size provide easy transportation and storage.



Scantek, Inc.
Sound & Vibration Instrumentation
and Engineering

www.scantekinc.com
info@scantekinc.com
800-224-3813

NEW TYPE 4448 PERSONAL NOISE DOSE METER

Damaged hearing costs you dearly Preventing it doesn't



TYPE 4448 FROM BRÜEL & KJÆR

Home of the world's
best sound and vibration
instrumentation

Type 4448 – Helping to improve workplace noise assessment

Simple reliability

No cables, no connectors

Forget it is there

Secure shoulder mount with pin or clip attachment

Ready when you are

Long 28 hour battery-life

Verify your Standards compliance

HML option – verify hearing protection requirements

Works with Protector PC software – for intuitive analysis and reporting



www.bksv.com/Type4448

BN 1054-11

Concerto

4-Channel Multi-Function Acoustic Measuring System

All you need in one system:

- 4-channel SLM Class 1
- RT60, EDT, C80, D50 & Ts
- 4-channel Data Logger
- 4-channel Spectrum Analyzer
- Building and Human Vibration
- Monitoring Station with Remote Access

Custom Modules Available

See demo : www.softdb.com/concerto.php



Remote access via
iPhone or PC

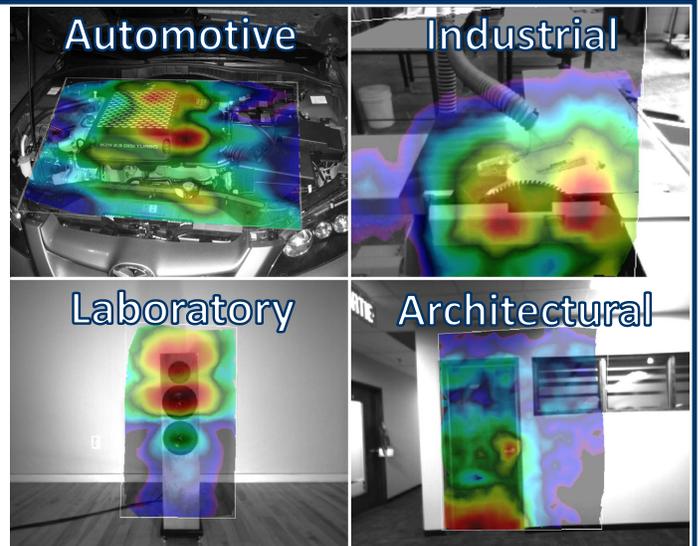


I-Track

Automatic Real-Time Sound Mapping



See demo : www.softdb.com/itrack.php



5-Minute Mapping
Freehand Scanning Without Grid

**Efficient and Innovative Sound & Vibration
Measurement Systems at a Competitive Price**

Soft dB

www.softdb.com
Toll free : 1 (866) 686-0993

Better testing... better products.

The Blachford Acoustics Laboratory

Bringing you superior acoustical products from the most advanced testing facilities available.



Our newest resource offers an unprecedented means of better understanding acoustical make-up and the impact of noise sources. The result? Better differentiation and value-added products for our customers.



Blachford Acoustics Laboratory features

- Hemi-anechoic room and dynamometer for testing heavy trucks and large vehicles or machines.
- Reverberation room for the testing of acoustical materials and components in one place.
- Jury room for sound quality development.



Blachford acoustical products

- Design and production of simple and complex laminates in various shapes, thicknesses and weights.
- Provide customers with everything from custom-engineered rolls and diecuts to molded and cast-in-place materials.

Blachford **QS 9000**
REGISTERED

www.blachford.com | Ontario 905.823.3200 | Illinois 630.231.8300

