

Discrimination vocale dans le bruit avec la technologie FM, en cas de pertes auditives de perception

M. Samantha Lewis, Ph.D., CCC-A*
Université de Floride

Carl C. Crandell, Ph.D., CCC-A
Université de Floride

Michael Valente, Ph.D., CCC-A
Ecole Universitaire de Médecine de Washington

Résumé

Les sujets atteints de pertes auditives de perception se plaignent essentiellement de difficultés de communication, en particulier en milieux bruyants. Heureusement, la technologie personnelle de communication à modulation de fréquence (FM) s'est révélée être une solution efficace chez ces sujets pour améliorer la discrimination vocale dans le bruit. En fait, des études précédentes ont montré que l'emploi de la technologie FM pouvait améliorer la discrimination vocale dans le bruit de 10 à 20 dB par rapport à l'audition oreilles nues et de 12 à 18 dB par rapport à l'aide auditive seule. De plus, quand des sujets atteints de pertes auditives de perception utilisent la technologie FM, on est surpris de constater qu'ils perçoivent mieux la parole dans le bruit que des sujets bien entendant placés dans des situations auditives similaires. Cet article passe en revue une série d'études réalisées par les auteurs, qui illustrent parfaitement l'amélioration des scores de perception vocale dans le bruit de malentendants atteints de perte de perception, quand ils utilisent la technologie FM. La discussion porte sur les conséquences cliniques des résultats de ces études.

* Actuellement au «Veterans Affairs Rehabilitation Research and Development», National Center for Rehabilitative Auditory Research, Portland VA Medical Center

Introduction

Un système à modulation de fréquence (FM) est essentiellement composé de deux parties: un émetteur FM et un amplificateur/récepteur FM. L'émetteur FM consiste en un microphone sans fil conçu pour prélever la voix de l'orateur. L'idéal est de placer ce microphone près de la bouche de l'orateur, là où les effets de la distance, du bruit et de la réverbération sont minimaux. Le signal acoustique prélevé par ce microphone est alors converti en une onde électrique et transmis à l'aide d'un signal radio modulé en fréquence (FM) à un récepteur accordé sur la même fréquence. Le signal électrique est alors amplifié, reconvertis en une onde acoustique et transmis à l'auditeur par une méthode de couplage appropriée. Il existe plusieurs façons de coupler un système FM à un auditeur malentendant. Le signal peut, par exemple, être diffusé par des casques, des écouteurs ou directement dans les aides auditives via un système de boucle d'induction ou une entrée audio directe. L'unité FM peut aussi être couplée directement à l'oreille à l'aide d'un transducteur bouton ou contour d'oreille. Un progrès récent de la technologie FM permet de fixer un récepteur FM personnel à un CdO classique, via un sabot audio – un petit système fixé au bas de l'appareil. Cette technologie permet à l'utilisateur de convertir son aide auditive personnelle en un système FM, tout simplement en lui fixant le sabot audio. Le récepteur FM MicroLink de Phonak (figure 1) est un exemple de ce type de technologie. En principe, ces systèmes permettent aux utilisateurs d'avoir accès à trois modes de communication:

- 1) FM seule, pour pouvoir se concentrer sur l'orateur principal,
- 2) microphone d'ambiance (MA) seul pour pouvoir écouter toutes les personnes dans l'environnement auditif immédiat ainsi que pour contrôler sa propre voix, et

Abréviations:

ANOVA	Analyse de variance
CdO	Contour d'oreille
MA	Microphone d'ambiance
FM	Modulation de fréquence
HINT	Test d'audition dans le bruit
SRM	Seuil de reconnaissance des mots

- 3) FM + MA pour entendre à la fois l'orateur principal et les autres personnes présentes dans l'environnement auditif.

Pour une présentation complète de ce type de technologie, le lecteur est prié de ce référer à Crandell, Smaldino, Lewis et Kreisman (2002).

On sait bien que les malentendants atteints de pertes auditives de perception se plaignent surtout de leur audition dans le bruit. De nombreuses études ont démontré que la technologie FM pouvait améliorer leur discrimination vocale dans le bruit (voir Crandell, Smaldino, Et Flexer, 1995, pour une revue de ces études). Des études précédentes ont en particulier démontré que cette technologie pouvait améliorer la discrimination vocale dans le bruit de 10 à 20 dB par rapport à l'audition oreilles nues (Crandell & Smaldino, 2000; 2001; Fabry, 1994; Hawkins, 1984; Pittman, Lewis, Hoover & Stemachovicz, 1999) et de 12 à 18 dB par rapport à l'emploi d'aides auditives seules (Hawkins, 1984; Lewis, Crandell, Valente, & Enrietto, 2004).

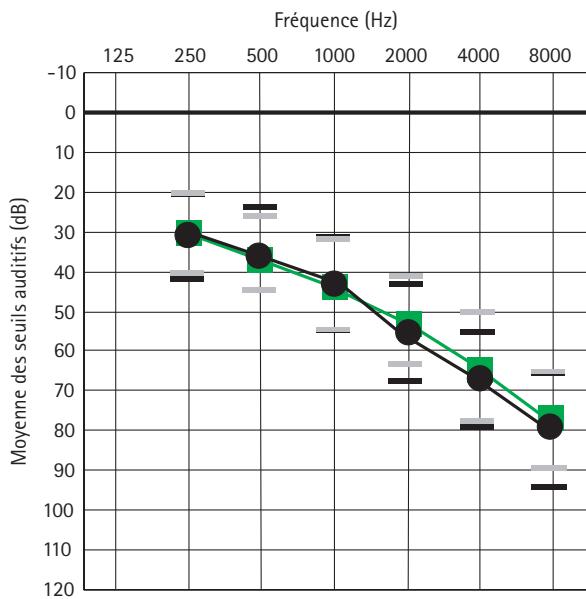
Figure 1

Récepteur FM MicroLink de Phonak.

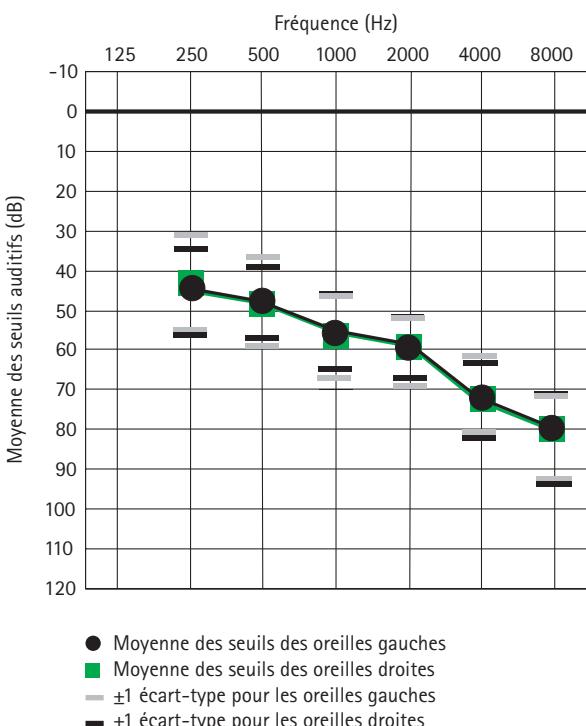


Figure 2

Moyenne des seuils aériens en sons purs pour les oreilles droites et gauches du site I.

**Figure 3**

Moyenne des seuils aériens en sons purs pour les oreilles droites et gauches du site II.



Installation et méthode d'essai

Cette amélioration de la discrimination vocale dans le bruit, obtenue avec la technologie FM, est parfaitement illustrée par une série d'études menées par les auteurs. Le but de l'une d'entre elles, par exemple, était de comparer deux types de technologies dont ont sait qu'elles améliorent la discrimination vocale dans le bruit des malentendants atteints de pertes auditives de perception, à savoir les microphones directionnels et la modulation de fréquence (Lewis et al, 2004). Quarante six adultes recrutés à l'université de Floride à Gainesville, FL (site I) et à l'école universitaire de médecine de Washington à St. Louis, MO (site II), atteints de pertes auditives de perception légères à sévères, ont participé à cette étude. Les moyennes de l'audiométrie lyminaire tonale des oreilles droites et gauches sont représentées figures 2 et 3, pour les sites I et II respectivement. La discrimination vocale dans le bruit a été évaluée à l'aide du test d'audition auditif dans le bruit (Hearing in Noise Test – HINT) avec un bruit diffus corrélat, diffusé par quatre haut-parleurs situés à 45°, 135°, 225°, et 315° d'azimut et à un mètre du sujet. Une procédure adaptative a été utilisée pour présenter les phrases HINT, diffusées par un haut-parleur situé à 0° d'azimut et à un mètre du sujet. L'émetteur FM était placé sur un pied situé à 7,5 cm de ce haut-parleur et à une hauteur de 0,5 mètres afin de simuler une position d'utilisation idéale. Les seuils de reconnaissance des phrases ont été relevés dans cinq conditions auditives différentes:

- 1) oreilles nues;
- 2) avec deux contours d'oreille (CdO) en mode omnidirectionnel;
- 3) avec deux CdO en mode directionnel (adaptatif);
- 4) avec un CdO équipé d'un récepteur FM et utilisé en mode FM seule, et un autre CdO

- en mode omnidirectionnel porté sur l'oreille opposée; et
- 5) avec deux CdO utilisés avec des récepteurs FM binauraux, en mode FM seule.

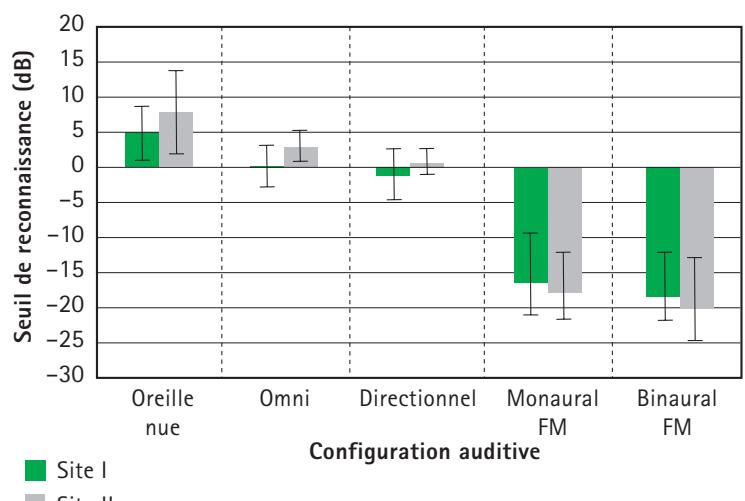
Résultats

Les seuils moyens de reconnaissance de phrases dans le bruit, obtenus dans chaque condition auditive et sur chacun des sites, sont présentés figure 4. Une analyse de variance (ANOVA) a révélé une différence statistiquement significative entre les conditions auditives du site I ($F_{4,84}=299.01$, $p<0.001$) et du site II ($F_{4,88}=293.13$, $p<0.001$). Des méthodes de comparaisons multiples des différences les moins significatives (à un niveau alpha de $p=0.05$) ont été mises en œuvre pour déterminer où se trouvaient ces différences significatives. Ces procédures post-hoc ont montré que:

- 1) Les sujets des deux sites ont obtenu les plus mauvais scores de discrimination vocale dans les conditions oreilles nues ($p<0.001$) avec un seuil de reconnaissance des phrases moyen (± 1 SD) de 4.9 dB (± 4 dB) sur le site I et de 7.4 dB (± 5.9 dB) sur le site II.
- 2) Les seuils moyens de reconnaissance des phrases relevés avec les deux aides auditives en mode omnidirectionnel (Site I= 0.07 dB [± 3.5 dB], Site II=2.9 dB [± 2.3 dB]) étaient significativement meilleurs qu'oreilles nues ($p<0.001$). En d'autres termes, l'utilisation d'aides auditives binaurales omnidirectionnelles a amélioré d'environ 5 dB le seuil moyen de reconnaissance des phrases obtenu oreilles nues.
- 3) L'utilisation du mode microphonique directionnel sur les aides auditives (Site I= -1.1 dB [± 3.5 dB], Site II=-0.5 dB [± 1.8 dB]) a permis d'atteindre des scores de discrimination vocale dans le bruit significativement meilleurs qu'avec les appareils

Figure 4

Moyenne des seuils de reconnaissance des phrases pour chaque configuration auditive sur les sites I et II.

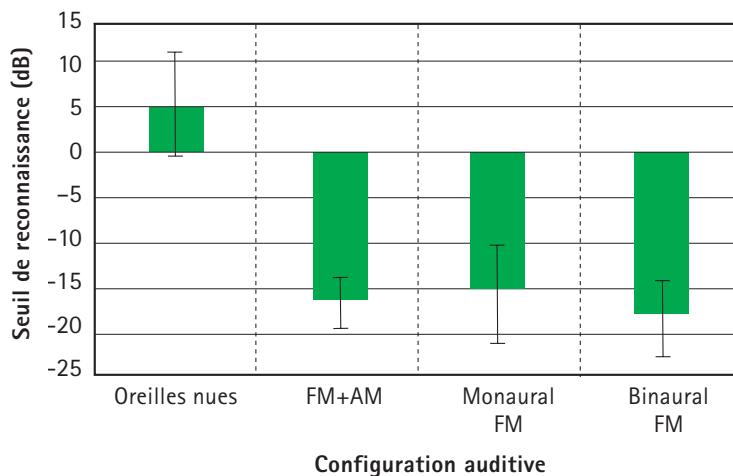


omnidirectionnels ($p_1=0.011$, $p_2=0.001$) et oreilles nues ($p<0.001$). Autrement dit, l'utilisation d'aides auditives en mode directionnel a amélioré de 1.2 dB sur le site I et de 3.4 dB sur le site II, les scores de discrimination vocale dans le bruit obtenus avec les aides auditives omnidirectionnelles.

- 4) La configuration dans laquelle l'une des aides auditives binaurales était utilisée avec un récepteur FM en mode FM seule (Site I=-15.3 dB [± 6.1 dB], Site II=-17.2 dB [± 4.9 dB]) a permis d'atteindre des performances de discrimination vocale dans le bruit significativement meilleures que dans chacune des conditions utilisant les aides auditives seules ($p<0.001$). En utilisant un seul récepteur FM, les scores des sujets se sont améliorés en moyenne de 14.2 dB sur le site I et de 16.7 dB sur le site II par rapport aux scores obtenus avec deux aides auditives seules, en mode directionnel. Il faut cependant noter que la

Figure 5

Moyenne des seuils de reconnaissance des phrases pour chaque configuration auditive.



performance réalisée dans ces conditions était significativement plus mauvaise qu'en utilisant deux récepteurs FM en mode FM seule ($p_1 < 0.001$).

- 5) Les meilleurs scores de discrimination vocale ont été obtenus quand les sujets utilisaient des aides auditives binaurales avec deux récepteurs FM en mode FM seule ($p=0.001$). Dans ces conditions, le seuil moyen de reconnaissance des phrases était de -18.0 dB (± 4.3 dB) sur le site I et de -19.8 dB (± 4.7 dB) sur le site II. Cette performance était, en moyenne, de 2.7 dB et de 2.5 dB meilleure sur les sites I et II respectivement que les performances obtenues avec un seul récepteur FM.

Les résultats de cette étude indiquent clairement que la technologie FM peut améliorer significativement l'intelligibilité vocale dans le bruit de sujets atteints de pertes auditives de perception. De plus, cette amélioration de la discrimination vocale dans le bruit, en utilisant la technologie FM, est plus importante que celle que procurent des aides auditives

seules, qu'elles soient réglées en mode microphonique omnidirectionnel ou directionnel. Il faut également noter que les scores de discrimination vocale dans le bruit avec les systèmes FM s'améliorent encore de près de 3 dB en utilisant deux récepteurs FM plutôt qu'un seul. Globalement, ces données indiquent que la technologie FM pourra assurer de bien meilleures performances de communication dans des conditions auditives difficiles que n'importe quelle configuration microphonique d'aides auditives.

Dans une étude voisine (en cours), Lewis, Crandell, et Kreisman ont examiné les effets de différents microphones FM (micro FM seul et micro FM + micro d'ambiance [MA]) et de différents modes d'appareillage (monaural et binaural) sur les capacités de discrimination vocale dans le bruit d'adultes malentendants. Vingt-deux adultes à l'université de Floride, atteints de pertes auditives de perception légères à sévères ont participé à l'étude. Ils étaient âgés de 24 à 84 ans avec un âge médian de 73 ans. Leurs seuils aériens en sons purs et leurs scores de reconnaissance de mots (SRM) sont présentés dans les tables 1 et 2, respectivement pour les oreilles droites et gauches. La discrimination vocale a été estimée avec la même procédure d'essai que celle qui est décrite plus haut. Les seuils de reconnaissance des phrases ont été obtenus chez chacun des sujets avec quatre configurations auditives différentes:

- 1) oreilles nues;
- 2) deux aides auditives équipées de deux récepteurs FM en mode FM seule (Bi-FM seule);
- 3) deux aides auditives équipées de deux récepteurs FM en mode FM + MA (Bi-FM/MA); et
- 4) une aide auditive équipée d'un récepteur FM en mode FM seule et l'autre aide auditive utilisée en mode omnidirectionnel et portée sur l'oreille opposée (monaural-FM).

Table 1

Ages, seuils aériens en sons purs et seuils de reconnaissance des mots (SRM) de chacun des sujets obtenus sur l'oreille droite.

Sujet	Age	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz	8000 Hz	SRM
1	84	50	45	45	60	70	80	85	90	58
2	75	40	45	55	55	60	65	85	85	84
3	81	20	25	35	45	55	55	65	90	90
4	57	25	30	30	40	55	65	60	65	84
5	73	25	25	45	65	65	85	95	100	62
6	75	30	40	40	50	60	60	65	85	88
7	76	10	15	30	50	50	60	65	90	68
8	76	35	40	50	60	60	60	60	60	90
9	69	35	35	45	60	60	70	80	80	82
10	77	30	25	45	55	50	60	60	65	70
11	71	30	25	40	35	40	45	55	75	86
12	70	45	45	70	65	65	55	50	55	68
13	70	30	25	30	55	80	90	120	105	90
14	24	25	30	45	50	45	50	60	60	94
15	71	25	40	40	55	55	60	60	60	54
16	84	35	50	55	65	55	50	70	80	66
17	81	50	40	45	70	70	80	85	95	72
18	75	20	25	30	45	55	55	55	55	96
19	73	30	40	35	45	50	60	55	70	86
20	74	20	30	35	55	50	75	65	80	100
21	67	25	30	45	65	60	75	75	85	72
22	62	15	20	30	45	50	55	70	75	85
Moyen.	71	30	33	42	54	57	64	70	78	79
SD	12	10	9	10	9	9	12	16	15	13

Table 2

Ages, seuils aériens en sons purs et seuils de reconnaissance des mots (SRM) de chacun des sujets obtenus sur l'oreille gauche.

Sujet	Age	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz	8000 Hz	SRM
1	84	50	40	45	55	55	65	80	85	68
2	75	45	50	50	55	55	55	75	80	84
3	81	25	30	30	45	50	55	60	85	92
4	57	30	30	25	35	60	65	60	55	84
5	73	25	30	40	70	70	70	80	90	70
6	75	35	40	50	55	55	65	65	75	82
7	76	15	20	30	40	55	55	70	70	76
8	76	35	45	55	60	60	60	60	70	78
9	69	25	35	40	60	60	70	65	70	60
10	77	25	35	45	50	50	50	70	70	82
11	71	20	35	45	45	45	50	70	75	82
12	70	30	40	65	60	60	55	45	50	76
13	70	30	25	40	60	85	105	110	100	60
14	24	20	30	45	45	45	50	55	50	96
15	71	35	45	35	40	65	70	80	70	76
16	84	35	40	55	60	55	60	75	90	76
17	81	25	40	45	65	65	70	80	90	74
18	75	25	30	35	50	50	50	70	70	88
19	73	30	30	35	35	45	50	60	80	88
20	74	20	25	30	35	55	35	75	75	100
21	67	40	40	60	55	65	70	75	80	56
22	62	10	15	30	35	45	55	60	75	94
Moyen.	71	29	34	42	50	57	60	70	75	79
SD	12	9	9	11	11	10	14	13	13	12

Les moyennes des seuils de reconnaissance des phrases (± 1 écart-type) obtenus dans chacune de ces configurations auditives sont présentées figure 5. Des analyses de variance ont montré des différences statistiquement significatives entre les conditions auditives ($F_{3,63}=262.8$, $p<0.001$). Des procédures multiples de comparaison des moindres différences significatives (à un niveau alpha de $p<0.05$) ont révélé plusieurs différences statistiquement significatives. Tout d'abord, la configuration oreilles nues a conduit aux plus mauvaises performances globales de discrimination vocale dans le bruit ($p<.001$). Deuxièmement, les sujets qui utilisaient des aides auditives binaurales avec deux récepteurs FM en mode FM seule ont atteint les meilleures scores de reconnaissance des phrases ($p<.001$). Ces performances étaient en moyenne de 22.9 dB meilleures que les performances de discrimination vocale obtenues oreilles nues et de 2.3 dB et 2.7 dB meilleures que les performances de discrimination vocale obtenues dans les conditions bi-FM/MA et Monaural-FM, respectivement. Il n'y avait pas de différences significatives entre les scores de discrimination vocale obtenus dans les configurations auditives bi-FM/MA et monaural-FM ($p=.589$).

Comparaison avec des sujets bien entendant

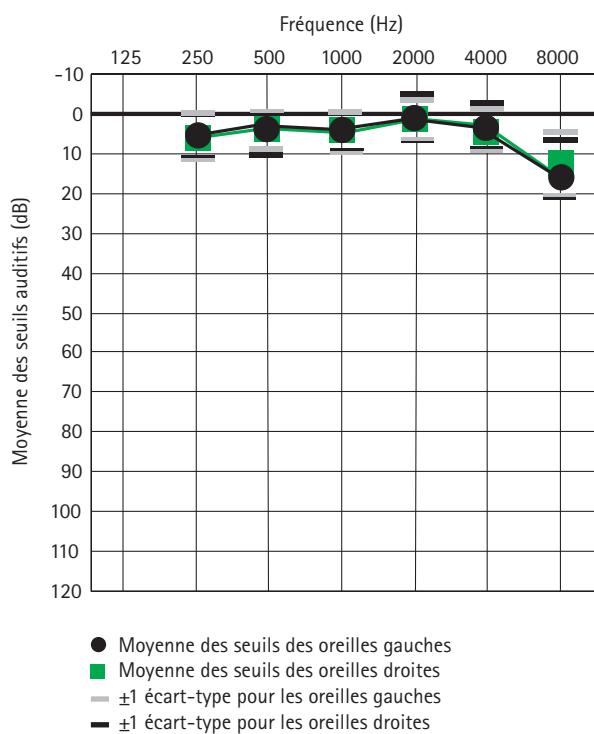
Les améliorations de la discrimination vocale dans le bruit, obtenues avec la technologie FM chez des sujets atteints de pertes auditives de perception, sont encore plus stupéfiantes si l'on compare ces résultats aux performances de sujets bien entendant dans les mêmes situations auditives. Pour illustrer cela, Lewis (2002) a étudié 25 adultes entendant bien à l'aide des mêmes procédures d'essai que celles décrites précédemment. Ces sujets étaient âgés de 19 à 47 ans, avec un âge médian de 23 ans. Aucun d'eux n'avait de seuil auditif supérieur à 25 dB HL (figure 6) ni ne révélait le moindre signe de trouble du traitement au-

ditif. Les seuils de reconnaissance des phrases de ces sujets ont seulement été relevés oreilles nues. Un seuil de reconnaissance des phrases moyen (± 1 SD) de -10.8 dB (± 3 dB) a été obtenu chez ces sujets non appareillés. Ce résultat a été comparé à celui que l'on a obtenu chez les 22 sujets malentendants de l'université de Floride, dans les trois configurations auditives avec FM (figure 7). La figure montre bien que les sujets malentendants obtenaient de meilleurs scores de reconnaissance des phrases avec les options FM que les sujets bien entendant oreilles nues. Un analyse de variance ANOVA a révélé une différence statistiquement significative entre les conditions auditives ($F_{1,21}= 487.7$, $p<.001$). Des méthodes à critères multiples de classification des différences les moins significatives ont montré que les seuils moyens de reconnaissance des phrases oreilles nues des sujets bien entendant étaient effectivement différents de ceux que l'on obtenait chez les sujets malentendants dans toutes les configurations FM ($p<.009$).

Pour résumer, les données de ces trois études indiquent que l'utilisation de la technologie FM peut améliorer significativement la discrimination vocale dans le bruit des sujets atteints de pertes auditives de perception. Mieux encore, cette amélioration de la discrimination vocale dans le bruit avec la technologie FM est supérieure à celle qui résulte de l'emploi des aides auditives, même équipées de microphones directionnels. Il faut bien noter que, dans l'étude susmentionnée, la différence moyenne de scores entre les conditions auditives avec la FM et avec les aides auditives seules s'échelonnait entre 14.2 dB et 22.7 dB. Ce résultat est en harmonie avec celui d'une étude antérieure réalisée par David Hawkins (1984). Hawkins (1984) avait évalué les effets de différentes configurations d'aides auditives et de systèmes FM sur la perception de la parole dans le bruit. Dans l'étude de Hawkins (1984), la configuration auditive avec FM seule était également significativement meilleure que toutes les configurations utili-

Figure 6

Moyenne des seuils aériens en sons purs des sujets bien entendant.



sant des aides auditives seulement. L'amélioration de la discrimination vocale dans le bruit, obtenue chez Hawkins avec la technologie FM comparée aux aides auditives, était comprise entre 11.8 dB et 18.4 dB. Le parallèle entre ces deux études n'est pas surprenant, étant donné que la proximité entre l'émetteur FM et le signal utile réduit les effets du bruit, de la distance et de la réverbération à un niveau que les aides auditives seules ne peuvent pas atteindre.

Effet de l'emploi de deux récepteurs FM

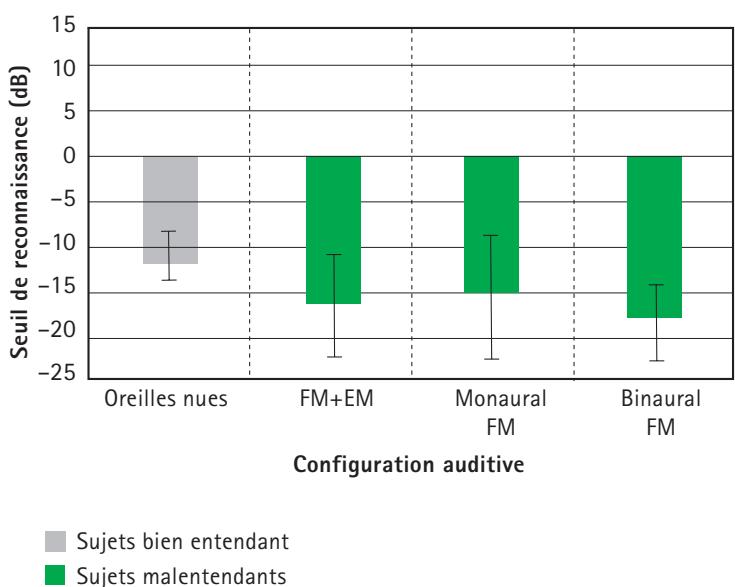
Dans les études susmentionnées, un avantage binaural d'environ 3 dB a été relevé en utilisant le système FM. En d'autres termes, la discrimination vocale dans le bruit s'est amé-

liorée d'environ 3 dB en utilisant deux récepteurs FM au lieu d'un seul. Cet avantage binaural est en harmonie avec des études antérieures portant sur les bénéfices de l'audition binaurale et de l'amplification binaurale (Markides, 1977; Nabelek et Mason, 1981; Hawkins et Yacullo, 1982; Feuerstein, 1992; McCullough et Abbas, 1992). Ces études ont mis en évidence un avantage binaural de 2 à 3 dB en ce qui concernait l'audition de malentendants dans le bruit (Markides 1977; Nabelek et Mason, 1981; Feuerstein, 1992; McCullough et Abbas, 1992). A titre d'illustration, Nabelek et Mason (1981) ont évalué les capacités de discrimination vocale dans le bruit de 21 sujets atteints de pertes auditives de perception bilatérales légères croissantes à moyennes. Les résultats ont montré que ces sujets amélioraient leurs scores de 5.9 à 7.2% en audition binaurale par rapport à l'audition monaurale. Etant donné que la fonction performance vs. intensité de mots phonétiquement équilibrés est d'environ 3% par dB, ces résultats suggèrent une amélioration de 2 à 3 dB quand un sujet malentendant écoute avec ses deux oreilles plutôt qu'une seule. Cet avantage binaural subsiste avec la correction prothétique. Hawkins et Yacullo (1984) ont évalué les capacités de discrimination vocale dans le bruit de 11 sujets atteints de pertes auditives bilatérales symétriques légères à moyennes, appareillés en monaural et en binaural. Dans cette étude, les sujets avaient obtenu des scores de discrimination vocale significativement meilleurs en utilisant l'appareillage binaural plutôt que l'appareillage monaural. Cette amélioration de la discrimination vocale était de l'ordre de 2 à 3 dB. Il n'est donc pas surprenant que des sujets puissent aussi améliorer leur discrimination vocale en utilisant deux récepteurs FM plutôt qu'un seul.

Il faut également noter que la discrimination vocale était significativement meilleure en utilisant deux récepteurs FM en mode FM seul qu'en mode FM + MA. En mode FM seule,

Figure 7

Moyenne des seuils de reconnaissance des phrases des sujets bien entendant vs. sujets malentendants avec la technologie FM.



l'amélioration moyenne de la discrimination vocale dans le bruit était de 2.3 dB par rapport au mode FM + MA. Ce résultat est aussi en accord avec ceux des études antérieures. En fait, Hawkins (1984) avait indiqué que la configuration FM procurait à elle seule une amélioration de 7.9 à 16.9 dB de la discrimination vocale dans le bruit par rapport à la configuration FM + MA. Fabry (1994) a aussi publié qu'une meilleure discrimination vocale dans le bruit était obtenue en mode FM seule. Cette étude indiquait des seuils de reconnaissance des phrases de -15.9 dB et de -16.1 dB avec les configurations FM seules ce qui correspondait à une amélioration de la discrimination vocale de 3 à 7 dB par rapport aux configurations FM + MA.

Conséquences pratiques

Les résultats de ces études ont des implications considérables pour la prise en charge clinique des patients atteints de perte auditive de perception. Bien que des recherches antérieures aient indiqué que la mise en œuvre de la technologie prothétique directionnelle puisse améliorer la discrimination vocale dans le bruit de 3 à 8 dB par rapport à l'emploi de la technique du microphone omnidirectionnel, cette amélioration peut encore être insuffisante chez certains sujets atteints de pertes auditives de perception (Valente, Fabry, Et Potts, 1995; Gravel, Fausel, Liskow, & Chobot, 1999; Kuk, Kollofski, Brown, Melum, Et Rosenthal, 1999; Preves, Sammeth, Et Wynne, 1999; Ricketts et Dhar, 1999; Pumford, Seewald, Scollie, & Jenstad, 2000; Ricketts, 2000; Valente, Schuchman, Potts, & Beckman, 2000; Ricketts, Lindey, & Henry, 2001). La variabilité individuelle est en fait très importante en ce qui concerne les bénéfices résultant de la technologie directionnelle (Killion, Schulein, Christensen, Fabry, Revit, Niquette, & Chung, 1998; Ricketts & Mueller, 2000; Cord, Surr, Walden, & Olson, 2002). A l'heure actuelle, il n'existe aucun moyen de prévoir qui pourra bénéficier de la technologie du microphone directionnel et qui n'en tirera pas avantage.

Tous les participants à l'étude, sur les deux sites, ont atteint des scores de discrimination vocale dans le bruit significativement meilleurs en utilisant les systèmes FM. Malgré cette extraordinaire amélioration des performances dans le bruit, relativement peu de patients utilisent la technologie FM. Des estimations récentes indiquent que moins de 5 % des adultes malentendants utilisent aussi des systèmes FM (Crandell & Smaldino, 2000). Compte tenu de la mise en évidence incontestable des améliorations des capacités de discrimination vocale dans le bruit, il est impératif que les audiologistes cliniques proposent la technologie FM comme une option de

communication viable, lors des entretiens avec leurs patients sur les possibilités de traitement de leur perte auditive. Les audiologues devraient leur expliquer ce qu'est la technologie FM, comment l'utiliser et quels sont ses avantages reconnus. Ce type de technologie devrait aussi être rappelé et démontré dans les programmes d'orientation prothétique.

Au delà, ces études procurent des informations sur le degré des performances de discrimination vocale que l'on peut obtenir avec diverses configurations de la technologie FM. Ces informations sont essentielles à l'audiologue pour conseiller ses patients quant aux applications des systèmes FM dans les situations de communication de la vie quotidienne. Par exemple, les participants à l'étude ont obtenu de meilleures performances de discrimination vocale dans le bruit avec des aides auditives équipées de deux récepteurs FM plutôt qu'un seul. La différence moyenne des seuils de reconnaissance de phrases entre ces deux configurations était de 2.7 dB, ce qui peut correspondre à une amélioration des scores vocaux d'environ 8 %. La fonction performance vs. Intensité des phrases du HINT est d'environ 10 % par dB, ce qui correspond à une amélioration de la reconnaissance des phrases de 27 %. C'est ainsi que, de même que la majorité des patients bénéficient de l'emploi des aides auditives binaurales, les audiologues peuvent maintenant convaincre leurs patients que la majorité d'entre eux obtiendra de meilleurs résultats dans le bruit avec des récepteurs FM adaptés en mode binaural plutôt que monaural. En outre, la majorité des participants à l'étude a obtenu de meilleurs scores de discrimination vocale dans le bruit en utilisant deux CdO avec deux récepteurs FM en mode FM seul plutôt qu'en mode FM + MA. Il en a résulté une amélioration de 2.3 dB, qui correspond à environ 7 % d'amélioration de la reconnaissance de mots ou 23 % d'amélioration de la perception de

phrases. C'est ainsi que, dans des environnements auditifs difficiles où l'orateur principal utilise un émetteur FM et où il n'a pas besoin de contrôler sa propre voix ni d'entendre d'autres personnes n'utilisant pas d'émetteur FM, les malentendants devraient penser à régler leurs appareils en mode FM seul plutôt que FM + MA, afin de mieux percevoir le signal vocal principal.

Bibliographie

- Cord, M, Surr, R, Walden, B, Olson, L. (2002). Performance of directional microphone hearing aids in everyday life. *J Am Acad Audiol* 13(6): 295-307.
- Crandell, C, Smaldino, J. (2001). Improving classroom acoustics: Utilizing hearing-assistive technology and communication strategies in the educational setting. *Volta Review* 101(5): 47-62.
- Crandell, C, Smaldino, J. (2000). Room acoustics and amplification. In Valente, M., Roeser, R., and Hosford-Dunn, H. (Eds.), *Audiology: Treatment Strategies*, New York: Thieme.
- Crandell, C, Smaldino, J, Flexer, C. (1995). Sound field amplification. Theory and practical application. San Diego: Singular Publishing Company.
- Crandell, C, Smaldino, J, Lewis, M.S., Kreisman, B. (2002). Auditory rehabilitation technology: Improving communication for individuals with hearing loss. In Valente M. (ed.), *Hearing Aids: Standards, Options, and Limitations*, New York: Thieme.
- Fabry, D. (1994). Noise reduction with FM systems in FM/EM mode. *Ear Hear* 15: 82-86.
- Feuerstein, J. (1992). Monaural versus binaural hearing: Ease of listening, word recognition, and attentional effort. *Ear Hear* 13(2): 80-86.
- Gravel, J, Fausel, N, Liskow, C, Chobot, J. (1999). Children's speech recognition in noise using omni-directional and dual-microphone hearing aid technology. *Ear Hear* 20: 1-11.
- Hawkins, D. (1984). Comparisons of speech recognition in noise by mildly-to-moderately hearing impaired children using hearing aids and FM systems. *J Speech Hear Disord* 49: 409-418.
- Hawkins, D, Yacullo, W. (1984). Signal-to-noise advantage of binaural hearing aids and directional microphones under different levels of reverberation. *J Speech Hear Disord* 49: 278-285.
- Killion, M, Schulein, R, Christensen, L, Fabry, D, Revit, L, Niquette, P, Chung, K. (1998). Real world performance of an ITE directional microphone. *Hear J* 51(4): 24-26, 30, 32-36, 38.
- Kuk, F, Kollofski, C, Brown, S, Melum, A, Rosenthal, A. (1999). Use of a digital hearing aid with directional microphones in school-aged children. *J Amer Acad Audiol* 10: 535-548.
- Lewis, MS (2002). Speech perception in noise: Directional microphones versus frequency modulation (FM) systems. Unpublished doctoral dissertation, University of Florida, Gainesville.
- Lewis, MS, Crandell, C, Kreisman, N. (sous presse). Frequency modulation technology and speech perception in noise: Effects of microphone and fitting configuration.
- Lewis, MS, Crandell, C, Valente, M, Enrietto, J. (2004). Speech perception in noise: Directional microphones versus frequency modulation (FM) systems. *J Am Acad Audiol* 15 (6): 424-437
- Markides, A. (1977). *Binaural Hearing Aids*. New York: Academic Press.
- McCullough, J, Abbas, P. (1992). Effects of interaural speech-recognition differences on binaural advantage for speech in noise. *J Am Acad Audiol* 3: 255-261.
- Nabelek, A, Mason, D. (1981). Effect of noise and reverberation on binaural and monaural word identification by subjects with various audiograms. *J Speech Hear Res* 24: 375-383.

Pittman, A, Lewis, D, Hoover, B, Stelmachowicz, P. (1999). Recognition performance for four combinations of FM system and hearing aid microphone signals in adverse listening conditions. *Ear Hear* 20: 279-289.

Preves, D, Sammeth, C, Wynne, M. (1999). Field trial evaluations of a switched directional/ omnidirectional in-the-ear hearing instrument. *J Amer Acad Audiol* 10: 273-284.

Pumford, J, Seewald, R, Scollie, S, Jenstad, L. (2000). Speech recognition with in-the-ear and behind-the-ear dual-microphone hearing instruments. *J Amer Acad Audiol* 11: 23-35.

Ricketts, T. (2000). Impact of noise source configuration on directional hearing aid benefit and performance. *Ear Hear* 21: 194-205.

Ricketts, T, Dhar, S. (1999). Comparison of performance across three directional hearing aids. *J Amer Acad Audiol* 10: 180-189.

Ricketts, T, Mueller, G. (2000). Predicting directional hearing aid benefit for individual listeners. *J Amer Acad Audiol* 11: 561-569.

Ricketts, T, Lindey, G, Henry, P. (2001). Impact of compression and hearing aid style on directional hearing aid benefit and performance. *Ear Hear* 22: 348-361

Valente, M, Fabry, D, Potts, L. (1995). Recognition of speech in noise with hearing aids using dual microphones. *J Amer Acad Audiol* 6(6): 440-450.

Valente, M, Schuchman, G, Potts, L, Beck, L. (2000). Performance of dual-microphone in-the-ear hearing aids. *J Amer Acad Audiol* 11: 181-189.

Remerciements

Cet article s'appuie sur un travail soutenu par la société Phonak. Le premier auteur souhaite également remercier le «Department of Veteran Affairs», le «Veterans Health Administration», le «Rehabilitation Research and Service» et le «National Center for Rehabilitative Auditory Research», pour leur aide dans la préparation de ce manuscrit. Ce travail a été partiellement publié dans le *Journal of the American Academy of Audiology* et dans *Ear and Hearing*. Le lecteur est prié de se reporter à ces sources pour toute information complémentaire concernant les études citées dans ce document.



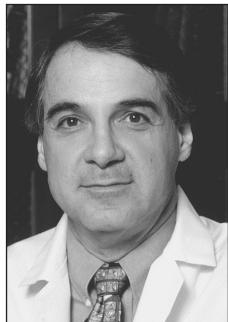
M. Samantha Lewis, Ph.D.
Université de Floride

Le Docteur Samantha Lewis a travaillé dans des centres tels que l'Ecole Universitaire de Médecine Washington, sous la direction du Dr. Michael Valente et le Laboratoire de Recherche sur la Correction Auditive de l'université de Floride, sous la direction du Dr. Carl Crandell. Le Dr. Lewis vient de soutenir sa thèse de docteur en audiologie à l'université de Floride. Le sujet de sa thèse était l'examen des effets des microphones directionnels et de la technologie à modulation de fréquence (FM) sur la perception vocale dans le bruit. Elle est actuellement appointée comme maître de recherche au «National Center for Rehabilitative Auditory Research» du Centre Médical Portland VA où elle continue ses travaux sur les thèmes mentionnés ci-dessus.



Carl C. Crandell, Ph.D.
Université de Floride

Le Docteur Carl Crandell a été diplômé de l'université Vanderbilt en 1989. Il est actuellement professeur assistant au département des sciences et des troubles de la communication de l'université de Floride. Ses activités de recherche traitent des effets de l'acoustique des salles de classe sur la perception vocale et sur les capacités d'apprentissage des enfants, ainsi que sur les capacités de perception vocales des adultes et des personnes âgées malentendantes. Il a signé des textes de livres et de nombreux articles dans son domaine de recherche.



Michael Valente, Ph.D.
*Ecole Universitaire de
Médecine de Washington*

Le Docteur Mike Valente est professeur d'oto-rhino-laryngologie et directeur de l'audiologie adulte à l'école universitaire de médecine Washington. Il a des responsabilités rédactionnelles dans de nombreux journaux tels que le «Journal of the American Academy of Audiology», «l'American Journal of Audiology», et «Ear and Hearing». Il a écrit de nombreux ouvrages sur les thèmes de l'audiologie et des aides auditives. Outre ses passions professionnelles, il aime voyager et courir (il a même une fois participé à un marathon).

PHONAK
hearing systems

www.phonak.com