Système efférent, masquage central et perception dans le bruit

C. MICHEYL^{*,**} et L. COLLET^{*}

** Laboratoire de Physiologie Sensorielle "Audition et Voix", URA 1447 du CNRS, Pavillon U, Hôpital E. Herriot, 3 place d'Arsonval, 69437 Lyon cedex, France*

*** Laboratoire d'Etude et d'Analyse de la Cognition et des Modèles, Institut de Psychologie, 5 avenue P. Mendès-France, CP 11, 69676 Bron cedex, France*

Abstract : In order to investigate the role of the auditory efferents in perception, the contralateral suppression of evoked otoacoustic emissions (EOAEs) was examined together with 1) central masking and 2) detection in noise in normal hearing subjects. The first study, concerning the relations between the contralateral suppression of EOAEs and central masking at 1 kHz, put into evidence the existence of a significant negative correlation between the amount of central masking obtained with a delay of 20 ms between the test and the mask and the modifications of the amplitude of EOAEs induced around 1 kHz by a contralateral 30 dB SL broadband noise stimulation. In the second study, a correlation was found between the mean equivalent attenuation of EOAEs and the variation of the tone-in-noise detection threshold, both induced by a contralateral 30 dB SL broadband noise stimulation. These results support the hypothesis that the crossed part of the medial olivo-cochlear system is actually involved in auditory perception in humans.

1. INTRODUCTION.

Bien que différentes données issues aussi bien de la physiologie que de la psychoacoustique suggèrent que les voies efférentes jouent un rôle dans la perception auditive, et en particulier dans l'audition dans le bruit [1][2][3], leur implication effective dans les phénomènes perceptifs demeure controversée, principalement à cause du manque de données chez l'humain. Le phénomène de suppression contralatérale des otoémissions acoustiques provoquées (OEAP) est cependant apparu comme un moyen d'explorer chez l'humain certains aspects de l'activité exercée par le faisceau olivo-cochléaire médian croisé sur la périphérie auditive [4][5]. Ainsi, le croisement de telles données issues de l'exploration fonctionnelle auditive avec des résultats de tests psychoacoustiques semble susceptible d'apporter certains éclaircissements sur les interactions entre les mécanismes physiologiques et les phénomènes perceptifs. Dans cette perspective, après avoir établi l'existence de relations entre la suppression contralatérale des OEAP et l'adaptation simple de la sonie, mesurée au moyen du Tone Decay Test chez des sujets normo-entendants [6], puis plus spécifiquement, chez des sujets musiciens [7], nous nous sommes intéressés aux relations potentielles de cette même suppression contralatérale des OEAP avec des résultats de tests psychoacoustiques faisant appel à des mécanismes perceptifs binauraux et/ou à la détection de signaux dans le bruit. C'est ainsi qu'ont été examinées, dans une première étude, les interrelations entre la suppression contralatérale des OEAP et l'amplitude du phénomène de masquage central chez un groupe de sujets normo-entendants puis, dans une seconde étude, les interrelations entre la suppression contralatérale des OEAP et les performances de détection de signaux dans le bruit en condition de masquage monaural et binaural.

2. SUPPRESSION CONTROLATERALE DES OEAP ET MASQUAGE CENTRAL.

2.1. Matériel et méthodes.

Le masquage central et la suppression controlatérale des OEAP ont été successivement mesurés chez 10 sujets normo-entendants (moins de 10 dB de perte sur l'audiogramme tonal). Conformément à la procédure définie originellement par Zwislocki [8], l'élévation du seuil de perception d'un tone-burst en présence d'un tone-pip présenté controlatéralement à une intensité de 60 dBSL a été mesurée pour différents délais entre le premier et le second. Un tone-burst de 20 ms à 1 kHz et un tone-pip de 200 ms à la même fréquence ont respectivement été utilisés comme signal et masque ; l'un et l'autre avaient des temps de montée/descente de 10 ms. La quantité de masquage central a été successivement mesurée pour 3 délais entre le test et le masque : 0, 20 et 100 ms. Une procédure 2IAFC comportant 70 essais a été mise en oeuvre pour effectuer la mesure des seuils effectuée sur un ordinateur AT-286 équipé du matériel Tucker-Davis Technologies System I et du logiciel Xperimenter v.1.4. Une règle 3-down/1-up a été utilisée, la taille du pas, initialement de 5 dB, étant réduite à 1 dB après les 3 premières inversions. Afin de minimiser le transfert transcrânien, des inserts munis d'un embout en mousse ont été utilisés pour la restitution des stimuli.

Les OEAP ont été enregistrées au moyen du système Otodynamics ILO88, conformément à la méthode développée par Bray et Kemp [9]. Le recueil de chaque trace a impliqué 512 stimulations successives par clicks de 80 s délivrés avec une fréquence de récurrence de 50 Hz, une polarité constante et une intensité intraméatale de 63 (+/- 0.02) dBSPL. Les OEAP ont successivement été enregistrées en l'absence et en présence d'une stimulation controlatérale consistant en un bruit blanc de 30 dBSL généré par un audiomètre Amplaid 455 et délivré par l'écouteur gauche d'un casque TDH39.

2.2. Résultats.

Aucune relation particulière n'étant trouvée entre la réduction globale de l'amplitude des OEAP sous stimulation controlatérale et les données issues du protocole de mesure du masquage central, l'analyse spectrale fine (par bandes de 50 Hz) des traces d'OEAP effectuée par le logiciel ILO a été utilisée afin d'examiner plus spécifiquement les variations d'amplitudes induites par la stimulation controlatérale au sein des bandes spectrales les plus proches de la fréquence à laquelle le masquage central a été testé. Une corrélation statistiquement significative (Rho de Spearman = -0.56, $p < 0.05$, $n = 10$) a ainsi été mise en évidence entre la variation moyenne d'amplitude des OEAP dans les bandes 976 et 1025 Hz et l'ampleur du masquage central à 20 ms ; la bande 1025 Hz est apparue être responsable de la corrélation observée (pour cette seule dernière : $Rho = -0.63$, $p < 0.05$, $n = 10$). Un autre aspect des résultats réside dans le fait que deux groupes de sujets s'individualisent nettement sur le nuage de points (fig.1) : d'un côté, les sujets chez qui le masquage central est relativement important (> 10 dB) montrent en moyenne une réduction de l'amplitude de leurs OEAP sous stimulation controlatérale ; d'un autre côté, les sujets chez qui le masquage central est moins prononcé témoignent en moyenne d'une augmentation de l'amplitude de leurs OEAP dans les bandes fréquentielles considérées.

2.3. Discussion.

La corrélation observée entre masquage central et modification de l'amplitude des OEAP sous stimulation controlatérale suggère l'existence d'un mécanisme sous-jacent aux deux phénomènes. D'après les données de la littérature [4][5], le faisceau olivo-cochléaire médian croisé, sous-système efférent, serait responsable de l'effet de suppression controlatéral des OEAP par l'intermédiaire des liens synaptiques qu'il entretient avec les cellules ciliées externes de l'organe de Corti [10] qui apparaissent aujourd'hui être à l'origine des OEA. L'activation de ce système olivo-cochléaire médian croisé pourrait donc constituer le mécanisme binaural et fréquence-spécifique expliquant la corrélation observée entre le phénomène de masquage central et la modification des OEAP induite par stimulation controlatérale. Malgré l'attrait d'une telle hypothèse, certains aspects des résultats de la présente étude demeurent difficiles à éclaircir : notamment, le fait que la corrélation observée soit très spécifique - elle implique seulement le délai de 20 ms et n'apparaît pas dans les cas où le masquage central est mesuré avec des décalages de 0 et 100 ms entre masque et signal - et aussi, le fait que le phénomène de masquage central se produise autant - bien que dans des proportions différentes - chez les sujets pour

qui l'influence de la stimulation controlatérale se manifeste par une réduction locale de l'amplitude des OEAP que chez ceux pour qui elle se manifeste par une augmentation de cette amplitude. Ensemble, ces deux derniers points suggèrent que, si elle existe, l'implication du système efférent médian dans le masquage dit "central" doit s'avérer plutôt indirecte et complémentaire de l'intervention d'autres mécanismes.

Figure 1 : Relation entre le masquage central et la suppression controlatérale des OEAP.

3. SUPPRESSION CONTROLATERALE DES OEAP ET DETECTION DANS LE BRUIT.

3.1. Matériel et Méthodes.

Les seuils de perception de tone-pips de 1 et 2 kHz en présence d'un bruit de fond large-bande (50-10000 Hz) de 50 dB SPL ont été mesurés successivement en présence et en l'absence d'un bruit blanc controlatéral à 30 dBSL. Une procédure 2IAFC, mise en oeuvre avec l'aide du matériel psychoacoustique cité plus haut, a été utilisée. Chaque mesure de seuil a impliqué 50 essais et une règle 2-down/1-up avec un pas initial de 5 dB, réduit à 2 dB après les 3 premières inversions. La durée des bruit ispi- et controlatéral a été fixée à 400 ms ; celle du signal, centré au milieu du bruit, a été fixée à 200 ms.

La suppression controlatérale des OEAP a été mesurée au moyen du système ILO mentionné plus haut. De façon à obtenir, pour chaque sujet, une atténuation équivalente moyenne, différentes intensités de stimulation ont été utilisées- par pas de 3 dB entre 9 et 21 dB d'atténuation par rapport à la référence qui correspond, en moyenne, à une intensité intraméatale de 80 dBSPL. L'atténuation équivalente moyenne est définie comme la réduction de l'intensité de stimulation requise pour obtenir une variation moyenne d'amplitude des OEAP équivalente à celle provoquée par une stimulation controlatérale en bruit blanc à 30 dBSL.

3.2. Résultats.

La variation des seuils de perception des tone-pips de 1 et 2 kHz dans le bruit induite par l'adjonction du bruit controlatéral a été calculée par soustraction des seuils obtenus respectivement dans les conditions binaurale et monaurale. Le premier résultat la concernant a consisté en ce que, selon les sujets, elle peut être positive ou négative, indiquant respectivement une dégradation ou une amélioration des performances de détection. Le second résultat a résidé dans le fait que cette variation des seuils induite controlatéralement s'est avérée corrélée négativement ($Rho=0.46$, $p<0.05$, $n=14$ pour le signal à 1 kHz ; $Rho=0.62$, $p<0.01$, $n=14$ pour le signal à 2 kHz) avec l'atténuation équivalente moyenne : plus cette atténuation est importante, plus le seuil s'améliore lorsque le bruit controlatéral est présenté ; inversement, plus cette atténuation est faible, plus le seuil se dégrade en présence du bruit controlatéral (fig. 2).

3.3. Discussion.

Là-encore, la corrélation mise en évidence tend à confirmer l'hypothèse de l'implication du système efférent médian dans l'audition dans le bruit. Dans le cas présent, une atténuation équivalente élevée, synonyme d'une importante suppression contralatérale des OEAP et, par conséquent, révélatrice d'un système efférent actif, semble associée à une robustesse des performances de détection d'un signal dans un bruit de fond, en dépit de l'adjonction de bruit dans l'oreille opposée.

Figure 2 : Relation entre la suppression contralatérale des OEAP et la variation du seuil de détection suscitée par la stimulation contralatérale.

5. REFERENCES.

- [1] Liberman M.C. Response properties of cochlear efferent neurons : monaural vs binaural stimulation and the effects of noise. *J. Neurophysiol.* 60 (1988) 1779-1798.
- [2] May B.J et Sachs M.B. Neural encoding of sound intensity in the ventral cochlear nucleus of awake and behaving cats. In : *Auditory physiology and perception* (Y.Cazals, K.Horner and L.Demany, eds), pp. 251-257, Pergamon Press, New York. 1991.
- [3] Kohlrausch A. et Langhans A. Differences in masked thresholds between monaural and diotic conditions : influence of contralateral efferent stimulation ? In : *Auditory physiology and perception* (Y.Cazals, K. Horner and L. Demany, eds), pp. 571-577, Pergamon Press, New York. 1991.
- [4] Collet L., Kemp D.T., Veuillet E., Duclaux R., Moulin A. et Morgon A. Effect of contralateral auditory stimuli on active cochlear micromechanical properties in human subjects. *Hear. Res.* 43 (1990) 251-262.
- [5] Veuillet E., Collet L. et Duclaux R. Contralateral auditory stimulation and active micro-mechanical properties in human subjects : dependence on stimulus variables. *J. Neurophysiol.* 65, 3 (1991) 724-735.
- [6] Collet L., Veuillet E., Micheyl C., Amabile J.C. et Morgon A. Involvement of medial olivo-cochlear system in loudness adaptation. In : *Auditory physiology and perception* (Y.Cazals, K. Horner and L. Demany, eds), pp. 297-303, Pergamon Press, New York. 1991.
- [7] Micheyl C., Carbonnel O. et Collet L. Medial olivo-cochlear system and loudness adaptation : differences between musicians and non-musicians. (article soumis)
- [8] Zwillocki J.J., Damianopoulos E.N., Buining E. et Glantz J. Central masking : some steady state and transient effects. *Perception and psychophysics.* 2. (1967) 59-64.
- [9] Bray P. et Kemp D.T. An advanced cochlear echo technique suitable for infant screening. *Br. J. Audiol.* 21 (1987) 191-204.
- [10] Warr W.B. et Guinan J.J. Efferent innervation of the organ of Corti : two separate systems. *Brain Res.* 173. (1978) 152-155.