

## Combined use of behavioral and electrophysiological methods to explore human sound localization abilities

Tony Leroux<sup>1</sup> and Jack B. Kelly<sup>2</sup>

1 Programme Audiologie/Orthophonie, Université d'Ottawa  
545, avenue King-Edward, Ottawa (Ontario) K1N 6N5

2 Laboratory of Sensory Neuroscience, Department of Psychology, Carleton University  
1125 Colonel By Drive, Ottawa (Ontario) K1S 5B6

### 1. Introduction

Le matériel franco-qubécois d'évaluation des capacités auditives centrales utilisé au Québec a fait récemment l'objet de critiques [1]. Ces critiques remettent en question la validité de ces épreuves en raison de problèmes de normalisation et de contrôle de certaines variables comme la compétence linguistique et les capacités cognitives des sujets. Ces faiblesses sont réelles et des travaux doivent être entrepris pour permettre l'élaboration d'épreuves pouvant corriger ces difficultés [2]. À l'intérieur de ce cadre, la localisation auditive apparaît comme un moyen privilégié d'apprécier le fonctionnement du système auditif central. D'une part, les capacités de localisation semblent relativement indépendantes des capacités linguistiques et cognitives puisque les comportements de localisation apparaissent très tôt chez l'humain durant la période qualifiée de pré-linguistique. D'autre part, plusieurs recherches ont révélé le potentiel diagnostique de certaines épreuves de localisation qui permettant d'identifier des dysfonctions du système auditif central [3-8]. En outre, les travaux réalisés par McEvoy et Picton [9-12] ouvrent la voie à l'intégration des mesures électrophysiologiques à des tâches comportementales de localisation et de latéralisation ce qui permet d'envisager la création d'épreuves objectives d'évaluation de ces capacités auditives centrales. Le présent article rapporte les résultats d'une étude exploratoire intégrant les réponses comportementales et électrophysiologiques obtenues lors d'une tâche impliquant la détection de signaux acoustiques masqués présentés binauralement.

### 2. Méthodologie

#### Sujets

Les sujets qui ont participé à cette étude sont 5 jeunes adultes âgés de moins de 35 ans présentant une acuité auditive normale. De plus, les sujets ne présentaient aucun antécédent d'atteinte à l'audition que ce soit au niveau otologique, familial ni aucune exposition significative au bruit.

#### Procédures expérimentales

À l'aide du système électro-acoustique numérique développé par Tucker-Davis Technology (TDT) et d'un logiciel conçu pour contrôler ce système (Balance 9)[13], un click et un bruit blanc masquant sont générés et transmis simultanément au sujet par les biaux d'écouteurs. Le logiciel Balance 9 permet de contrôler très précisément: 1) la différence interaurale de temps pour le signal et le bruit masquant, 2) la différence interaurale d'intensité pour le signal et le bruit masquant et 3) le rapport signal sur bruit. Ainsi, un délai temporel interaural allant de -1000  $\mu$ sec à +1000  $\mu$ sec par pas de 100  $\mu$ sec et une différence interaurale d'intensité allant jusqu'à 30 dB par pas de 1 dB peuvent être appliqués

indépendamment au signal et au bruit masquant. De même, le rapport signal sur bruit peut être varié de -100 à +100 par unité.

Dans le cadre de cette étude exploratoire, le bruit masquant a été confiné à trois différences interaurales temporelles: 0, +600 et -600  $\mu$ sec. Le signal, un click, est quant à lui déplacé temporellement d'une oreille à l'autre en utilisant des différences interaurales de temps allant de +1000 à -1000  $\mu$ sec par pas de 100  $\mu$ sec en présence du bruit masquant. La différence interaurale d'intensité a été fixée à 0 dB tant pour le signal que pour le bruit masquant pour obtenir essentiellement une différence interaurale temporelle. Le rapport signal sur bruit a été varié de -10 à 5 par pas de 5. La durée du bruit masquant et du signal étaient identiques, soit 100  $\mu$ sec.

Pour chacune des situations temporelles du bruit masquant ( $n=3$ ), les différentes situations d'écoute données par la combinaison des rapports signal sur bruit et des différences interaurales de temps du signal ( $n=84$ ) ont été présentées aléatoirement à raison de 10 présentations pour chacune des combinaisons. De même, 10 présentations dont le signal est volontairement omis étaient intégrées aléatoirement pour chacun des rapports signal sur bruit utilisés pour éviter que le sujet ne se borne à détecter un signal pour toutes les présentations.

Le sujet, placé à l'intérieur d'une chambre anéchoïque, contrôle le déroulement de l'expérimentation à l'aide d'une souris modifiée qui transmet au système TDT l'ordre d'émettre une nouvelle stimulation et qui permet de recueillir, suite à la stimulation, le jugement du sujet quant à la détection ou la non-détection du signal à travers le bruit masquant. Pour chacune des 84 combinaisons étudiées, le logiciel Balance 9 donne une probabilité de détection variant de 0 à 1 tenant compte des réponses du sujet pour les stimulations où une cible était présente et celles où la cible était volontairement omise.

Afin de recueillir les réponses électrophysiologiques, 4 électrodes étaient placées sur la tête des sujets. Une électrode fixe a été placée au vertex et deux électrodes inversées ont été placées sur les lobes d'oreilles. Une dernière électrode était placée au centre du front près de la ligne d'implantation capillaire pour servir de mise à la terre. Ces électrodes ont été reliées à un pré-amplificateur lui-même relié au Nicolet Spirit<sup>TM</sup> permettant la mesure des potentiels évoqués auditifs du tronc cérébral. Le Nicolet Spirit<sup>TM</sup> était relié au système TDT qui émet un signal électrique permettant la mise en route synchronisée de la mesure électrophysiologique avec l'envoi des stimuli acoustiques au sujet. Pour chacune des combinaisons étudiées lors des manipulations comportementales, 1000 stimulations ont été recueillies et moyennées pour former la la réponse électrophysiologique composite des ondes I à V.

### 3. Résultats

#### Réponses comportementales

La figure 1 montre clairement que lorsque le signal et le bruit masquant partagent la même zone temporelle, la probabilité de détection du signal devient aléatoire. Cette observation se répète peut importe la zone temporelle dans laquelle se trouve le bruit masquant. Cet effet varie en largeur de bande temporelle et peut être retrouvé dans une gamme de rapport signal sur bruit d'environ 10 dB.

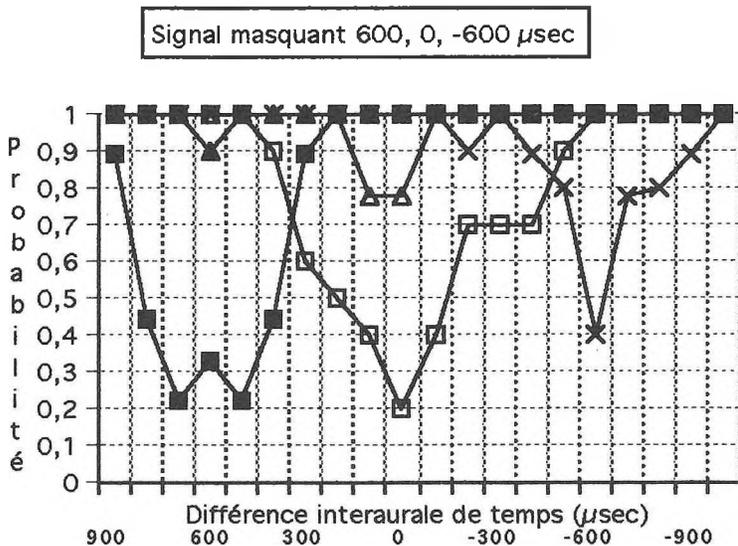


Figure 1 Probabilité de détection d'un click au travers d'un bruit masquant dont la différence interaurale de temps est varié à 600, 0 et -600 µsec. La figure présente les résultats d'un seul sujet.

#### Réponses électrophysiologiques

Contrairement aux réponses comportementales, les tracés électrophysiologiques obtenus jusqu'à maintenant ne diffèrent pas d'une situation d'écoute à l'autre. Les ondes I à V sont facilement identifiables et leur latence est stable, même en-deça du seuil comportemental de détection du signal. Ces résultats peuvent s'expliquer par la durée utilisée (100 µsec) à la fois pour le signal et le bruit masquant; ce qui a pour effet de générer une bouffée de bruit blanc dans ce dernier cas. Il est probable que, même en l'absence du click, la bouffée de bruit blanc soit suffisamment rapide et intense pour produire un effet "onset" propre à stimuler une réponse des sites générateurs du nerf auditif et du tronc cérébral. Des manipulations sont en cours pour tenter de contrecarrer cet effet indésirable.

#### 4. Discussion

Les résultats comportementaux semblent mettre en évidence l'existence, au niveau du système auditif central, de bandes que l'on pourrait assimiler au fonctionnement d'une bande critique oeuvrant dans le domaine temporel. Avec la mise en place d'une procédure instrumentale appropriée, des données électrophysiologiques pourraient permettre d'identifier les sites neurologiques responsables de l'établissement de ces bandes critiques temporelles. Un examen approfondi des caractéristiques normales de ces bandes critiques temporelles est en cours au niveau comportemental. Les résultats de cette étude

posent un premier jalon dans le développement d'épreuves évaluant les capacités auditives centrales de façon plus objective tout en se libérant des contraintes linguistiques

#### 5. Références

- [1] Huard, É. (1992) Quelques réflexions concernant les troubles centraux. Bulletin de la Corporation Professionnelle des Orthophonistes et Audiologistes du Québec, vol. 4(3), pp. 29-44.
- [2] Bilodeau, S. (1993) L'audiologiste et le trouble auditif central chez l'enfant. Bulletin de la Corporation Professionnelle des Orthophonistes et Audiologistes du Québec, vol. 5(1), pp. 12-13.
- [3] Altman, J.A., Rosenblum, A.S. Lvova, V.G. (1987) Lateralization of a moving auditory image in patients with focal damage of the brain hemispheres. Neuropsychologia, vol. 25(2), pp. 435-442.
- [4] Cornelisse, L.E. and Kelly, J.B. (1987) The effect of cerebro-vascular accident on the ability to localize sounds under conditions of the precedence effect. Neuropsychologia, vol. 25, pp. 449-452.
- [5] Cranford, J.L., Boose, M. and Moore, C.A. (1990) Tests of the precedence effect in sound localization reveal abnormalities in multiple sclerosis. Ear and Hearing, vol. 11 pp. 282-288.
- [6] Hochster, M. and Kelly, J.B. (1981) The precedence effect and sound localization by children with temporal lobe epilepsy. Neuropsychologia, vol. 19, pp. 49-55.
- [7] Poirier, P., Lassonde, M., Villemeur, J.-G., Geoffroy, G. and Lepore, F. (1994) Sound localization in hemispherectomized patients. Neuropsychologia, vol. 32(5), pp. 541-553.
- [8] Poirier, P., Miljours, S. Lassonde, M. and Lepore, F. (1993) Sound localization in acallosal human listeners. Brain, vol. 116, pp. 53-69.
- [9] McEvoy, L.K., Picton, T.W. and Champagne, S.C. (1991a) Effects of Stimulus Parameters on Human Evoked Potentials to Shifts in the Lateralization of a Noise. Audiology, vol. 30, pp. 286-302.
- [10] McEvoy, L.K., Picton, T.W. and Champagne, S.C. (1991b) The Timing of the Processes Underlying Lateralization: Psychophysical and Evoked Potential Measures. Ear and Hearing, vol. 12(6), pp. 389-398.
- [11] McEvoy, L.K., Picton, T.W., Champagne, S.C., Kellett, A.J.C. and Kelly, J.B. (1990) Human Evoked Potentials to Shifts in the Lateralization of a Noise. Audiology, vol. 29, pp. 163-180.
- [12] Picton, T.W., McEvoy, L.K. and Champagne, S.C. (1991) Human Evoked Potentials and the Lateralization of a Sound. Acta Otol. (Stockh), suppl. 491, vol. 139-144.
- [13] Larivière, J. (1993) Balance9. Private software development. Laboratory of Sensory Neuroscience, Department of Psychology, Carleton University.