Etude des modifications temporelles des otoémissions acoustiques provoquées lors d'une stimulation acoustique controlatérale, chez l'humain normo-entendant

A. Giraud, E. Perrin, S. Chéry-Croze, L. Collet

► To cite this version:

A. Giraud, E. Perrin, S. Chéry-Croze, L. Collet. Etude des modifications temporelles des otoémissions acoustiques provoquées lors d'une stimulation acoustique controlatérale, chez l'humain normo-entendant. Journal de Physique IV Proceedings, 1994, 04 (C5), pp.C5-427-C5-430. 10.1051/jp4:1994589 . jpa-00253084

HAL Id: jpa-00253084

<https://hal.science/jpa-00253084>

Submitted on 1 Jan 1994

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Etude des modifications temporelles des otoémissions acoustiques provoquées lors d'une stimulation acoustique controlatérale, chez l'humain normo-entendant

A.L. GIRAUD, E. PERRIN, S. CHÉRY-CROZE et L. COLLET

Laboratoire de Physiologie Sensorielle, URA 1447 du CNRS, Audition et Voix, Hôpital Edouard Herriot, Pavillon U, 3 Place d'Arsonval, 69003 Lyon, France

Résumé : In 32 subjects, the medial olivo-cochlear efferent system was activated by a contralateral acoustic stimulation (CAS) which is able to mimic the inhibitory effects of electrical stimulation of the crossed olivo-cochlear bundle. A white noise CAS of 35dB SL induced temporal alterations in otoacoustic emissions evoked by clicks of 63dB SPL, called phase shift effect (PSE). The PSE appeared as an advance of signals in 80% of cases and occurred after a latency of about 8ms. Two different signal processing methods (in time and frequency domains), showed that the phase shift was mainly located on lower frequencies with a maximum around 1.5kHz and a lack around 4kHz. When contralateral stimulation intensity was varying from 25 to 45 dB SPL, the PSE, increased linearly ; the shape of the curve allowed to rule out a middle ear reflex. On the contrary, when ipsilateral stimulation intensity was varying from 57 to 69 dB SPL, the PSE decreased linearly, indicating that PSE originated in inner ear mechanisms. Lastly, a significant correlation had been evidenced between the amplitude of the suppressive (inhibitory) effect of CAS, and the amplitude of the phase shift effect, allowing one to suggest that both effects may have a common physiological origin.

1. INTRODUCTION.

Les otoémissions acoustiques (OEA) sont des sons qui peuvent être enregistrés au niveau du conduit auditif externe. Les OEA seraient générées dans l'organe de Corti par les cellules ciliées externes (CCE), douées de propriétés contractiles actives. Les CCE, ne transmettent pas de messages auditifs, mais contribuent, grâce à leur contractilité, à amplifier l'information perçue et transmise vers les voies afférentes par les cellules ciliées internes (CCI). Les CCE reçoivent une innervation efférente provenant majoritairement de la partie médiane du complexe olivaire supérieur controlatéral. Ce système efférent médian (SEM), en modulant la contraction des CCE va donc moduler d'une part la perception au niveau des CCI et d'autre part les otoémissions acoustiques. Ainsi, il est possible d'étudier le SEM en stimulant acoustiquement une cochlée tout en enregistrant l'activité contractile des CCE (les OEA) dans l'autre cochlée. L'utilisation de cette méthodologie a permis à de nombreux auteurs d'observer des effets de réduction de l'amplitude des OEA comparables aux effets de réduction de l'amplitude des réponses du nerf auditif lors de la stimulation électrique du faisceau olivo-cochléaire. Les études sur l'amplitude des réponses auditives ont été très nombreuses et ont servi à clarifier les modalités d'action du SEM ; en revanche, très peu d'études se sont intéressées aux autres effets d'une stimulation acoustique controlatérale. Dans cette étude nous nous proposons, en nous inspirant d'une observation de Ryan en 1991[1], de caractériser les modifications temporelles des otoémissions acoustiques provoquées par clics (OEAP), désignées par Ryan comme effet de déphasage des OEAP, lors d'une stimulation acoustique controlatérale. Nous chercherons donc à définir le sens, l'amplitude et la distribution fréquentielle de

l'effet. Nous mettrons également en évidence l'influence de l'intensité des paramètres de stimulation ipsi et contralatéraux. Enfin nous testerons un éventuel lien statistique entre l'effet de déphasage et l'effet de réduction d'amplitude (effet supprimeur) déjà étudié par les auteurs. La caractérisation précise de l'effet de déphasage nous permettra alors de vérifier l'origine physiologique de ce déphasage et de mieux comprendre le fonctionnement du système efférent olivo-cochléaire médian.

2. METHODES.

2.1. Principe

Il s'agit de la comparaison systématique des deux OEAP enregistrées l'une en présence d'une stimulation acoustique contralatérale (CAS) et l'autre sans CAS.

2.2. Enregistrement des OEAP

Les otoémissions sont enregistrées, grâce à l'appareil "Otodynamic ILO88 Analyser" (Bray and Kemp, 1987[2]). Une sonde miniaturisée composée d'un haut parleur et d'un microphone, placée dans le conduit auditif externe, délivre des stimulations acoustiques et enregistre les réponses. Les stimulations sont des clics de 80µs, délivrés à une cadence de 50/s. L'appareil ILO88 gère la présentation du stimulus et l'enregistrement des OEAP. Une session d'enregistrement comporte un moyennage des OEAP de 260 stimulations. L'amplitude de la réponse est exprimée en dB. Conventionnellement, l'oreille dans laquelle sont recueillies les OEAP est qualifiée d'ipsilatérale. La stimulation acoustique contralatérale (CAS), un bruit blanc large bande (0.05 à 8kHz), est délivrée par un audiomètre grâce à un casque.

2.3. Expériences

2.3.1. population

Les expériences ont été réalisées sur 32 sujets âgés de 18 à 26 ans (M=21 ans), possédant une audition normale (moins de 15dB de perte sur chaque fréquence testée : 0.5, 0.75, 1, 2, 4, 8kHz).

2.3.1. mise en évidence de l'effet de déphasage

Les OEAP de 20 sujets sont enregistrées à 63dB SPL de stimulation ipsilatérale sans et avec stimulation acoustique contralatérale en bruit blanc de 35dB SL. Les valeurs de stimulation sont choisies de façon à ce que les enregistrements soit effectués en dessous du seuil du réflexe stapédien.

2.3.2. effets de l'intensité de stimulation ipsilatérale

Les OEAP sont enregistrées chez 12 sujets pour cinq niveaux d'intensité de clic (57, 60, 63, 66, 69 dB SPL). Un enregistrement est effectué pour chaque niveau d'intensité sans et avec stimulation acoustique contralatérale à 35 dB SL. L'ordre de présentation des différents stimuli est aléatoire.

2.3.3. effets de l'intensité de stimulation contralatérale

Les OEAP sont enregistrées, chez 12 sujets pour une intensité de stimulation ipsilatérale fixée à 63dB SPL, en absence et en présence d'une stimulation contralatérale d'intensité variable (20, 25, 30, 35, 40 et 45 dB SL), dans un ordre aléatoire.

2.4. Analyse des modifications temporelles

Selon la technique de Kemp, une otoémission est composée des fréquences entre 0.5 et 5.5kHz. L'appareil procède à une analyse spectrale composée de FFT (Fast Fourier Transform) de 0.5 à 5.5kHz.

2.4.1. mesure du décalage temporel entre les signaux

Une version récente du système ILO88 permet de mesurer le délai existant entre deux signaux. Les signaux enregistrés sans et avec stimulation contralatérale sont superposés et filtrés sur dix bandes de fréquence de 500 à 5500 Hz. Sur chaque bande filtrée, l'un des deux signaux est déplacé pas par pas jusqu'à ce que la reproductibilité entre les deux signaux soit maximale. Les délais sont mesurés en µs.

2.4.2. analyse en fréquence des signaux

Le calcul de la Cohérence de Phase est utilisé pour quantifier les variations angulaires entre les deux signaux à comparer. Après analyse spectrale par FFT, la variabilité de chaque composant de Fourier des signaux est estimée par la Cohérence de Phase:

$$PC(f) = [(1/n \sum \cos \Phi_{i,f})^2 + (1/n \sum \sin \Phi_{i,f})^2]^{1/2}$$

où n indique le nombre de spectres à comparer (ici n=2) et $\Phi_{i,f}$ représente l'argument du f ième composant complexe de Fourier du ième spectre.

2.5. Mesure des variations d'amplitude des OEAP

La suppression est mesurée (en dB) par différence entre l'écho total (en dB) de l'OEA enregistrée avec stimulation contralatérale et l'écho total de celle enregistrée sans stimulation contralatérale.

3. RESULTATS

3.1. Sens de l'effet de déphasage

Dans 80% des cas, le déphasage a pu être observé comme une avance du signal enregistré en présence de la CAS. La figure 1 montre l'effet de déphasage ; l'effet apparaît après une latence d'environ 8ms. La figure 2 montre que cette latence n'est pas retrouvée lorsque le signal est filtré sur certaines bandes de fréquences ; le déphasage est présent du début à la fin de l'otoémission.

Figure 1 Exemple de superposition des deux signaux d'OEA enregistrés avec stimulation controlatérale (sig 1), sans stimulation controlatérale (sig 2)

Figure 2 Exemple de deux signaux sans et avec, superposés et filtrés sur la bande 1.5-2kHz. Décalage présent dès le début de l'OEA.

3.2. Distribution fréquentielle du déphasage

La distribution fréquentielle, représentée sur la figure 3, montre que l'effet concerne toutes les fréquences de l'OEA, et présente un maximum autour de 1.5kHz. On peut noter qu'il existe une absence de déphasage autour de 3.5-4kHz.

3.3. Amplitude de l'effet de déphasage

Les calculs du décalage temporel entre les signaux ont montré sur 20 sujets, que le délai entre les signaux atteignait en moyenne $30\mu\text{s}$ sur les bandes les plus déphasées (1.5-2kHz).

3.4. Effets de l'intensité de paramètres de stimulation

3.4.1. intensité de stimulation ipsilatérale

Les deux méthodes (temporelle et fréquentielle) ont montré un effet de l'intensité de la stimulation ipsilatérale. Une corrélation négative significative est mise en évidence ($n=12$; $r=-0.86$ pour la mesure du délai et $r=-0.9$ pour l'estimation du déphasage ; $p=0.01$). Lorsque l'intensité croît, le déphasage diminue (figure 4).

Figure 3 Distribution fréquentielle de l'effet de déphasage. Le déphasage est estimé par différence entre la cohérence de phase contrôlée (deux OEA enregistrées dans les mêmes conditions de stimulation, sans CAS) et la cohérence de phase expérimentale (OEA sans versus avec CAS)

Figure 4 (gauche) Le décalage temporel (μs) est exprimé en fonction de l'intensité de stimulation ipsilatérale en dB SPL $n=12$; $r=-0.86$; $p=0.01$. (droite) L'estimation du déphasage est exprimé en fonction de l'intensité ipsilatérale en dB SPL $n=12$ $r=-0.9$; $p=0.01$.

Figure 5 (gauche) Le décalage temporel en μs est exprimé en fonction de l'intensité de stimulation controlatérale en dB SL. $n=12$; $r=0.97$; $p=0.01$.
(droite) Estimation du déphasage est exprimé en fonction de l'intensité de stimulation controlatérale en dB SL. $n=12$; $r=0.89$; $p=0.01$

3.4.2. intensité de stimulation controlatérale

Les deux méthodes mettent en évidence une corrélation positive entre intensité de la stimulation controlatérale et délai d'une part ($r=0.97$; $p=0.01$) et l'estimation du déphasage, d'autre part ($r=0.89$; $p=0.01$) (figure 6).

3.5. Corrélation entre effet supprimeur et déphasage

La figure 3 montre la corrélation existant entre la suppression et le décalage temporel pour chaque sujet. Les deux paramètres sont liés ; L'effet supprimeur est d'autant plus que fort le décalage temporel est important.

4. DISCUSSION

Cette étude met en évidence l'existence d'un déphasage des OEAP lors d'une stimulation acoustique controlatérale et confirme ainsi l'observation de Ryan (1991), tout en définissant pour la première fois les caractéristiques de cet effet.

Elle permet de vérifier que cet effet provient d'une activation du système efférent olivo-cochléaire médian, et non du réflexe stapédien controlatéral. En effet, les intensités utilisées sont choisies en dessous du seuil de déclenchement du réflexe ; la relation mise en évidence entre l'amplitude de l'effet de déphasage et l'intensité de stimulation controlatérale est linéaire et non sigmoïdienne, montrant ainsi que l'effet étudié diffère fonctionnellement d'un réflexe stapédien. D'autre part, la relation entre l'amplitude du déphasage et l'intensité de stimulation ipsilatérale indique que le déphasage est d'autant plus important que l'intensité est faible ; or les CCE sont mises en jeu lors de faibles intensités de stimulation, c'est donc dans ces conditions que leurs contractions sont le plus susceptibles d'être modulées par une activation efférente. La distribution fréquentielle du déphasage indique une absence de déphasage vers 4kHz. Cette information concorde avec une absence d'effet supprimeur observée lors d'études précédentes ; il est probable que ce résultat corresponde à une baisse de la densité de l'innervation efférente vers la zone codant cette fréquence ; une telle discontinuité de l'innervation efférente ayant été observée chez l'animal, à ce niveau. L'effet de déphasage est corrélé à l'effet supprimeur, il est sensible aux mêmes paramètres de stimulation et montre une répartition fréquentielle semblable. Les auteurs ayant souvent démontré l'origine efférente de l'effet de suppression des OEA, il est très probable que les mécanismes physiologiques à l'origine des deux effets soit communs. Cette étude nuance l'action inhibitrice du SEM sur les CCE, en montrant qu'une CAS peut provoquer un départ plus précoce des OEAP, reflétant peut être un départ anticipé des messages nerveux. Il est important de poursuivre l'étude du SEM sous l'angle des modifications temporelles des réponses cochléaires afin de mieux comprendre son fonctionnement et son rôle dans la perception auditive.

5. REFERENCES

- [1] Ryan S. , Kemp D.T. and Hinchcliffe R., *British Journal of Audiology* **25** (1992) 391-397.
- [2] Bray P. and Kemp D.T., *British Journal of Audiology* **21** (1987) 191-204.

Figure 6 La suppression et le décalage temporel de chaque sujet sont représentés par un point. La regression indique la corrélation entre les paramètres. $n=16$; $r=-0.71$; $p=0.01$.