



Case Study

*The Improvement of Severe Psychomotor and
Neurological Dysfunctions Treated with the Tomatis
Audio-Psycho-Phonology Method Measured with EEG
Brain Map and Auditory Evoked Potentials*

Authors: J. Vervoort, M.J.A. de Voigt & W. Van den Bergh, MD

Étude

*L'amélioration des dysfonctionnements psychomoteurs
et neurologiques graves traités par la méthode Tomatis
d'audio-psycho-phonologie – mesures réalisées par
cartographie cérébrale EEG et potentiels évoqués
auditifs*

Auteurs: J. Vervoort, M.J.A. de Voigt & W. Van den Bergh, MD



L'amélioration des dysfonctionnements psychomoteurs et neurologiques graves traités par la méthode Tomatis d'audio-psycho-phonologie – mesures réalisées par cartographie cérébrale EEG et potentiels évoqués auditifs

EXTRAIT. *Contexte.* Des recherches pionnières de Tomatis ont abouti à l'introduction de l'audio-psycho-phonologie (APP) pour traiter, améliorer ou guérir des troubles neurologiques graves.

Méthode. Nous présentons ici pour la première fois des données indépendantes relatives à la méthode APP avec des potentiels évoqués auditifs et une cartographie cérébrale basée sur l'EEG.

Résultats. L'amélioration présentée par ces 4 patients ayant suivi un traitement par APP s'observe dans leurs courbes d'écoute et dans les résultats des cartes cérébrales par EEG ainsi que des potentiels évoqués auditifs.

Conclusion. 1. La méthode par APP semble être un traitement efficace et inoffensif pour les patients présentant des troubles psychomoteurs et/ou neurologiques graves.

2. Les potentiels évoqués auditifs et la cartographie cérébrale par EEG semblent être des examens appropriés pour démontrer les changements d'ordre neurologique après un traitement par APP.

En plus de la présentation des 4 cas, la méthode est brièvement présentée.

MOTS-CLES. Audio-psycho-phonologie, potentiels évoqués auditifs, cartographie cérébrale basée sur l'ECG, déficits neurologiques, Tomatis

La thérapie de l'écoute par audio-psycho-phonologie (APP), aussi appelée la méthode Tomatis, exerce les systèmes neurologique et physiologique de l'individu en lui faisant écouter une musique spécialement traitée et filtrée, la voix maternelle ou sa propre voix. Cet entraînement se base sur le fait que l'oreille est la porte d'entrée la plus sensible du système neurologique central (c'est-à-dire une grande partie du cerveau, le nerf cochléo-vestibulaire, le nerf vague et le nerf récurrent). Les sons filtrés sont présentés aux deux oreilles par un casque et au crâne par un vibreur à conduction osseuse. Le filtrage de la fréquence est associé à un réglage des différentes intensités et des intervalles entre ces composants. Les sons traités proviennent essentiellement de concertos de Mozart et de chants grégoriens. Tomatis a développé ces 50 dernières années un outil électronique spécifique utilisé et perfectionné au Mozart Brain Lab (MBL) à Saint-Trond, Belgique. Le Professeur Tomatis, un ORL, a développé la méthode et mené la plupart des recherches à ce jour. Il a découvert la grande influence psychologique et physique de l'oreille sur notre fonctionnement, la communication, l'apprentissage, le langage et la parole (Madaule, 1994 ; Tomatis, 1972,

J. Vervoort est un professeur en éducation spécialisée à la retraite et le fondateur et directeur de l'Institut Atlantis vzw et du Mozart Brain Lab, Saint-Trond, Belgique.

M. J. A. de Voigt, professeur de physique à la retraite, Université Techn. Eindhoven et thérapeute Tomatis au APP Listening Center Gorinchem, Pays-Bas, est affilié au Mozart Brain Lab et à l'Institut Atlantis vzw, Saint-Trond, Belgique.

W. Van den Bergh, neurologue, cabinet privé, Louvain, Belgique, est affilié au Mozart Brain Lab et à l'Institut Atlantis vzw, Saint-Trond, Belgique.

Adresse de correspondance : M. J. A. de Voigt, Center of Listening Therapy, Krickenmarkt 25, 4201 AN Gorinchem, Pays-Bas (e-mail : m.j.a.de.voigt@tuc.nl).

1989, 1991). Ses recherches basées sur de nombreuses expériences ont abouti à un appareil appelé « Oreille électronique » et utilisé avec succès dans le traitement ces 30 dernières années de plus de 25 000 personnes du monde entier, dont 5000 à Saint-Trond. Les statistiques font état d'améliorations de longue durée dans 80 % des cas comme montré dans des études réalisées dans diverses institutions. Les résultats sont résumés sur le site www.mozart-brain-lab.com.

La méthode a été répliquée sur des groupes d'enfants en milieu scolaire, avec des groupes placebo (Schydlo, 2002 ; Tomatis, 1991). Une répllication indépendante est possible depuis l'introduction il y a 12 ans de la cartographie cérébrale basée sur l'électroencéphalogramme (EEG) à l'Institut Atlantis de Saint-Trond et associée à la thérapie de l'écoute Tomatis. Nous n'avons retenu ici de la foule de données disponibles à Saint-Trond que quatre cas pour illustrer la méthode de répllication.

De façon générale, les changements induits par la thérapie sont peu visibles sur les cartes cérébrales par EEG et dans les potentiels évoqués auditifs. Ils peuvent être liés à des changements dans les tests d'écoute et aux améliorations observées des problèmes des participants. Sur les milliers de fichiers disponibles, nous avons sélectionné quatre participants présentant chacun des problèmes lourds. Les problèmes de chaque participant étaient considérés comme très difficiles, voire impossibles à remédier par des méthodes médicales ou thérapeutiques classiques. Les données et le dossier de deux participants sont décrits dans le détail et les deux autres participants sont décrits de façon plus sommaire, mais tous ont atteint des résultats remarquables. Cet article se termine sur des conclusions et recommandations générales pour le traitement de certains cas pathologiques.

L'APP mis au point par Alfred Tomatis est décrit dans le détail ailleurs (Madaule, 1994 ; Tomatis, 1972, 1989, 1991) de même que l'historique et la motivation de son développement dès 1947 (Tomatis, 1991). Nous résumons ici les principaux éléments de la méthode sans trop aborder les arguments sous-jacents. Il est bien connu que les sons stimulent notre système neurologique et physiologique, notamment les organes de l'ouïe et le cerveau en coordonnant les deux hémisphères. Les effets psychologiques du son et de la musique sont également bien établis. Tomatis a étudié le développement physiologique de l'oreille, dès le premier stade de la grossesse (ex. Tomatis, 1981). Les nombreuses expériences menées sur des femmes enceintes ont révélé que le fœtus réagit aux sons, en particulier ceux dépassant 8000 Hz. Il est apparu que les aigus étaient transmis essentiellement au corps du fœtus par la colonne vertébrale et le bassin maternels, c'est-à-dire par conduction osseuse. Cette preuve et la grande tonicité des muscles directement après la naissance indiquent l'efficacité des aigus dans la stimulation du système nerveux et des muscles. Les organes de l'ouïe du fœtus sont entièrement fonctionnels au 4^e mois de grossesse, contrairement au reste du système nerveux qui a besoin de plus de 20 ans pour être totalement alimenté en myéline. La partie de la cochlée située près de la base, sensible aux hautes fréquences, se développe en premier et est aussi la partie la plus sensible. Ces observations ont amené Tomatis à reconnaître le rôle central joué par l'oreille dans notre fonctionnement. D'autres expériences réalisées sur des chanteurs ont appris à Tomatis la forte corrélation entre l'ouïe et la voix. Cela lui a permis de corriger la voix (ex. personnes chantant faux avec des tons incorrects) en utilisant la thérapie de l'écoute. Ces découvertes associées à une foule d'autres expériences ont permis à Tomatis de formuler trois lois importantes (Tomatis, 1991) :

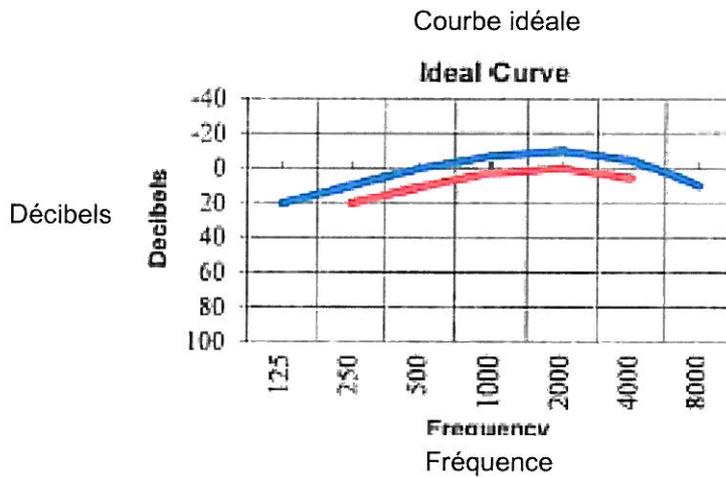
- La voix ne contient que les fréquences que l'oreille peut entendre.
- Si nous donnons à l'oreille la possibilité d'entendre correctement, nous améliorons instantanément et inconsciemment l'expression vocale.
- Il est possible de changer la phonation par une stimulation auditive pendant une certaine durée.

Suite à plusieurs expériences, Tomatis a découvert que les aigus, surtout au-dessus de 8000 Hz, sont bien perçus par le fœtus et il en a déduit l'hypothèse qu'ils entraînent une stimulation corticale efficace (Tomatis, 1981, 1991). C'est pourquoi Tomatis a appelé l'oreille « la batterie du cerveau ». Il a distingué trois régions principales de fréquences et leurs fonctions reliées, précisant que la cochlée analyse toutes les fréquences, en particulier les aigus, et que le vestibule perçoit également les basses. La région inférieure allant jusqu'à environ 1000 Hz est essentiellement liée à l'équilibre ainsi qu'aux fonctions motrice et végétative. Ces sons perçus par le vestibule résonnent sur le corps. La région médiane, entre 1000 et 3000 Hz, est reliée à la parole, au langage et à la communication parce que cette bande de fréquence est très représentée dans la voix. La région des sons aigus, plus de 3000 Hz, concerne davantage les processus d'association et de réflexion parce que les fréquences les plus élevées résonnent essentiellement dans la tête. Il a aussi abordé la conduction osseuse en rapport avec la conduction aérienne. La conduction osseuse prédomine lorsque nous entendons notre propre voix. D'un point de vue psychologique, elle est donc étroitement liée à la communication avec nous-mêmes. La conduction aérienne via les oreilles, par contre, prédomine lorsque nous entendons des sons extérieurs, ce qui la relie à la communication avec notre entourage. L'harmonie entre les deux formes de conduction est importante pour un bon équilibre entre notre monde intérieur et extérieur.

Les sons stimulent aussi bien le système physiologique que neurologique. Le premier type de stimulation est dû aux mouvements des osselets et des membranes (c'est-à-dire le tympan et les membranes ovales et circulaires, exerçant ainsi les muscles de l'oreille moyenne). La stimulation neurologique concerne notamment l'audition, l'équilibre, le nerf vague, les nerfs récurrents et le cerveau. Le nerf récurrent de l'oreille gauche est plus long vers le larynx que celui de l'oreille droite, ce qui, combiné à la localisation de l'aire de Broca, le centre de la parole, dans l'hémisphère gauche, aboutit à un retardement de la parole de 0,03 seconde lorsque le feed-back est dominé par l'oreille gauche (Tomatis, 1991). Ce fait et la domination de l'hémisphère gauche pour la logique, la pensée abstraite, le langage, la lecture, l'écriture et le calcul ont encouragé Tomatis à renforcer l'entraînement de l'oreille droite. La stimulation nerveuse par le son de tous les organes et muscles du corps est largement assurée par le nerf vague qui part du tympan et du canal auditif externe, passe par la moelle épinière pour terminer aux périphéries du corps.

Le point de départ de la thérapie est le test d'écoute qui consiste en un audiogramme interprété sur le plan physique et psychologique par un consultant APP formé. La courbe idéale est représentée à l'illustration 1. Selon Tomatis, cette courbe reflète une sensibilité maximale dans la région de la communication (parole) de 1000 à 3000 Hz.

ILLUSTRATION 1. Le test d'écoute avec la courbe idéale selon Tomatis. Remarque. La courbe bleue représente la conduction aérienne et la courbe rouge la conduction osseuse. Les fréquences intermédiaires à 750, 1500, 3000 et 6000 Hz sont négligées dans un souci de clarté.



Ce test indique des problèmes possibles dans certaines plages de fréquences dans la conduction osseuse et/ou aérienne pour l'oreille gauche ou droite et donc dans l'hémisphère droit ou gauche. Ce dernier phénomène repose sur la notion que les connexions controlatérales entre l'oreille et les hémisphères sont plus solides que les connexions ipsilatérales. Une conduction osseuse élevée par rapport à la conduction aérienne signifie que le participant s'écoute essentiellement, qu'il vit donc dans son monde sans trop contrôler la communication avec son entourage. Des erreurs de localisation sont enregistrées si c'est la mauvaise oreille qui perçoit les sons. Cela peut être le signe d'une confusion dans l'orientation et entre les émotions et la rationalité. La discrimination entre les sons ou sélectivité est mesurée entre des fréquences proches dans le test d'écoute. Une sélectivité fermée signifie une coupure de l'extérieur comme genre de protection. La mesure de la dominance de l'oreille, ou latéralité, indique que le participant est plus ou moins émotionnel ou rationnel.

En fonction des résultats du test d'écoute, un plan personnalisé de thérapie de l'écoute est mis au point. Cette thérapie comprend généralement une certaine musique filtrée, la voix maternelle et la propre voix de l'individu, mais ces sons ont toujours été traités pour fournir une altération continue mais irrégulière entre les aigus et les basses filtrés. Les concertos de Mozart connus pour leur belle harmonie, leur rythme enlevé, leur grande densité de hautes fréquences et leur universalité constituent le support sonore de base. Ils produisent une belle stimulation corticale. Les chants grégoriens sont utilisés pour assurer un entraînement suffisant de la coordination du corps parce qu'ils combinent rythme faible et quiétude. La thérapie commence par une phase passive de musique non filtrée diffusée sur les oreilles et le crâne. Pour les plus jeunes sujets en particulier, la voix de la mère est également enregistrée et utilisée sous une forme très filtrée. La thérapie se termine par une phase active utilisant la propre voix du client en train de lire et de chanter. Elle n'est pratiquée que dans des centres qualifiés équipés des appareils électroniques spécialement développés. De façon générale, les sons de la thérapie de l'écoute sont fournis par cycles de 5 à 9 jours à raison de 2 h à 4 h 30 d'écoute avec deux interruptions d'1 h 30 dans le dernier cas. Chaque cycle débute par un test d'écoute pour vérifier les changements et adapter le programme. Des pauses d'au moins 4 semaines sont prévues entre les cycles. La durée totale de la thérapie dépend des problèmes

du participant et de sa réaction au traitement, mais comprend au moins trois cycles dans la plupart des cas.

METHODE

La cartographie cérébrale par EEG

Beaucoup d'études neurologiques indépendantes ont indiqué que plusieurs problèmes liés au langage et à la communication comme la dyslexie et l'aphasie résultent de pathologies de l'hémisphère temporal gauche (Mason & Mellor, 1984 ; Pinkerton, Watson & McClelland, 1989 ; Tallal, Miller & Fitch, 1993 ; Tallal et al., 1996). Ces problèmes ont été atténués par la stimulation de l'audition, en particulier de l'oreille droite (Merzenich et al., 1996 ; Tallal et al., 1996). Ces dernières années, des techniques de réaction évoquée auditive ont été utilisées pour évaluer objectivement l'intégrité du système auditif central d'enfants présentant des troubles de l'apprentissage, de l'autisme ou des troubles du langage et de l'attention (Van den Bergh, 1998).

Les potentiels évoqués auditifs (PEA) sont mesurés à l'Institut Atlantis en plaçant 20 à 30 électrodes sur le crâne selon le système international 10-20 de positionnement des électrodes. Des clicks auditifs ou sons sont présentés essentiellement à l'oreille gauche et les mesures sont enregistrées (Van den Bergh, 1998) au millième de seconde près. En ce qui concerne le temps, les 10 premières millisecondes correspondent aux fonctions du tronc cérébral inférieur et sont une mesure objective de l'audition périphérique chez les enfants très jeunes ou peu coopératifs. La latence moyenne (10-50 ms), la latence tardive (50-100 ms) et les potentiels auditifs cognitifs (100-700 ms) correspondent aux fonctions du tronc cérébral supérieur, au cortex primaire temporal et au cortex associatif frontal. Une déviation des potentiels de latence moyenne par rapport aux schémas normaux est révélatrice de problèmes de la conscience, des mécanismes de l'attention et du temps d'échantillonnage du système auditif central. Les troubles de développement du langage sont révélés par des déviations dans les potentiels auditifs de longue latence, notamment dans les complexes temporaux T4 (droite) et T3 (gauche).

Les mécanismes de traitement mental de la perception auditive (mécanismes de l'attention) sont explorés par les potentiels auditifs cognitifs. 150 sons sont présentés au participant via un casque. 120 sont fréquents, « standards » et graves et 30 sont « rares », aigus. Le test est réalisé à la fois dans des conditions d'attention (pour les sons rares) et d'inattention. Le plus important est de mesurer les différentes amplitudes (ex. celle de N200) dans ces deux conditions pour un individu donné. Des échelles d'amplitude relative sont suffisantes surtout lorsque les mesures sont répétées ultérieurement pour la même personne avec les mêmes réglages.

Une réponse électrique négative apparaît 100 ms après les sons (N100) au moment où l'attention du participant est dirigée vers la tâche. L'intensité de N100 doit augmenter du fait de l'attention sélective des oreilles. 200 ms après les sons aigus, une réponse électrique négative apparaît (N200) même si le participant n'est pas attentif. Il s'agit d'une mesure de discrimination automatique. 300 ms après les sons aigus, en condition d'attention, une réponse électrique positive apparaît (P300) et correspond à la mesure du traitement contrôlé du stimulus important.

500 à 1000 ms après les sons diffusés en condition d'attention, une réponse électrique négative apparaît dans les zones cérébrales frontales (négativité frontale tardive). Elle mesure le traitement contrôlé supplémentaire des stimuli d'attention.

Ces potentiels cognitifs sont fréquemment perturbés chez les enfants présentant une immaturité cognitive, des troubles déficitaires de l'attention et des troubles de l'apprentissage. Les données de l'EEG quantitatif sont enregistrées avec le même équipement (Sirius, ESAOTE BIOMEDICA). Elles sont traitées quantitativement, par contraste avec l'EEG classique, pour élaborer une carte de réponses sur la surface du cerveau, appelé cartographie cérébrale. La norme « yeux fermés uniquement » a été utilisée. Il n'a été fait usage ni d'analyse de la base de données ni d'analyse statistique en raison de la comparaison de chaque cas avec lui-même (avant et après le traitement), ce qui fournit une indication relative des progrès. Les algorithmes standards d'EEG quantitatif ont été utilisés à la fois pour les mesures et l'analyse. Dans le domaine des fréquences, on distingue généralement quatre régions différentes : Delta ($\delta = 0-4$ c/sec), Theta ($\theta = 4-7$ c/sec), Alpha ($\alpha = 8-12$ c/sec) et Beta ($\beta = 12-30$ c/sec). Les cartes du cerveau peuvent être dressées pour ces quatre régions de fréquences. Par exemple, en cas de faiblesse au niveau de la vivacité d'esprit, on observe une faible activité α et β et/ou une forte activité δ et θ . Pour l'apprentissage et le langage, les activités de l'hémisphère temporal gauche sont très intéressantes.

RESULTATS

Nous présentons les résultats de quatre individus présentant chacun des signes pathologiques. Nous avons vérifié qu'aucun autre traitement ou thérapie n'était administré à ces quatre participants pendant la période de la thérapie de l'écoute. Seuls les participants 2 et 4 ont continué à recevoir des médicaments après le traitement.

Cas 1 : Lena

Lena présentait un retard de développement général psychomoteur et linguistique. Elle n'avait pas de contact conscient avec son environnement ni avec les autres personnes, présentait des tendances autistiques, vivait comme dans un cocon et accusait un retard net dans la motricité fine et grossière. La grossesse de la mère a été très perturbée : perte de liquide amniotique, hémorragies, hospitalisation et médication (ex. antibiotiques). La naissance s'est toutefois déroulée normalement, à terme. A l'âge de 3 mois et demi, Lena a été maintenue dans position dorsale pendant 4 mois, retardant ainsi d'autant plus son développement précoce. Les derniers mois de la grossesse, le transfert sonore de la voix maternelle était loin d'être idéal à cause du volume réduit de liquide amniotique et de l'alitement et du repos forcés de la mère. Les antibiotiques ont influencé négativement le développement de l'enfant. La voix de la mère inquiète avait aussi migré vers les basses parce qu'elle avait peur de perdre son bébé.

A l'âge de 2 ans, Lena a entamé une thérapie de l'écoute à Atlantis, évidemment sans test d'écoute. La thérapie s'est donc basée sur l'expérience du thérapeute. Les parents ont fait preuve d'un dévouement total jusqu'à ce que Lena ait 7 ans. Elle avait alors suivi un total de 31 cycles de 5 jours avec une moyenne de six cycles par an. Le premier cycle a duré 12 jours. Il s'agissait de concertos de Mozart et de chants grégoriens non filtrés. Les cycles se sont ensuite enchaînés à environ 6 semaines d'intervalle, la voix de la mère étant filtrée à 8000 Hz pour induire un retour psychologique à la phase prénatale. Pendant cette phase, la participante

écoute les sons qu'un fœtus pourrait avoir entendus en phase utérine, soit à peine plus de 8000 Hz selon les expériences menées par Tomatis, comme discuté précédemment. De lents progrès ont été enregistrés, d'abord dans le domaine vestibulaire (c'est-à-dire de petits mouvements suivis d'un contact visuel et même de quelques altérations entre agression et affection envers la mère). Un an plus tard, certains progrès de développement ont été notés : elle affichait un meilleur contact avec l'environnement extérieur. A 4 ans, la première carte cérébrale a été réalisée (voir Illustration 2a). Cette carte montrait déjà un rythme de base raisonnable dans la gamme θ (4,0-7,5 Hz) mais pratiquement aucune activité dans les domaines α et β , signe de peu de vivacité d'esprit. Dans l'activité cognitive-auditive du cortex, un très faible signal auditif PEA N200 (évoqué dans un paradigme « oddball » auditif) indiquait une faible discrimination automatique aux stimuli.

Lena écoutait la voix de sa mère et avait été munie d'un réglage motorisé de l'Oreille Electronique pour stimuler simultanément le cortex moteur et auditif en excitant particulièrement le vestibule avec des aigus et la cochlée avec des basses. Lorsque Lena a eu 5 ans, le clinicien a réussi pour la première fois à obtenir un test d'écoute (voir Illustration 3).

La conduction osseuse élevée (ligne rouge) est très prononcée, ce qui est caractéristique des enfants vivant dans leur propre monde. Le trouble est présent à la fois aux basses fréquences, représentant les processus végétatifs nerveux, aux fréquences moyennes, c'est-à-dire en communication et le développement de la parole, et aux fréquences élevées, représentant les processus de pensée. Les résultats de la conduction aérienne (ligne bleue) suivent le même schéma, mais à un niveau bien inférieur, ce qui indique une faible perception et communication avec le monde extérieur, c'est-à-dire une faible vivacité. La même chose a été observée dans la carte du cerveau, comme illustré par la quasi-absence d'activité alpha sur tout le cuir chevelu. Les nombreuses erreurs spatiales révèlent un état de désorientation et de confusion. Le transfert des sons par conduction osseuse dans le crâne cause les erreurs spatiales de gauche à droite ou vice-versa et confirme l'absence constatée d'activité alpha dans la carte du cerveau. D'autres traitements ont accéléré le développement, notamment en matière de motricité, de parole et de coordination et dans le domaine de la conscience pour s'ouvrir au monde extérieur et interagir avec lui.

Une multitude de tests d'écoute et de cartes du cerveau ont enregistré les changements du développement. Les derniers tests d'écoute réalisés lorsque Lena avait 7 ans ont montré une belle amélioration comme l'indique la faible différence observée entre la conduction osseuse et aérienne. Cela signifie une meilleure harmonie entre le monde intérieur et extérieur. L'équilibre entre les fréquences basses et élevées est plus positif aussi. Il permet une meilleure coordination entre le corps et les processus spirituels, donc un fonctionnement plus structurel. Le test de conduction aérienne montre en outre une meilleure reproduction dans le domaine essentiel de la parole entre 1000 et 3000 Hz, en particulier de l'oreille gauche. Les erreurs spatiales ont aussi diminué. En effet, sa parole s'est très bien développée. La dernière carte du cerveau a confirmé les améliorations (Illustration 2b) : il y avait alors une activité alpha de 8 à 9 Hz, maximale à P4. Les courbes PEA farfelues affichaient des améliorations considérables. Une amplitude d'impulsion N100 normale est mesurée dans des conditions de vivacité concentrée. Une discrimination normale automatique aux stimuli est aussi constatée à N200, de même que des durées et une amplitude de latence P300 normales, ce qui signifie un traitement normal contrôlé des stimuli importants.

Les parents y ont aussi contribué par leur extraordinaire persévérance et discipline durant cette thérapie au long cours. Lena est maintenant au seuil d'un développement total

comparable à celui d'autres enfants. A l'exception de son développement physique, elle semble n'avoir qu'un an de retard sur les enfants de son âge en ce qui concerne les capacités d'apprentissage et les attitudes sociales, comme observé par le clinicien, le médecin traitant et les infirmières du jardin d'enfants.

ILLUSTRATION 2. Cartes du cerveau de Lena pendant (a) et après la thérapie (b). Remarque. Les 4 cartes représentent les ondes δ , θ , α et β avec les fréquences indiquées. Veuillez noter que les différentes échelles (barres de couleur verticales) légèrement plus larges dans le cas B que A indiquent une activité cérébrale relative (déduite des voltages des électrodes) avec une activité cérébrale élevée en rouge et faible en bleu.

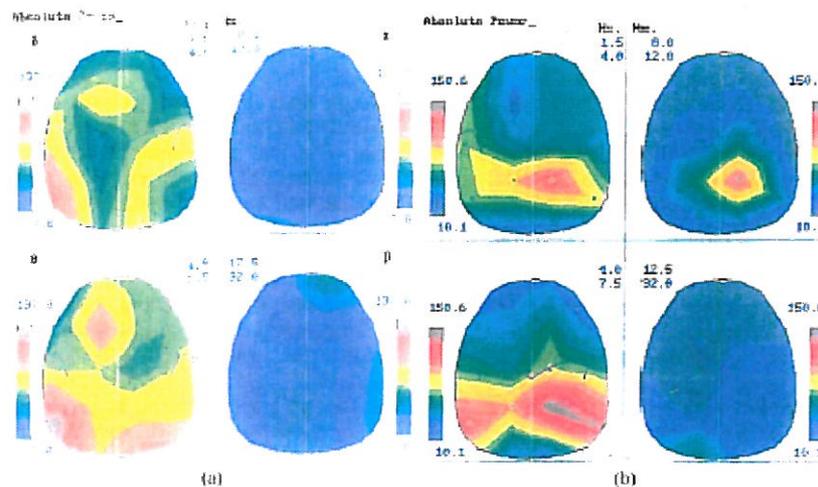
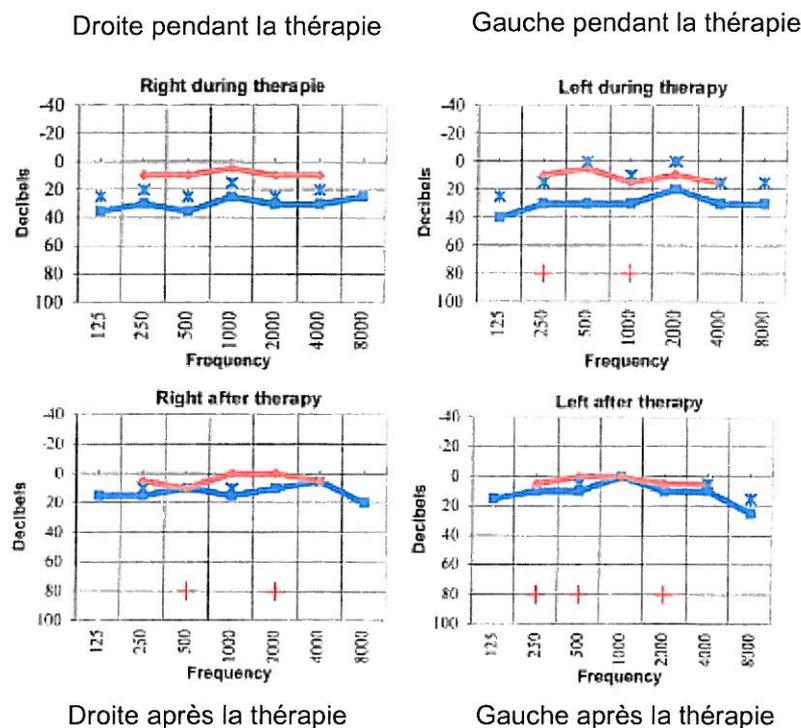


ILLUSTRATION 3. Tests d'écoute pour l'oreille droite et gauche de Lena pendant (au-dessus) et après la thérapie (en dessous). Remarque. Les erreurs spatiales dans la conduction aérienne sont indiquées par des étoiles bleues et dans la conduction osseuse par des croix rouges.



Cas 2 : Johanna

Johanna présentait une surdité verbale congénitale et un retard du développement de la parole. Elle souffrait de dysfonctionnement psycho-neurologique, d'un retard de développement extensif et d'un trouble général de l'observation. Elle n'était capable d'aucune concentration. Elle avait des problèmes d'expression graves, vivait dans son monde et ne montrait aucun intérêt pour le monde extérieur.

Après une naissance prématurée (35^e semaine) par césarienne, elle pesait 2,424 kg et souffrait de graves problèmes. Par exemple, une IRM a révélé une agénésie du corps calleux et une tomodensitométrie du crâne a montré une atrophie dans les lobes cérébral droit et temporal gauche avec une grande citerne ambiante. D'autres problèmes sont apparus plus tard, comme une cyanose et une hypotonie. A partir de ses 4 ans, Johanna a passé plusieurs EEG indiquant une activité épileptique de l'hémisphère gauche et une hypersynchronie. Plusieurs médications ont été prescrites : Opsolat (Sultiam), Sabril et Frisum, avec des résultats fluctuants. Le schéma général avait été interprété dans différents rapports médicaux qui suggéraient le syndrome de Landau-Kleffner caractérisé par une aphasie et des paroxysmes épileptiques bioélectriques.

Johanna a suivi la thérapie pendant 2 ans avec un total de 37 cycles. Le 28 février 1996, alors âgée de 5 ans, elle a effectué un premier test d'écoute. Ce test a révélé de fortes fluctuations et était plutôt chaotique. Dans ce test, l'écart entre la conduction osseuse supérieure et la conduction aérienne a permis de diagnostiquer une sélectivité fermée, c'est-à-dire qu'elle vivait dans son propre monde, séparée des autres. Les résultats de conduction aérienne, très faibles et irréguliers, indiquaient une perception distordue de tous les sens amplifiée par la sélectivité fermée. C'était surtout le cas à basses fréquences, jusque 1000 Hz, causant une mauvaise fonction vestibulaire. Cela expliquait ses gros problèmes de concentration et de parole.

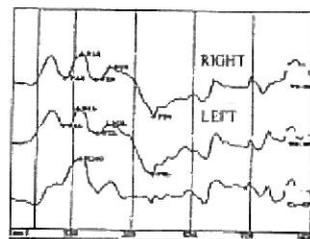
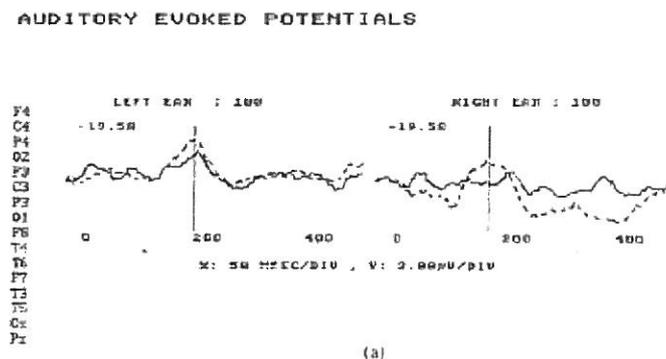
Les premières cartes cérébrales par EEG réalisées le 29 juillet 1996 ont confirmé l'IRM, la tomodensitométrie et les mesures par EEG. La forte activité α (1,5-4,0 Hz) associée à la puissance de l'hémisphère gauche avec un maximum à P3 et O1 allait dans le sens d'une trajectoire perturbée par l'épilepsie.

Les PEALm, évoqués par des sons purs, sont repris sur l'illustration 4. Les résultats figurant dans l'illustration 4a – également obtenue le 29 juillet 1996 - présentent la réponse après une stimulation à gauche et à droite. La réponse de la gauche était plus forte qu'à droite, ce qui coïncide avec le trouble de développement du langage. On a les PEALm T4 (temporal droit ; ligne continue) et T3 (temporal gauche ; ligne interrompue) pour permettre de déduire l'indice d'asymétrie Mason qui est $T4/T3 - T3/T4 = -0,12$. La normale est de $0,5 \pm 0,5$ tandis que le trouble de développement du langage donnerait $-0,25 \pm 0,5$. Cela indique que l'indice de Johanna était plus proche de la pathologie que de l'état normal.

La thérapie de l'écoute s'est poursuivie pendant près de 2 ans avec 19 cycles supplémentaires. Le dernier test d'écoute effectué à l'âge de 8 ans et 6 mois indique une amélioration remarquable avec des courbes de conduction osseuse et aérienne classiques et proches l'une de l'autre, tant pour le côté gauche que pour le côté droit. Les amplitudes des PEALm ont été déduites des données de l'EEG le 5 août 1998 et révélaient un schéma normal avec une réponse plutôt symétrique du côté temporal droit et gauche (voir l'illustration 4b).

En dépit de sa lente évolution et de sa forte médication, Johanna a connu une amélioration remarquable qui a duré de nombreuses années après la fin de la thérapie, comme le prouvent les mesures prises lors d'un test réalisé lorsqu'elle avait 12 ans. Elle est en contact avec son entourage et participe aux activités. Elle parle mieux, a un bon contact visuel, fait beaucoup de projets et veut améliorer ses connaissances. Sa motricité fine s'est également améliorée.

ILLUSTRATION 4. Potentiels évoqués auditifs de latence moyenne de Johanna après le début (a) et à la fin de la thérapie (b). Remarque. La forte asymétrie gauche-droite du début a disparu après la thérapie. Dans l'illustration 4a, la ligne continue représente le complexe T4 (temporal droit) et la ligne en pointillés le complexe T3 (temporal gauche) après la stimulation de l'oreille gauche et de l'oreille droite. Veuillez noter que le voltage négatif, en microvolts, est tracé vers l'avant. Dans l'illustration 4b, la courbe supérieure représente le complexe T4, la courbe intermédiaire le complexe T3 et la courbe inférieure la position centrale Cz, toujours avec la même référence. L'échelle verticale est relative parce qu'elle concerne trois courbes comportant chacune des potentiels positifs et négatifs, mais avec le même réglage que dans l'illustration 4a.



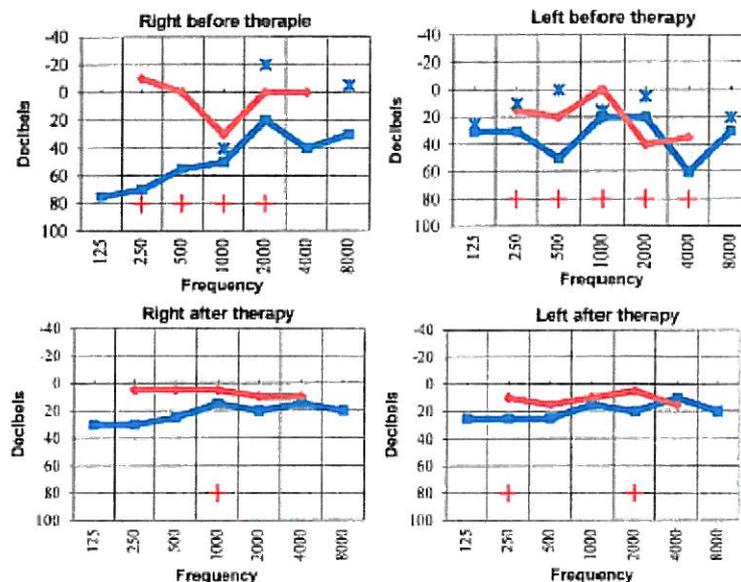
Cas 3 : Francis

Francis est né avec des déficits résultant d'un manque d'oxygène, était autiste, ne parlait pas (analyses faites par l'Université de Louvain), était hyperactif et très agressif, présentait un retard psychomoteur et un retard dans le développement du langage. Francis a suivi une thérapie de l'écoute intensive pendant 1 an ½. Le premier test d'écoute quelque peu fiable a été obtenu le 12 juillet 1995 et révélait une grande différence entre les résultats de conduction osseuse et aérienne avec des irrégularités fortes et chaotiques, confirmant les problèmes de Francis (voir Illustration 5). Dix-huit mois plus tard, le 10 janvier 1997, le test indiquait de nettes améliorations même si les résultats de la conduction osseuse restaient trop élevés. L'illustration 6 compare les données de cartographie cérébrale par EEG avant et après la thérapie. La carte du cerveau avant la thérapie (Illustration 6) révèle une asymétrie dans les amplitudes des PEALm avec prédominance de l'hémisphère gauche. Avec un stimulus dans l'oreille gauche, la réponse du temporal gauche aux PEALm (complexe T, ligne en pointillés)

était supérieure à celle du temporal droit (ligne continue), un schéma typique des troubles de développement du langage. Normalement, ce test révèle un complexe T symétrique ou une asymétrie inverse (réponse supérieure à droite qu'à gauche). Ce renversement d'asymétrie a pu être obtenu après la thérapie. L'indice d'asymétrie Mason (voir cas 2) avant la thérapie était de -0,64, donc compatible avec un trouble de développement du langage. Après la thérapie, cet indice est revenu à la normale.

Francis a fait de beaux progrès en 1 an ½ de thérapie d'écoute intensive. Le garçon est devenu plus calme, capable d'une meilleure concentration et expression orale. Il est devenu plus vif et interagit avec le monde extérieur. Ces changements observés par le clinicien et les parents ont été attestés par ses progrès en parole et communication avec l'environnement, surtout à l'école.

ILLUSTRATION 5. Les tests d'écoute de Francis au début (au-dessus) et à la fin de la thérapie (en dessous).



Cas 4 : Ambroise

Ambroise affichait un gros retard de développement général. Il est né 1 mois trop tôt et a subi des crises épileptiques à partir de 1 mois ½. A l'âge de 2 ans, il est tombé sur la tête, ce qui a endommagé son cerveau : hémorragie cérébrale affectant essentiellement les hémisphères frontal et temporal gauche. Son comportement était chaotique et il était difficile à gérer.

En raison de son jeune âge (2 ans), aucun test d'écoute n'a pu être obtenu. La première cartographie cérébrale par EEG réalisée au début de la thérapie indique un rythme de base très lent de 2 à 5 c/sec dans le domaine δ , avec un maximum dans la région postérieure et une certaine prédominance du côté gauche, sur F3, T3 et T5 (voir Illustration 7).

Le paradigme oddball des PEA ne présente pas les structures N100, N200 et P300, signe de troubles graves de la perception auditive. Après le premier cycle de 10 jours, plusieurs cycles de 6 jours séparés d'environ 6 semaines se sont enchaînés en 2003 (voir Illustration 7b). Il semble y avoir une meilleure harmonie dans le domaine δ . Il n'y a plus de tendances

épileptiques et le médicament Epitomax a été diminué. Le paradigme oddball des PEA présente maintenant faiblement les réponses de N200 (discrimination automatique des stimuli) et P300 (discrimination de la perception consciente).

Ambroise a connu de nets progrès en seulement 6 mois de thérapie d'écoute. Il lui a été recommandé de poursuivre la thérapie intensive pendant 6 à 9 semaines.

ILLUSTRATION 6. Potentiels évoqués auditifs de latence moyenne de Francis après le début (a) et à la fin de la thérapie (b). Remarque. La ligne continue représente le complexe T4 et la ligne en pointillés le complexe T3. Les complexes T sont mesurés comme la somme des intensités P100, N100, P200 et N200, abrégées en P1-N1-P2-N2. Veuillez noter que, sur la carte du cerveau, la couleur bleue représente le voltage électrique négatif, c'est-à-dire une activité cérébrale intense, et la couleur rouge le voltage électrique positif, c'est-à-dire une faible activité cérébrale, contrairement aux indications de couleur figurant aux illustrations 2 et 7.

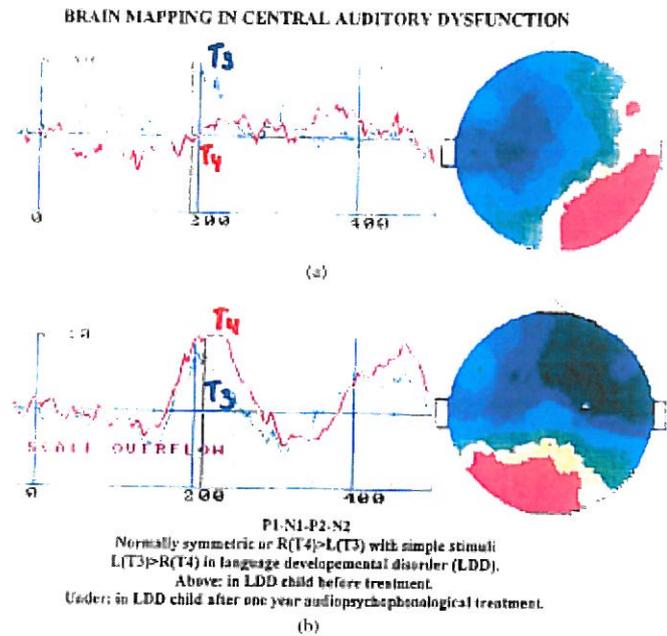
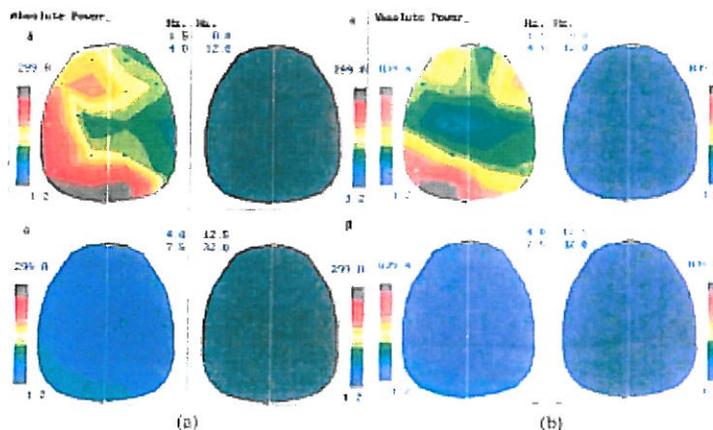


ILLUSTRATION 7. Les cartes cérébrales d'Ambroise avant (a) et après la thérapie (b). Remarque. Les échelles utilisées dans les cartes a et b sont différentes, un facteur de 2,8 plus grand dans le cas b. Cela indique une activité cérébrale relative (déduite des voltages électriques) avec une activité cérébrale élevée en rouge et faible en bleu.



DISCUSSION

Ces quatre participants ne sont qu'une petite sélection des milliers de clients traités avec succès. Les traitements les plus anciens sont moins bien documentés, car la cartographie cérébrale par EEG n'est opérationnelle aux instituts Atlantis et MBL que depuis une décennie. Des piles de cartes du cerveau et de lettres envoyées par des parents, écoles et médecins confirment les améliorations remarquables obtenues sur un large spectre de troubles du développement. Ces données attestent que les résultats décrits ici ne sont pas des incidents isolés, mais des caractéristiques communes de nombreux cas.

On peut en conclure que les tests d'écoute étaient cohérents avec les cartes du cerveau obtenues par EEG, ce qui confirme de façon indépendante les résultats de ces tests. Dans la plupart des cas, des problèmes d'attention et de concentration ont été observés durant le test d'écoute par des résultats de conduction osseuse à faible fréquence élevés et souvent descendants par rapport aux résultats du test de conduction aérienne. Ces résultats vont dans le sens d'une forte activité δ frontale et préfrontale et de l'absence ou d'une faible activité α , essentiellement occipitale, révélées par les cartes du cerveau correspondantes, ainsi que des faibles amplitudes N200 et P300 dans les PEA de paradigme oddball, autant de signes d'un manque de vivacité. Après la thérapie d'écoute, ces aspects affichaient une amélioration aux tests d'écoute ainsi que sur les cartes cérébrales et les PEA. En général, dans le cas de troubles du langage, une corrélation a aussi été observée entre la sensibilité réduite dans la région des fréquences moyennes de 1000 à 3000 Hz mesurée lors des tests d'écoute et l'activité réduite dans les lobes temporaux révélée par la cartographie cérébrale. Par conséquent, les tests d'écoute peuvent être utilisés comme une preuve fiable pour étayer les résultats de la thérapie d'écoute.

Les quatre cas décrits ici portent sur des troubles très graves qui nécessitaient des traitements relativement longs et intensifs. Des troubles de communication, concentration, dyslexie, parole et langage moins sévères, mais plutôt inconfortables ont été traités avec succès en un an de thérapie d'écoute. Il est essentiel que la thérapie soit administrée par des consultants bien formés dans un centre disposant de l'équipement approprié en raison de la nécessité des réglages spécifiques de l'appareil électronique spécial et de l'observation continue des réactions des clients.

REFERENCES

- Madaule, P. (1994). *When listening comes alive*. Ontario, Canada: Moulin.
- Mason, S. M., & Mellor, D. H. (1984). Middle latency and late cortical evoked potentials in children with speech and language disorders. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 59, 297-309.
- Merzenich, M. M., Jenkins, W. M., Johnston, P., Schreiner, C., Miller, S. L., & Tallal, P. (1996). Temporal processing deficits of language-learning impaired children ameliorated by training. *Science*, 271, 77-81.
- Pinkerton, F., Watson, D. R., & McClelland, R. J. (1989). A neurophysiological study of children with reading, writing and spelling difficulties. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 31, 569-581.
- Schydlo, R. (2002), *Kinderpsychiatrische Störungen als Folge auditiver Wahrnehmungsstörungen*. (Child psychiatric distortions caused by auditory perception disorders.) Unpublished report, Düsseldorf, Germany.
- Tallal, P., Miller, S. L., Bedi, G., Byma, G., Wang, X., Nagarajan, S. S., et al. (1996). Language comprehension in language-learning impaired children improved with acoustically modified speech. *Science*, 271, 81-84.
- Tallal, P., Miller, S., & Fitch, R. H. (1993). Neurobiological basis of speech: a case for the pre-eminence of temporal processing. *Annals of the New York Academy of Science*, 682, 27-47.
- Tomatis, A. A. (1972). Education et dyslexie [Education and dyslexia]. In *Coll. Sciences de l'Education*. Fribourg, France: AIAPP Editions.
- Tomatis, A. A. (1981). *La nuit utérine* [The uterine night]. Paris: Verlag Editions Stock.
- Tomatis, A. A. (1989). *Vers l'écoute humaine* [Toward human listening] (D. Zimmermann, Ed.) Paris: ESF.
- Tomatis, A. A. (1991). *The conscious ear* (B. M. Thompson, Ed.). Barrytown, NY: Station Hill Press.
- Van den Bergh, W. (1998). Die neurologische Basis der audio-psycho-phonologischen Therapie bei Sprachentwicklungsstörungen and Legasthenie. (Neurological basis of APP treatment of disturbances in language acquisition and dyslexia.) In: Jozef and Marie-Jeanne Vervoort: Wissen Sie, warum Sie zwei Ohren haben? (Do you know why you do have two ears?) Atlantis-vzw Institute, Sint-Truiden, Belgium, pp. 74-81.