



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 scientifique :

L'amélioration des dysfonctionnements psychomoteurs et neurologiques sévères traités par la méthode Tomatis d'Audio-Psycho- Phonologie, mesurée par cartographie du cerveau EEG et potentiels évoqués auditifs

Traduction française révisée [2021] de l'étude publiée dans le *Journal of Neurotherapy* Vol 1(4) 2007
Version originale (en anglais) disponible en ligne à <http://www.isnr-jnt.org/article/view/16687>
doi: 10.1080/10874200802169621

J. Vervoort, professeur en éducation spécialisée à la retraite, est le fondateur et directeur de l'Institut Atlantis vzw et de 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 : Mozart Brain Lab Stationsstraat 36, 3800 Sint-Truiden, Belgium - office@mozart-brain-lab.com

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

Résumé

Contexte

Les recherches innovantes de Tomatis ont mené à la mise au point de l'Audio-Psycho-Phonologie (APP), permettant de traiter, d'améliorer voire de guérir des troubles psychomoteurs ou neurologiques sévères.

Méthode

Nous présentons ici pour la première fois des données relatives à la méthode d'APP, obtenues de manière indépendante, mesurées par cartographie EEG et potentiels évoqués auditifs.

Résultats

Les résultats du traitement de quatre patients ayant bénéficié d'une thérapie APP sont montrés à l'aide de tests d'écoute, de cartographies du cerveau obtenues par EEG et de potentiels évoqués auditifs.

Discussion

- 1.** La méthode APP semble offrir un traitement efficace et sans risque pour les patients atteints de troubles psychomoteurs et/ou neurologiques sévères.
- 2.** Les cartographies du cerveau obtenues par EEG et les potentiels évoqués auditifs semblent être des procédés d'investigation adéquats pour démontrer les modifications neurologiques induites par le traitement APP.

En plus de la présentation des quatre cas, la méthode sera brièvement décrite.

Mots-clés

Audio-psycho-phonologie, potentiels évoqués auditifs, cartographie cérébrale obtenue par EEG, déficits neurologiques, Tomatis

Contexte

La thérapie de l'écoute par l'Audio-psycho-phonologie (APP) [aussi appelée 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 nerveux central (c'est-à-dire une grande partie du cerveau, le nerf cochléo-vestibulaire, le nerf vague et le nerf récurrent). Des sons filtrés sont présentés aux deux oreilles via un casque audio, et au crâne par un vibreur osseux. Au filtrage des fréquences s'ajoutent divers réglages d'intensité et de délai pour chacune de ces deux voies de transmission du son. 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, en Belgique. Le Professeur Tomatis, un médecin spécialiste de l'audition, a développé la méthode et mené la plupart des recherches disponibles à ce jour. Il a mis en évidence l'influence majeure, aux plans psychologique et physiologique, de l'oreille sur nos capacités de fonctionnement, de communication, d'apprentissage, de langage et de parole (Madaule, 1994 ; Tomatis, 1972, 1989, 1991). Ses recherches, basées sur de nombreuses expériences, ont abouti à un appareil appelé « Oreille électronique », qui a été utilisé avec succès ces 30 dernières années pour le traitement de plus de 25 000 personnes dans le monde entier, dont environ 5 000 à Saint-Trond. Les statistiques, résultant d'examens réalisés dans de nombreuses institutions, font état d'améliorations durables dans environ 80 % des cas ; ces résultats sont résumés sur le site <http://www.mozart-brain-lab.com>.

La méthode a fait l'objet d'essais en groupes parallèles, réalisés sur des enfants en milieu scolaire, avec recours à des groupes placebo (Schydlo, 2002 ; Tomatis, 1991). Depuis que l'Institut Atlantis de Saint-Trond a mis en place la cartographie du cerveau par EEG (électroencéphalogramme) y a environ 12 ans, l'étude indépendante en bras parallèles des résultats obtenus par la thérapie de l'écoute de Tomatis est désormais possible. De la foule de données disponibles à Saint-Trond, nous n'avons retenu ici que quatre cas pour illustrer cette méthode de comparaison.

De façon générale, les changements induits par la thérapie ressortent clairement des résultats des cartographies EEG et des potentiels évoqués auditifs ; ils sont en corrélation avec les changements visibles sur les tests d'écoute ainsi qu'avec les améliorations observées au niveau des problèmes rencontrés par les différents participants. Parmi les milliers de dossiers disponibles, nous avons sélectionné quatre participants présentant chacun des problèmes sévères.

Les problèmes de chaque participant ont été considérés comme très sévères, voire impossibles à traiter par des méthodes médicales ou thérapeutiques classiques. Si les données et antécédents de deux des participants sont décrits en détail, ceux des deux autres participants ont été présentés de façon plus sommaire, mais tous ont obtenu des résultats remarquables. Cet article se termine sur des conclusions et des recommandations générales pour le traitement de certains cas pathologiques.

La méthode d'APP mise au point par Alfred Tomatis est expliquée en détail dans d'autres ouvrages (Madaule, 1994 ; Tomatis, 1972, 1989, 1991), tout comme son historique et la motivation de son développement dès 1947 (Tomatis, 1991). Nous résumons ici les principaux éléments de la méthode sans discuter trop en détail les arguments sous-jacents. Il est bien connu que les sons stimulent la totalité de nos systèmes neurologique et physiologique, et notamment les organes auditifs et le cerveau avec son système de coordination entre les deux hémisphères. De même, les effets psychologiques des sons et de la musique sont également bien établis. Tomatis a étudié le développement physiologique de l'oreille dès le premier stade de la grossesse (p. ex. Tomatis, 1981). De multiples expériences menées sur des femmes enceintes ont révélé que le fœtus réagit aux sons, en particulier aux fréquences supérieures à 8000 Hz. Il s'est avéré que les sons aigus sont essentiellement transmis au corps du fœtus par conduction osseuse à travers la colonne vertébrale et le bassin de la mère. Ces indices, ainsi que le tonus élevé des muscles du nouveau-né directement après la naissance, indiquent l'efficacité des sons aigus pour la stimulation des systèmes nerveux et musculaire. Les organes de l'audition du fœtus sont entièrement fonctionnels environ après le 4^e mois de grossesse, contrairement au reste du système nerveux, qui met plus de 20 ans à se myéliniser complètement. La partie de la cochlée près de la base, dédiée au traitement des sons aigus, est la première à se développer. C'est également 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 avec des chanteurs ont révélé à Tomatis la forte corrélation existant entre l'oreille et la voix. Cela lui a permis de corriger la voix (p. ex. personnes chantant faux) en utilisant la thérapie de l'écoute. Ces découvertes, associées à une foule d'autres expériences, ont conduit Tomatis à formuler trois lois importantes (Tomatis, 1991) :

1. La voix ne contient que les fréquences que l'oreille peut percevoir.
2. Si l'on donne à l'oreille la possibilité d'entendre correctement, on améliore la phonation, instantanément et inconsciemment.
3. Il est possible de modifier la phonation par une stimulation auditive d'une certaine durée.

Diverses expériences ont permis à Tomatis de découvrir que le fœtus perçoit bien les sons aigus, en particulier au-dessus de 8000 Hz, ce dont il a déduit l'hypothèse que ceux-ci entraînent une stimulation corticale efficace (Tomatis, 1981, 1991). C'est pourquoi Tomatis disait de l'oreille qu'elle est « la batterie du cerveau ». Il a distingué trois zones principales de fréquences et les fonctions propres liées à ces plages, avec la notion que la cochlée analyse toutes les fréquences, et particulièrement les sons aigus, mais que le vestibule est, lui aussi, capable de percevoir les basses fréquences. La zone des basses fréquences jusqu'à environ 1000 Hz est essentiellement liée à l'équilibre et aux fonctions motrice et végétative. Ces sons perçus par le vestibule résonnent principalement dans le corps. La zone médiane, entre 1000 et 3000 Hz, est liée à la parole, au langage et à la communication, cette plage de fréquence étant très présente dans la voix. La zone des fréquences aiguës, au-dessus de 3000 Hz, est davantage liée aux processus d'association et de pensée, du fait que les fréquences les plus élevées résonnent essentiellement dans la tête. Il a également mis l'accent sur l'importance de la conduction osseuse par rapport à 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 les personnes qui nous entourent. L'harmonie entre les deux types de conduction est importante pour un bon équilibre entre notre monde intérieur et notre monde extérieur.

Les sons stimulent à la fois le système physiologique et le système neurologique. Le premier type de stimulation est dû aux mouvements des osselets et des membranes (c'est-à-dire le tympan et les fenêtres ovale et circulaire), exerçant ainsi les muscles de l'oreille moyenne correspondants. La stimulation neurologique agit entre autres sur l'audition, l'équilibre, le nerf vague, les nerfs récurrents et le cerveau. Le parcours du nerf récurrent de l'oreille gauche au larynx est plus long que celui de l'oreille droite, ce qui, combiné à la localisation de l'aire de Broca, centre de la parole, dans l'hémisphère gauche, occasionne une temporisation de la perception de la parole de 0,03 seconde lorsque le retour de l'oreille gauche est dominant (Tomatis, 1991). Ceci, ajouté au fait que l'hémisphère gauche est dominant pour la logique, la pensée abstraite, le langage, la lecture, l'écriture et le calcul, a encouragé Tomatis à renforcer l'entraînement de l'oreille droite. La stimulation neurologique par le son de tous les organes et muscles du corps est largement assurée par le nerf vague, innervant le tympan et le canal auditif externe, puis, passant par la moelle épinière, innerve toutes les zones périphériques du corps.

Le point de départ d'une thérapie d'écoute est un test d'écoute, qui consiste en un audiogramme interprété sur le plan physiologique et psychologique par un(e) consultant(e) formé(e) en APP. La figure 1 représente une courbe d'écoute idéale, qui, selon

Tomatis, présente une sensibilité maximale dans la zone de la communication (parole), située entre 1000 et 3000 Hz.

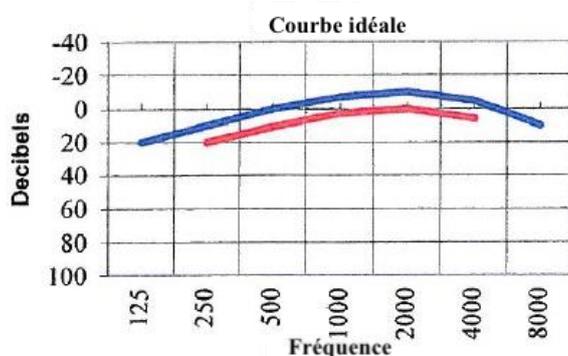


Figure 1 : Diagramme de test présentant la courbe idéale selon Tomatis. Nota : La courbe bleue représente la conduction aérienne et la courbe rouge la conduction osseuse. Les fréquences intermédiaires à 750, 1500, 3000 et 6000 Hz ont été omises dans un souci de clarté.

Le test d'écoute indique d'éventuels problèmes dans certaines plages de fréquences dans la conduction osseuse et / ou aérienne de l'oreille gauche ou droite, et donc respectivement, dans l'hémisphère droit ou gauche. Ce dernier phénomène repose sur la notion que les connexions contralatérales [c'est-à-dire entre l'oreille et l'hémisphère opposé] sont plus fortes que les connexions ipsilatérales [entre l'oreille et l'hémisphère du même côté]. Une conduction osseuse élevée par rapport à la conduction aérienne signifie que le participant est principalement à l'écoute de lui-même ou d'elle-même, qu'il ou elle vit dans son propre monde et qu'il ou elle contrôle peu, ou mal, la communication avec son entourage. Des erreurs de "spatialisation" sont enregistrées si c'est l'oreille opposée qui perçoit les sons. Cela peut être le signe d'une confusion dans l'orientation spatiale, mais aussi entre les émotions et la rationalité. Le test d'écoute mesure également la discrimination des sons, ou sélectivité, entre les fréquences proches [plus graves ou plus aiguës] dans le test d'écoute. Une sélectivité fermée signifie une coupure du monde extérieur, au sens d'une forme de protection. L'évaluation de la dominance de l'oreille, ou latéralité, indique si le participant est plutôt émotionnel ou rationnel.

En fonction des résultats du test d'écoute, un plan de thérapie de l'écoute personnalisé est mis au point. Cette thérapie comprend dans la plupart des cas des morceaux choisis de musique filtrée, la voix maternelle et la propre voix de l'individu, mais tous les supports sonores sont constamment modifiés, afin de produire une alternance continue mais irrégulière entre fréquences filtrées, aiguës et graves. Les concertos de Mozart, reconnus pour leur belle harmonie, leur rythme enlevé, leur richesse en hautes fréquences et leur universalité,

constituent le support sonore de base, car ils offrent une excellente stimulation corticale. Pour assurer un entraînement suffisant de la coordination physique, on utilise des chants grégoriens, parce qu'ils combinent rythme lent et quiétude. La thérapie débute par une phase passive de musique non filtrée, suivie de musique filtrée dans les fréquences aiguës, puis de nouveau de musique non filtrée, diffusée dans les oreilles et sur le crâne. Pour les sujets plus jeunes en particulier, on utilise également la voix de la mère, enregistrée puis filtrée de façon à favoriser les fréquences aiguës. La thérapie se termine par une phase active, durant laquelle le patient utilise sa propre voix, en lisant ou en chantant au microphore. Cette phase n'est pratiquée que dans les centres qualifiés équipés d'appareils électroniques spéciaux. De façon générale, la thérapie de l'écoute se déroule par cycles de 5 à 9 jours à raison de 2h à 4h30 d'écoute journalière, avec deux pauses de 1h30 dans le dernier cas. Chaque cycle débute par un test d'écoute afin de vérifier les changements intervenus et d'adapter le programme en conséquence. 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.

Méthode

La cartographie du cerveau obtenue par EEG

De nombreuses études neurologiques indépendantes ont montré que divers problèmes liés au langage et à la communication, tels que la dyslexie et l'aphasie, résultent de pathologies du lobe temporal de l'hémisphère gauche (Mason & Mellor, 1984 ; Pinkerton, Watson & McClelland, 1989 ; Tallal, Miller & Fitch, 1993 ; Tallal et al, 1996). Ces problèmes ont pu être considérablement atténués par la stimulation auditive, en particulier de l'oreille droite (Merzenich et al, 1996 ; Tallal et al, 1996). Au cours des dernières années, des techniques utilisant les potentiels évoqués auditifs ont été utilisées pour évaluer objectivement l'intégrité du système auditif central d'enfants présentant des troubles de l'apprentissage, des troubles du spectre autistique ou des troubles du langage et de l'attention (Van den Bergh, 1998).

À l'institut Atlantis, on mesure les potentiels évoqués auditifs (PEA) en plaçant 20 à 30 électrodes sur le crâne, selon le système « 10-20 » international de placement des électrodes. Des cliquetis sonores ou des sons sont présentés essentiellement à l'oreille gauche, et les mesures sont enregistrées (Van den Bergh, 1998). Les réponses sont enregistrées en fonction du temps en millisecondes.

En termes de temps, les 10 premières millisecondes (latence brève) correspondent aux fonctions du tronc cérébral inférieur et permettent 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 respectivement 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 indique des problèmes liés à la conscience, à l'attention ou à la vitesse d'échantillonnage du système auditif central. Les troubles de développement du langage se traduisent par des déviations dans les potentiels auditifs de latence tardive, notamment dans les dérivations temporales T4 (droite) et T3 (gauche).

Les potentiels évoqués auditifs dits "cognitifs" permettent d'explorer les mécanismes du traitement mental de la perception auditive (mécanismes de l'attention). Une série de 150 sons est présentée au participant via un casque. Les sons fréquents, "standard", graves, sont diffusés 120 fois, contre 30 fois pour les sons "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 (p. ex. à N200) dans les deux conditions pour un individu donné. C'est pourquoi des échelles d'amplitude relatives suffisent, surtout lorsque les mesures sont répétées ultérieurement pour la même personne avec des réglages identiques.

Une réponse électrique négative apparaît 100 ms après chaque son (N100), moment auquel l'attention du participant est dirigée vers la tâche. L'intensité de N100 devrait augmenter en fonction d'une attention sélective précoce. 200 ms après les sons aigus, une réponse électrique négative apparaît (N200), même si le participant n'est pas attentif. Cette dernière constitue un indicateur de la discrimination automatique. 300 ms après les sons aigus, en condition d'attention, une réponse électrique positive apparaît (P300). Celle-ci est l'indicateur du traitement contrôlé d'un stimulus significatif.

500 à 1000 ms après les sons perçus en condition d'attention, une réponse électrique négative apparaît dans les zones cérébrales frontales (négativité frontale tardive). C'est un indicateur de la poursuite du traitement contrôlé des stimuli.

Ces potentiels cognitifs sont fréquemment perturbés chez les enfants présentant une immaturité cognitive, des troubles du déficit de l'attention et des troubles d'apprentissage.

Les données de l'EEG quantitatif sont enregistrées avec le même équipement (Sirius, ESAOTE BIOMEDICA). Elles sont traitées quantitativement, à l'inverse de l'EEG classique, afin de reproduire une cartographie de la surface du cerveau, ou cortex, appelée en anglais Brain-Mapping. Dans le cas présent on a utilisé uniquement la condition standard « yeux fermés ».

Il n'a été fait usage ni de données externes d'une base de données, ni d'aucune méthode d'analyse statistique, car chaque cas n'a été comparé qu'à lui-même (avant et après le traitement), ce qui fournit une indication relative des progrès accomplis. Les algorithmes standard d'EEG quantitatif ont été utilisés à la fois pour les mesures et l'analyse des résultats (évaluation). Dans le domaine des fréquences, on distingue généralement quatre types d'ondes : Delta ($\delta = 0 - 4$ Hz), Thêta ($\theta = 4 - 8$ Hz), Alpha ($\alpha = 8 - 12$ Hz) et Beta ($\beta = 12 - 30$ Hz). Des cartographies du cerveau peuvent être dressées pour chacune de ces quatre gammes de fréquence. Par exemple, en cas de faiblesse au de la vigilance, on observe une faible activité des ondes α et β et / ou une forte activité de δ et θ . L'activité du lobe temporal de l'hémisphère gauche présente un intérêt particulier pour l'apprentissage et le langage.

Résultats

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

Cas n° 1: Lena

Lena présentait un retard général de développement psychomoteur et du langage. Elle n'entrait pas consciemment en contact avec son entourage, présentait des tendances autistiques, vivait comme dans un cocon et accusait un retard manifeste au niveau de la motricité fine et grossière. La grossesse de la mère avait été sévèrement perturbée : perte de liquide amniotique, hémorragies, hospitalisations et médications (p. ex. antibiotiques). L'accouchement s'était toutefois déroulé normalement et à terme. A partir de l'âge de 3 mois et demi, Lena avait été maintenue en position dorsale pendant 4 mois, ce qui a accentué son retard de développement encore davantage. Les derniers mois de la grossesse, la transmission de la voix maternelle était déjà loin d'être idéale à cause du volume réduit de liquide amniotique et de l'alitement et du repos forcés de la mère. Les antibiotiques ont également eu un effet négatif sur le développement de l'enfant. De plus, la voix de la mère, angoissée à l'idée de perdre de son bébé, avait changé, elle était dominée par les fréquences basses.

Lena a entamé une thérapie de l'écoute à Atlantis à l'âge de 2 ans, évidemment sans test d'écoute. Dans ces cas, le thérapeute s'appuie sur son expérience pour pratiquer la thérapie.

Les parents ont fait preuve d'un dévouement total. Lena a reçu un total de 31 cycles de 5 jours avec une moyenne de six cycles par an, jusqu'à son 7^e anniversaire. Le premier cycle, comprenant uniquement des concertos de Mozart et des chants grégoriens non filtrés, a duré 12 jours. Les cycles se sont ensuite enchaînés à environ 6 semaines d'intervalle, avec l'écoute de la voix maternelle filtrée à 8000 Hz, afin d'induire un retour psychologique à la phase prénatale. Pendant cette phase, le participant écoute les sons tels qu'un fœtus les entend probablement durant la phase utérine, soit à une fréquence supérieure à environ 8000 Hz, selon les expériences menées par Tomatis que nous avons évoquées précédemment. Un progrès lent a pu être noté, d'abord dans le domaine vestibulaire (c'est-à-dire de petits mouvements, une amorce de contact visuel, puis une attitude changeante, entre agressivité et signes d'affection vis-à-vis de la mère). Un an plus tard, de nouveaux progrès ont été constatés dans son développement : Lena a commencé à avoir davantage de contact avec son environnement. Sa première cartographie cérébrale a été réalisée à l'âge de 4 ans (voir Figure 2a). Cette carte montrait déjà un rythme de base des ondes θ acceptable (4,0-7,5 Hz) mais pratiquement aucune activité des ondes α et β , un signe de manque de vigilance. Au niveau de l'activité du cortex cognitif et auditif, un très faible signal auditif PEA N200 (mesuré dans un paradigme « oddball » auditif)

Lena a écouté la voix maternelle avec un réglage de motricité sous l'Oreille Electronique, dans le but de stimuler simultanément et harmonieusement le cortex moteur et auditif, les fréquences graves stimulant particulièrement le vestibule et les fréquences aiguës, la cochlée. Lorsque Lena a eu 5 ans, le clinicien a pu réaliser un test d'écoute pour la première fois (voir Figure 3).

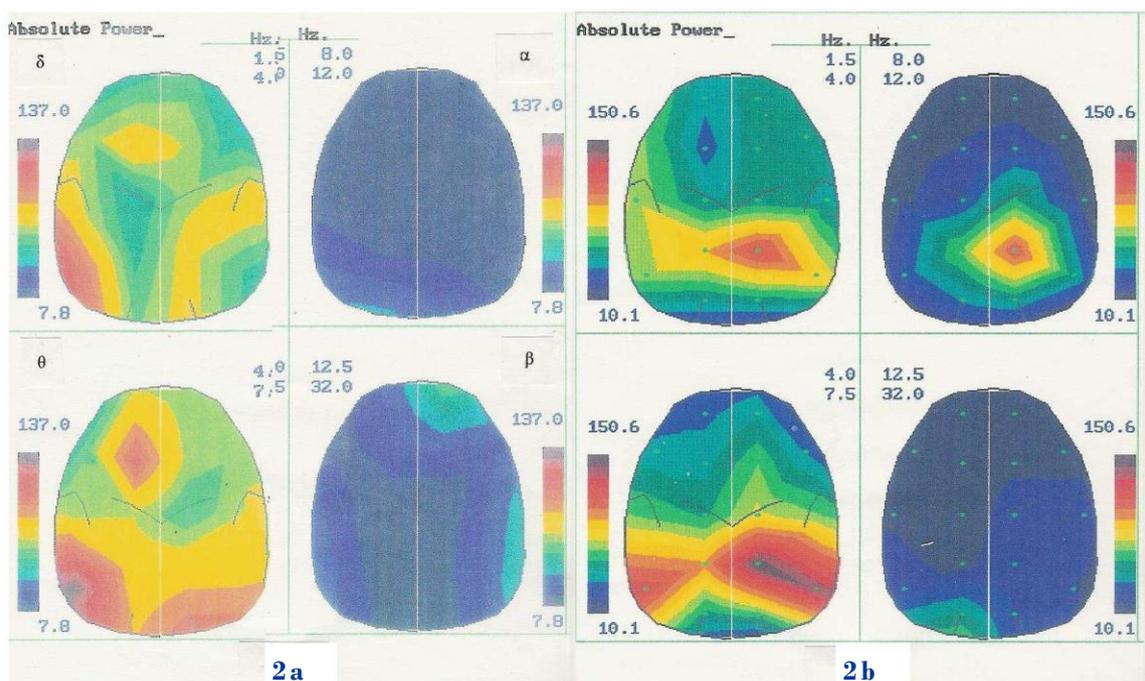


Figure 2 : Cartographies du cerveau de Lena pendant (2a) et après la thérapie (2b). Les 4 cartes représentent séparément les ondes δ , θ , α et β , chacune avec sa gamme de fréquences telle qu'indiquée dans les diagrammes. Nota : les différentes échelles (barres de couleur verticales), légèrement plus larges dans le diagramme (b) que dans le diagramme (a), indiquent l'activité cérébrale relative (dérivée de la tension mesurée au niveau des électrodes), avec une activité cérébrale élevée indiquée en rouge et faible en bleu.

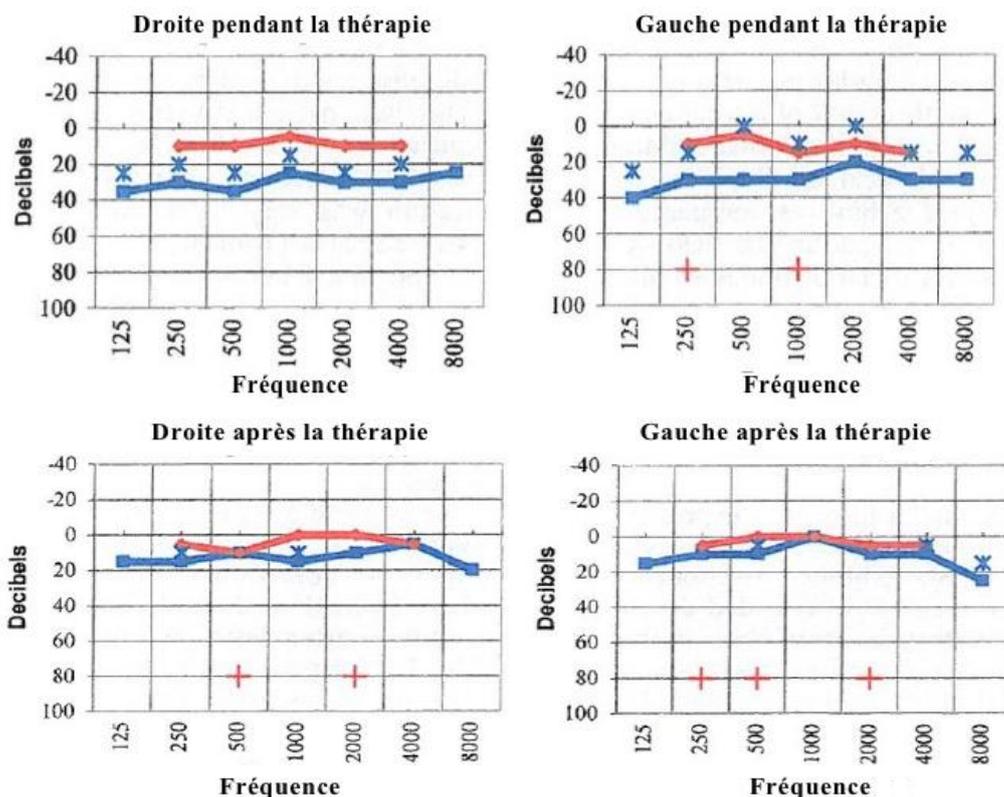


Figure 3 : Tests d'écoute des oreilles droite et gauche de Lena pendant (en haut) et après (en bas) la thérapie. Nota : les erreurs de spatialisation sont indiquées par des étoiles bleues dans la conduction aérienne et par des croix rouges dans la conduction osseuse.

La conduction osseuse (courbe rouge) était très élevée, caractéristique des enfants vivant dans leur propre monde. Le trouble était présent à la fois dans les basses fréquences, qui représentent les processus du système nerveux végétatif, dans les fréquences moyennes où se situent la communication et le développement de la parole, et dans les fréquences aiguës, qui représentent les processus de la pensée. Les résultats de la conduction aérienne (courbe bleue) suivent un schéma identique, mais à un niveau bien inférieur, ce qui indique une perception défaillante du monde extérieur et une communication défaillante avec ce dernier, et par conséquent, un niveau de vigilance faible. La même chose a été observée sur la cartographie du cerveau où l'on constate une absence presque totale d'activité alpha sur toute la surface du crâne. Les nombreuses erreurs de spatialisation indiquent un état de désorientation et de confusion.

Durant la transmission des sons au crâne via la conduction osseuse se produisent des erreurs de spatialisation entre gauche et droite, ou vice-versa, ce qui cadre avec l'absence d'activité alpha sur la cartographie du cerveau. Les traitements suivants ont permis d'accélérer le développement, notamment en matière de motricité, de langage et de coordination, ainsi que dans le domaine de la cognition, ce qui lui a permis de s'ouvrir au monde et d'interagir avec son entourage.

Un grand nombre de tests d'écoute et de cartographies du cerveau ont permis de documenter les progrès du développement de Lena. Les derniers tests d'écoute, réalisés à l'âge de 7 ans, révèlent l'amélioration considérable accomplie, illustrée notamment par l'écart désormais réduit entre les courbes de conduction osseuse et aérienne, signe d'une meilleure harmonie entre les mondes intérieur et extérieur. L'équilibre entre les fréquences graves et aiguës est également plus positif, permettant une meilleure coordination entre les processus physiques et mentaux, et par conséquent, un fonctionnement plus structuré. Le test de la conduction aérienne montre en outre une meilleure reproduction (phonation) dans la zone essentielle pour la parole, entre 1000 et 3000 Hz, particulièrement au niveau de l'oreille gauche. Le nombre d'erreurs de spatialisation a, lui aussi, diminué. Effectivement, son langage et son élocution se sont très bien développés. La toute dernière cartographie du cerveau confirme les progrès accomplis (Figure 2b) : on y trouve désormais une activité des ondes alpha de 8 à 9 Hz, avec un point culminant en P4. Les courbes de PEA oddball révèlent, elles aussi, des améliorations considérables. La mesure de l'amplitude d'impulsion à N100 dans des conditions de vigilance focalisée est désormais normale. On note également une discrimination automatique des stimuli à N200 ainsi qu'un temps de latence normal en P300 avec une amplitude normale, et on peut donc considérer que le traitement des stimuli significatifs est désormais normal et contrôlé.

Les parents ont contribué par leur extraordinaire persévérance et discipline au succès de cette thérapie au long cours. A présent, Lena a atteint un seuil de développement global comparable à celui d'autres enfants. A l'exception de son développement physique, elle semble n'avoir à présent qu'un an de retard sur les enfants de son âge pour ce qui est des capacités d'apprentissage et de comportement en société, comme ont pu l'observer le clinicien, le médecin traitant et les infirmières de la maternelle.

Cas n° 2 : Johanna

L'anamnèse de Johanna présentait une aphasie expressive et un retard du développement de la parole. Johanna souffrait de troubles neuropsychologiques, d'un retard de développement marqué et d'un trouble généralisé de l'observation ; elle n'était capable d'aucune concentration et souffrait de troubles du langage sévères ; elle vivait dans son propre monde et ne montrait aucun intérêt pour son environnement.

A la naissance, prématurée par césarienne (35^e semaine), elle ne pesait que 2,424 kg et souffrait de divers problèmes sévères.

Par exemple, une IRM a permis de déceler une agénésie du corps calleux, et un CT-scan du crâne a révélé une atrophie de l'hémisphère droit et du lobe temporal gauche, ainsi qu'un élargissement de la grande citerne (méga cisterna magna). D'autres problèmes sont apparus plus tard, parmi lesquels une cyanose et une hypotonie. Les multiples EEG effectués sur Johanna à partir de l'âge de 4 ans indiquent une activité épileptique dans l'hémisphère gauche et une hypersynchronicité. Plusieurs médicaments ont été prescrits, comme p. ex. Opsolat (Sultiam), Sabril et Frisum, avec des résultats fluctuants. Le tableau clinique général a été interprété dans différents rapports médicaux, suggérant l'existence d'un syndrome de Landau-Kleffner, caractérisé par une aphasie et des données bioélectriques symptomatiques des paroxysmes épileptiques.

Johanna a suivi la thérapie pendant deux ans, avec un total de 37 cycles. Elle a subi son premier test d'écoute le 28 février 1996, à l'âge de 5 ans. Il montrait de fortes fluctuations et l'impression globale était plutôt chaotique. On y note un écart important entre la conduction osseuse, très haute, et la conduction aérienne ainsi qu'une sélectivité fermée, signifiant qu'elle vivait dans son propre monde, séparée des autres. La conduction aérienne, très faible, irrégulière et basse, indique des troubles de la perception affectant tous les champs sensoriels, aggravés par la sélectivité fermée. C'était surtout le cas dans la zone des basses fréquences, au-dessous de 1000 Hz, causant un mauvais fonctionnement vestibulaire. De ce fait, elle présentait une très faible capacité de concentration et de sévères problèmes de langage.

Les premières cartographies EEG, réalisées le 29 juillet 1996, confirment les résultats de l'IRM, du CT-scan et de l'EEG précédents. La forte activité δ (1,5-4,0 Hz), maximale dans l'hémisphère gauche avec des pics au niveau de P3 et O1, correspond à la zone perturbée par l'épilepsie.

Les potentiels évoqués auditifs de latence moyenne (PEALM), évoqués par des sons purs, sont représentés sur la Figure 4. Les résultats de la Figure 4a, également obtenus le 29 juillet 1996, indiquent la réponse après une stimulation à gauche et à droite. La réponse est plus forte à gauche qu'à droite, ce qui coïncide avec les troubles de développement du langage. Les PEALM des complexes T4 (temporal droit : ligne continue) et T3 (temporal gauche : ligne en pointillés) permettent de calculer l'indice d'asymétrie de Mason, soit $T4/T3 - T3/T4 = -0,12$. L'indice normal est de $0,5 + 0,5$, contre $-0,25 + 0,5$ en présence de problèmes de développement du langage. L'indice de Johanna était donc plus proche de la pathologie que de l'état normal.

La thérapie de l'écoute s'est poursuivie pendant près de deux ans avec 19 cycles supplémentaires. Le dernier test d'écoute, effectué à l'âge de 8 ans et demi, indique une amélioration remarquable avec des courbes de conduction osseuse et de conduction aérienne régulières et rapprochées, tant à gauche qu'à droite. Les amplitudes de PEALM, d'après les données de l'EEG du 5 août 1998, révèlent des courbes d'allure normale, avec une réponse relativement symétrique des lobes temporaux droit et gauche (voir Figure 4b).

En dépit d'un développement lent et d'une forte médication, Johanna a fait des progrès remarquables qui ont continué de nombreuses années après la fin de la thérapie, comme le démontrent les mesures faites lors d'un test réalisé à l'âge de 12 ans. Elle interagit avec son entourage et participe aux activités. Elle parle mieux, a un bon contact visuel, plein de projets, et veut améliorer ses connaissances. Sa motricité fine s'est également améliorée.

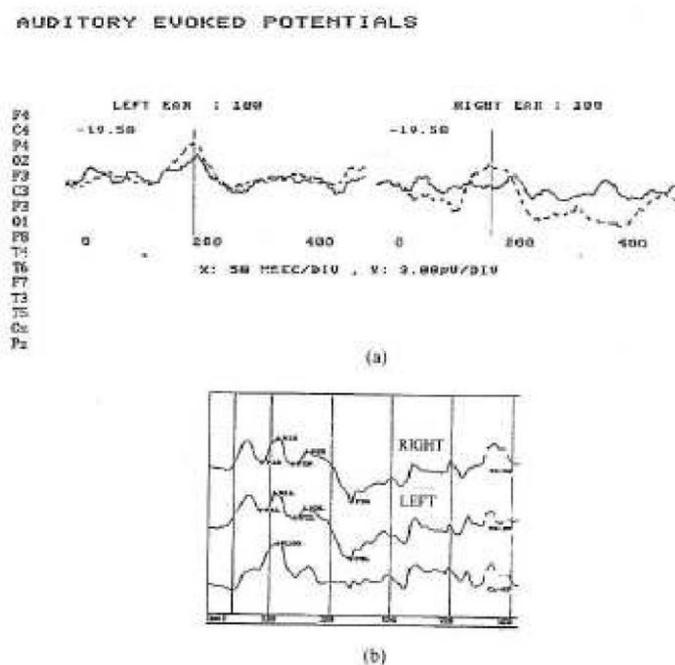


Figure 4 : Potentiels évoqués auditifs de latence moyenne (PEALM) de Johanna (a) après le début et (b) à la fin de la thérapie. Nota : La forte asymétrie gauche-droite du début a disparu après la thérapie. Sur la Figure 4a, la ligne continue représente le complexe T4 (temporal droit) et la ligne en pointillés le complexe T3 (temporal gauche) après la stimulation de l'oreille gauche et de l'oreille droite. Également à noter : les tensions négatives, en microvolts, présentent des tracés ascendants. Sur la Figure 4b, la courbe supérieure représente le complexe T4, la courbe intermédiaire le complexe T3 et la courbe inférieure la zone centrale Cz, toutes à la même échelle. L'échelle verticale est relative parce qu'elle concerne trois courbes comportant chacune des potentiels positifs et négatifs, mais le réglage est identique à celui de la Figure 4a.

Cas n° 3 : Francis

Francis est né avec des déficits résultant d'un manque d'oxygène à la naissance ; il était autiste, ne parlait pas (examens réalisés par l'Université de Louvain), était hyperactif et très agressif, et présentait un retard psychomoteur.

et un retard de développement du langage. Francis a suivi une thérapie de l'écoute intensive pendant 1 an et demi. Le premier test d'écoute à peu près fiable, obtenu le 12 juillet 1995, affiche une grande distance entre les conceptions osseuse et aérienne avec des irrégularités fortes et chaotiques, illustrant bien les problèmes de Francis (voir Figure 5). Dix-huit mois plus tard, le 10 janvier 1997, le test révèle de nettes améliorations, même si la conduction osseuse reste encore trop haute.

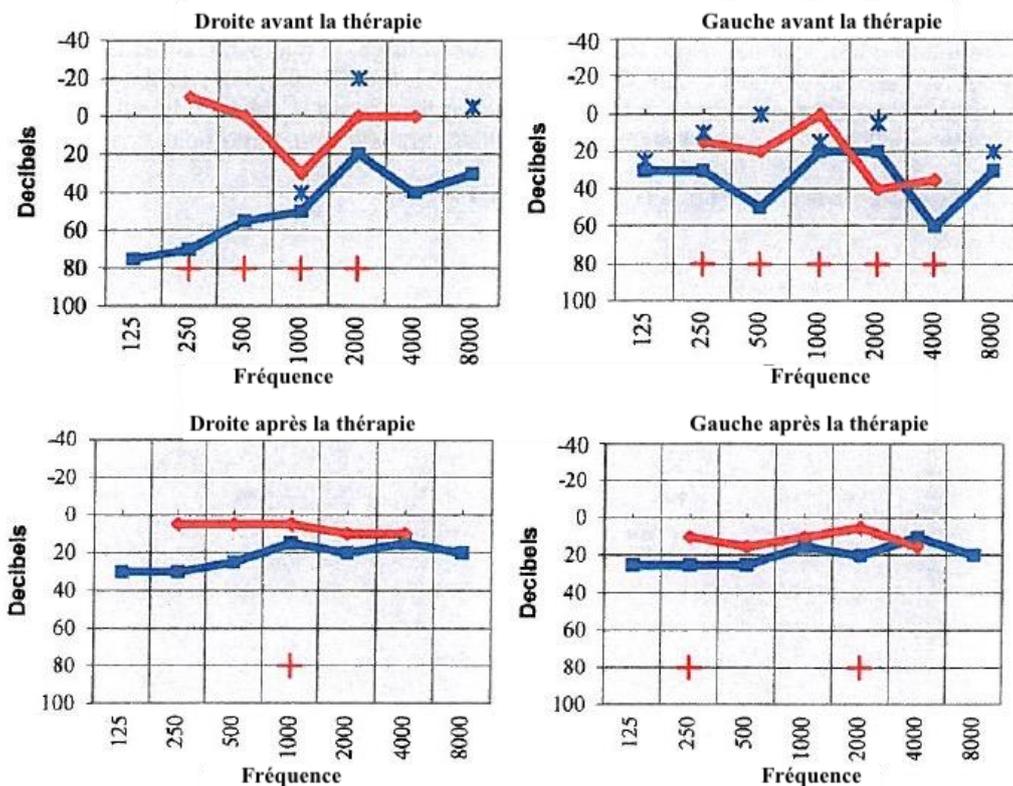
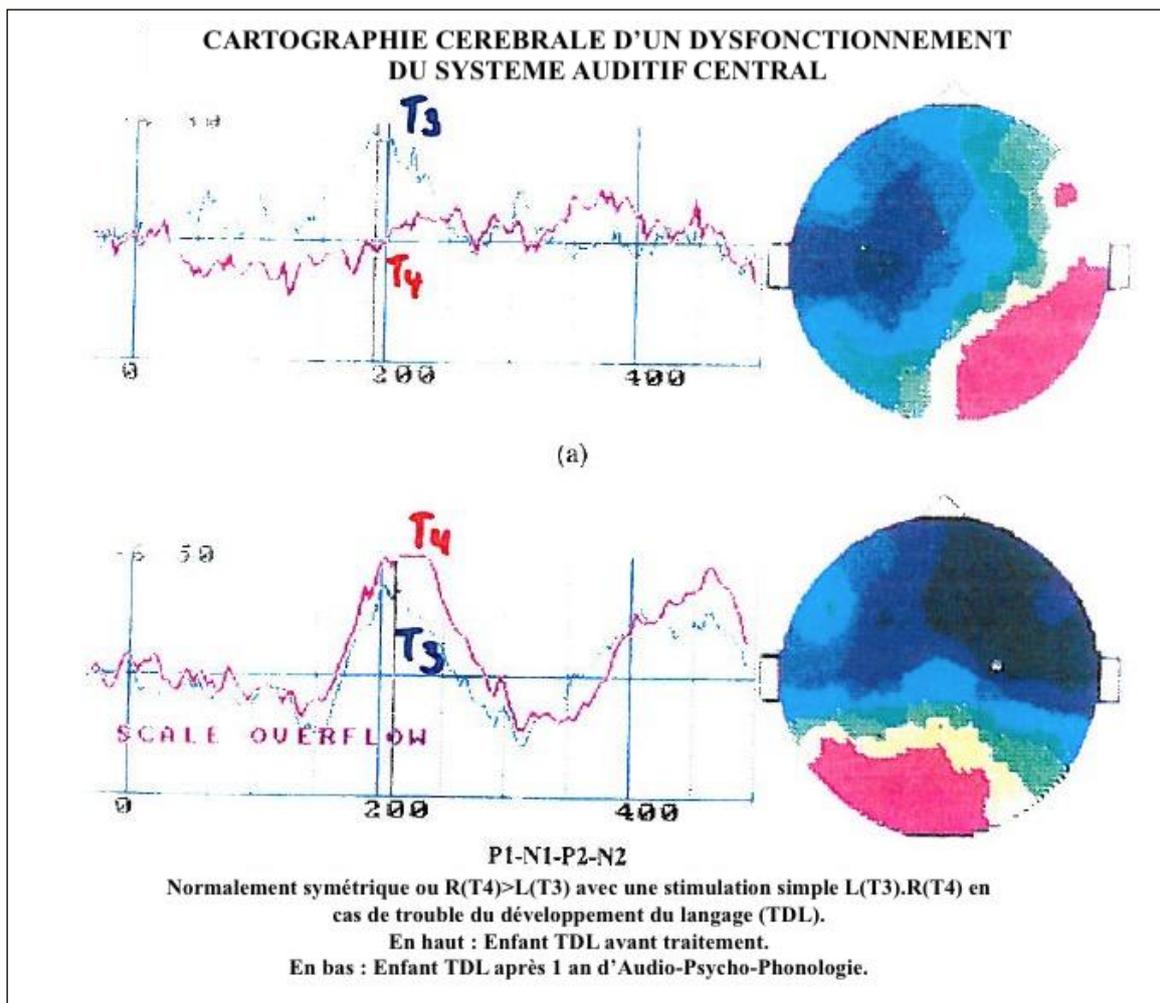


Figure 5 : Les tests d'écoute de Francis au début (en haut) et à la fin de la thérapie (en bas).

La Figure 6 compare les données de cartographie EEG et de potentiels évoqués auditifs (PEA) avant et après la thérapie. La cartographie du cerveau avant la thérapie (Figure 6) montre une asymétrie dans les amplitudes des PEALM avec dominance de l'hémisphère gauche. Un stimulus dans l'oreille gauche induit une réponse du temporal gauche aux PEALM (complexe T, ligne en pointillés) supérieure à celle du temporal droit (ligne continue), schéma typique des troubles de développement du langage. Normalement, ce test révèle un complexe T symétrique ou une asymétrie inversée (réponse plus forte à droite qu'à gauche). Ce déséquilibre était corrigé après la thérapie, avec une réponse supérieure par la suite à droite qu'à gauche. L'indice d'asymétrie de Mason (voir cas n° 2) avant la thérapie était de -0,64, ce qui correspond bien à un trouble de développement du langage. Après la thérapie, cet indice est revenu à la normale.

Francis a fait d'énormes progrès en 1 an et demi de thérapie d'écoute intensive. Le garçon est devenu plus calme, plus concentré, et a acquis une meilleure élocution. Il est nettement plus éveillé et interagit avec le monde extérieur. Ces changements n'ont pas seulement été observés par le clinicien et les parents, mais se reflètent aussi clairement dans ses progrès au niveau du langage et de la communication avec son entourage, à l'école en particulier.



6a

6b

Figure 6 : Potentiels évoqués auditifs de latence moyenne (PEALM) de Francis avant le début (a) et (b), à la fin de la thérapie. Nota : 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 de P100, N100, P200 et N200, abrégées P1-N1-P2-N2. À noter également : sur les cartographies du cerveau, la couleur bleue représente des tensions électriques négatives, c'est-à-dire une activité cérébrale intense, et la couleur rouge des tensions électriques positives, c'est-à-dire une faible activité cérébrale, contrairement à l'échelle des couleurs utilisée sur les Figures 2 et 7.

Cas n° 4 : Ambroise

Ambroise accusait un très net retard dans son développement général. Né un mois trop tôt, il a eu des crises d'épilepsie à partir d'un mois et demi. A l'âge de 2 ans, il est tombé sur la tête, ce qui a endommagé son cerveau : en particulier, une hémorragie cérébrale a fortement affecté les zones frontale et temporale gauche. Son comportement était chaotique et difficile à gérer.

En raison de son jeune âge (2 ans), aucun test d'écoute n'a pu être réalisé. Sa première cartographie EEG, réalisée au début de la thérapie, indique un rythme de base des ondes δ très lent, de 2 à 5 Hz, avec un maximum dans les zones postérieures du cerveau et une certaine dominance de l'hémisphère gauche, au niveau de F3, T3 et T5 (voir Figure 7).

Les structures N100, N200 et P300, essentielles, sont absentes des PEA, paradigme oddball, signe de troubles sévères de la perception auditive. A la suite du premier cycle de 14 jours, plusieurs cycles de 6 jours séparés par des intervalles d'environ 6 semaines se sont enchaînés jusqu'en fin 2003. Il a très bien réagi et a fait des progrès considérables, en particulier dans la motricité des jambes, des bras et des mains. Il a même commencé à babiller. Les progrès sont aussi visibles sur la cartographie du cerveau obtenue par EEG à la fin de l'année 2003 (voir Figure 7b). On y observe une meilleure harmonie des ondes δ . Les signes d'épilepsie avaient disparu et les doses du médicament Epitomax ont été diminuées. Les PEA, paradigme oddball, présentent maintenant des réponses, quoique faibles, au niveau de N200 (discrimination automatique des stimuli) et P300 (perception consciente de la discrimination).

Ambroise a fait d'énormes progrès en seulement 6 mois de thérapie d'écoute. Il a été recommandé qu'il poursuive la thérapie intensive pendant 6 à 9 semaines.

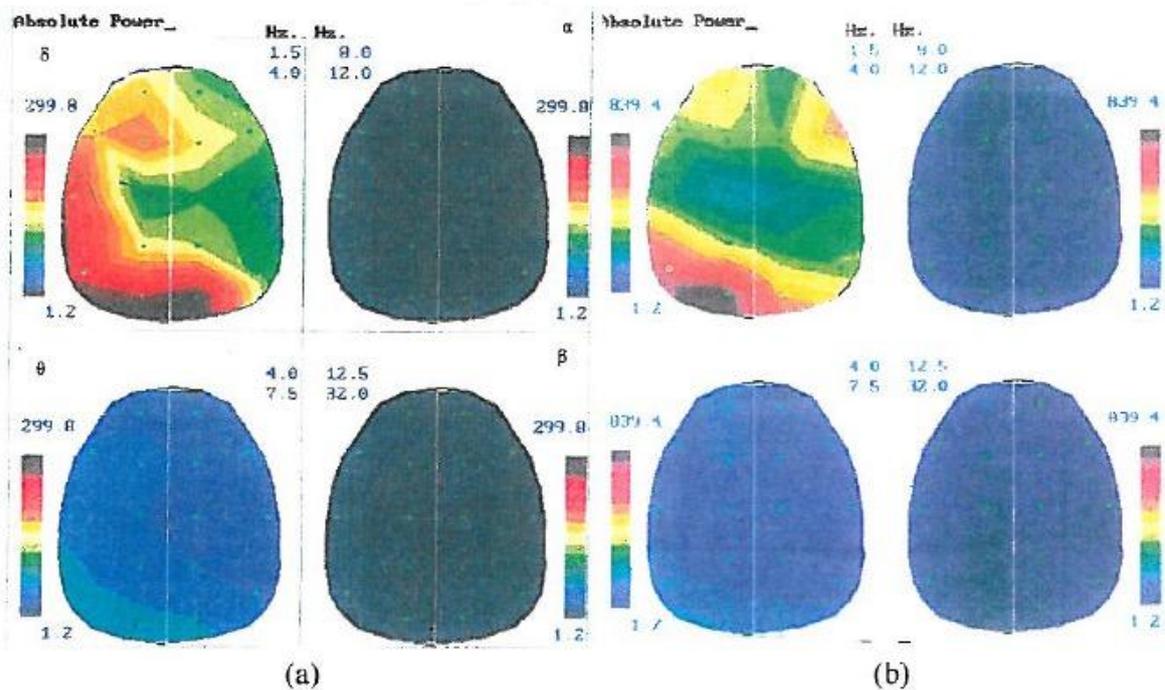


Figure 7 : Les cartographies du cerveau d'Ambrose (a) avant et (b) après la thérapie. Nota : Les échelles utilisées dans les cartes a et b sont différentes, l'échelle du cas a étant multipliée par un facteur 2,8 dans le cas b. Elles indiquent l'activité cérébrale relative (dérivée des tensions des électrodes) avec une activité cérébrale élevée en rouge et faible en bleu.

Discussion

Ces quatre participants ne sont qu'une minuscule sélection parmi les milliers de clients traités avec succès. Les dossiers plus anciens sont moins bien documentés car la cartographie du cerveau obtenue par EEG n'est disponible aux instituts Atlantis et MBL que depuis une décennie. De nombreuses cartographies du cerveau ainsi que des lettres envoyées par des parents, des écoles et des médecins témoignent des améliorations remarquables obtenues sur un large spectre de troubles du développement. Ces données attestent que les résultats décrits ici ne constituent pas des exceptions ou faits isolés, mais bel et bien des caractéristiques communes à de nombreux cas.

On peut donc conclure que les tests d'écoute concordent avec les résultats des cartographies obtenues par EEG, confirmant ainsi de façon indépendante la corrélation entre ces méthodes d'investigation. Dans la plupart des cas, les problèmes d'attention et de concentration décelables dans le test d'écoute se traduisent par une conduction osseuse élevée par rapport à la conduction aérienne, et descendante dans la zone des basses fréquences. Ces résultats correspondent à une forte activité d'ondes δ dans la zone frontale et préfrontale et à une activité faible, voire inexistante des ondes α , essentiellement dans la zone occipitale, révélée par les cartographies du cerveau correspondantes, ainsi qu'à de faibles amplitudes au niveau de N200 et P300 dans les PEA, paradigme oddball,

autant de signes d'un manque de vigilance (éveil). À la suite de la thérapie d'écoute, l'amélioration de ces aspects se lit à la fois sur les tests d'écoute et sur les cartographies du cerveau et les PEA. En général, en présence de troubles du langage, une corrélation a également été observée, par la sensibilité réduite dans la zone des fréquences moyennes, de 1000 à 3000 Hz, visible sur les tests d'écoute, et l'activité réduite dans les lobes temporaux, révélée par la cartographie du cerveau. Par conséquent, les tests d'écoute peuvent être considérés comme des preuves fiables, et utilisés pour étayer les résultats de la thérapie de l'écoute.

Les quatre cas décrits ici présentent des troubles très sévères, nécessitant un traitement relativement long et intense. Les handicaps moins sévères mais néanmoins inconfortables tels que les troubles de la communication, de la concentration, la dyslexie, les troubles du langage et de la phonation, ont été traités avec succès en un an de thérapie de l'écoute. Il est primordial que la thérapie soit administrée par des praticiens correctement formés dans un centre disposant de l'équipement approprié, en raison des réglages précis des appareils électroniques spéciaux et de la nécessité d'observer en permanence les réactions des patients.

Bibliographie

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 psychiatry 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, 2747.
- 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.