

RÉSUMÉ :

Un nombre croissant d'études conforte aujourd'hui l'hypothèse d'un lien entre lésions du système auditif central, déficit des traitements temporels auditifs, déficit de l'intelligibilité de la parole et troubles spécifiques du développement du langage. Le but de cette étude est d'étudier cette association en mesurant conjointement acuité temporelle auditive et performances d'identification de signaux de parole chez deux enfants de 11 et 12 ans présentant des troubles spécifiques du développement du langage associés à des lésions rétro-cochléaires mises en évidence par des potentiels évoqués auditifs précoces et de latence moyenne. Parallèlement aux troubles spécifiques de développement du langage présentés par ces deux enfants lors des bilans orthophoniques les tâches psychophysiques indiquent un déficit important de l'acuité temporelle auditive se manifestant par une élévation globale de la sensibilité à des fluctuations temporelles de l'amplitude, et une incapacité à suivre des fluctuations d'amplitude supérieure à 64 Hz et un déficit léger ou massif d'identification de consonnes dans le silence. Cette étude préliminaire suggère des possibilités de dépistage pose la question de rééducations spécifiques dans l'esprit des stratégies de remédiation proposées par Tallal et coll.

MOTS-CLÉS :

Troubles spécifiques de développement du langage - Acuité temporelle auditive - TMTF - Identification - Intelligibilité

Annie DUMONT
Orthophoniste,
Université de Paris VI
12 bis rue Raynouard
75016 Paris
email : anniedumont@orthophon.com

Christian LORENZI
Maître de conférence en psychologie
cognitive Université Paris V
Hôpital Robert Debré, Paris,
Laboratoire de Psychologie
Expérimentale, UMR CNRS 8581

Dr Christophe Loïc GERARD
Thierry VAN DEN ABEELE
Hôpital Robert Debré Paris

ACUITE TEMPORELLE AUDITIVE ET TROUBLE DU LANGAGE

par Annie DUMONT, Christian LORENZI,
Christophe Loïc GERARD, Thierry VAN DEN ABEELE

SUMMARY : Auditory acuity and language disorders

This study evaluates the ability to process auditory temporal envelope cues in two children (11 and 12 years old) with auditory central disease. To address this issue we measured temporal modulation transfer function TMTF that is the detection thresholds of sinusoidal amplitude modulation applied to a white noise carrier and identification performance for vowel-consonant-vowel (VCV) stimuli. These children showed poor performance in TMTF and identification of consonant. These results support the hypotheses that these children may show abnormal temporal envelope processing.

KEY-WORDS :

Speech Language impairment - Auditory temporal envelope cues - TMTF - Identification - Intelligibility.

Dans la clinique des troubles spécifiques du langage, les orthophonistes reçoivent fréquemment des plaintes en provenance des parents ou des enseignants concernant l'écoute des enfants.

Les parents disent :

- « On dirait qu'il n'entend pas, il repose les mêmes questions comme s'il ne comprenait pas »
- « On a l'impression qu'il ne décode pas »
- « Il faut qu'il me voie pour répondre ».

Il est alors habituel de demander la réalisation d'un audiogramme. Cet examen rend compte de la capacité de l'enfant à percevoir des sons graves ou aigus, forts ou faibles. Mais si l'audiogramme réalisé est dans les limites de la normale, le problème demeure entier. L'enfant présente toujours ses problèmes d'écoute et les hypothèses s'orientent plutôt vers les aspects psychologiques. Dès lors on se demande qu'est-ce que l'audiogramme ne montre pas ? Et quelles procédures faudrait-il utiliser pour faire évoluer la dynamique d'écoute ?

Il semble alors intéressant de s'orienter vers une analyse de la perception temporelle car la parole est constituée de sons qui varient très rapidement dans le temps et possèdent une organisation temporelle.

L'ACUITE AUDITIVE TEMPORELLE

DÉFINITION

Classiquement la fonction auditive est analysée d'un point de vue spectral, c'est-à-dire d'après les capacités d'analyse fréquentielle de la cochlée. La représentation tonotopique des sons est alors mise en évidence par la réalisation d'un audiogramme classique qui va déterminer les capacités du sujet à identifier les différentes zones fréquentielles en fonction de leur intensité, puis les capacités de discrimination des sons de parole sont examinées à travers des épreuves d'audiométrie vocale dont les limites sont connues notamment chez les enfants qui présentent des troubles spécifiques du langage.

Conjointement à ce domaine spectral, tout signal acoustique, parole ou musique, présente une structure dans le domaine temporel. Le système auditif humain est capable d'extraire cette structure temporelle du signal acoustique. Cette capacité s'appelle *l'acuité temporelle auditive*. Elle se réfère à la « rapidité » du système auditif et correspond à cette limite dans la capacité d'un sujet à suivre les fluctuations temporelles de l'amplitude au sein des sons. Ces notions sont connues depuis une vingtaine d'années* et de nombreuses études réalisées ont montré qu'une dégradation de l'acuité auditive temporelle réduisait l'intelligibilité de la parole dans le bruit*. En fait l'intelligibilité de la parole dépend étroitement de la capacité du système auditif à résoudre les variations temporelles rapides de l'amplitude des sons, ce que Mme Borel Maisonny appelait « l'enveloppe des sons ». Tout ceci conduit à penser qu'à côté de l'audiogramme, l'évaluation précise de *l'acuité temporelle auditive apparaît cruciale pour les patients présentant des troubles de compréhension de la parole*.

PROCÉDURE D'ÉVALUATION

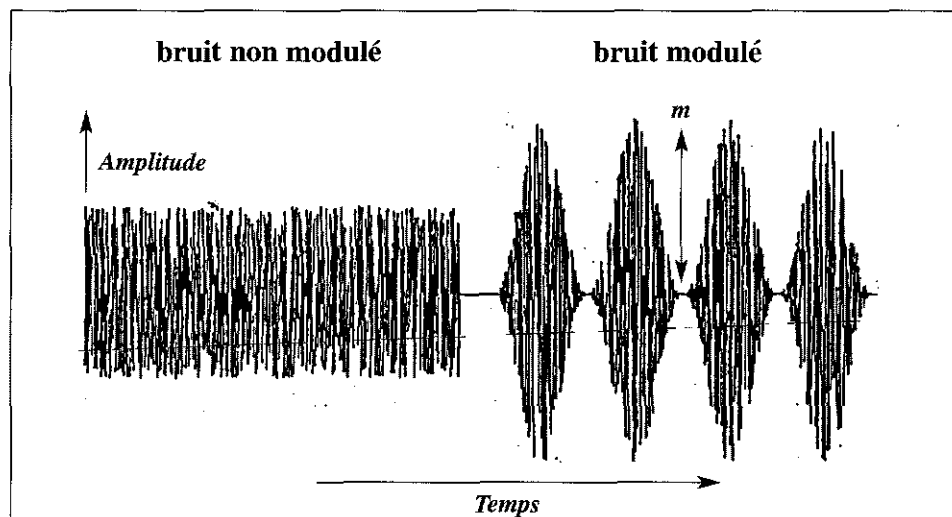
Une manière précise d'analyser l'acuité temporelle auditive d'une personne consiste en la mesure de *sa fonction de transfert de modulation* : sa TMTF pour Temporal Modulation Transfer Function. C'est-à-dire la capacité d'un sujet à *détecter une modulation sinusoïdale d'amplitude appliquée à un bruit large bande en fonction de la cadence de la modulation*.

*Viemester 1979

*Brullman 1994

Dans ce paradigme psycho acoustique, les stimuli sont des bruits à larges bandes soit non modulés soit modulés sinusoidalement en amplitude à une fréquence donnée. La tâche du sujet est de discriminer le bruit non modulé du bruit modulé. On lui fait entendre des séries de paires de bruits successifs, un des deux bruits va fluctuer en intensité en fonction du temps et ceci engendre des sensations de tempo de locomotive ou de rugosité, de grésillement ou encore de crépitement. L'autre bruit ne fluctue pas, il est lisse.

Schéma 1



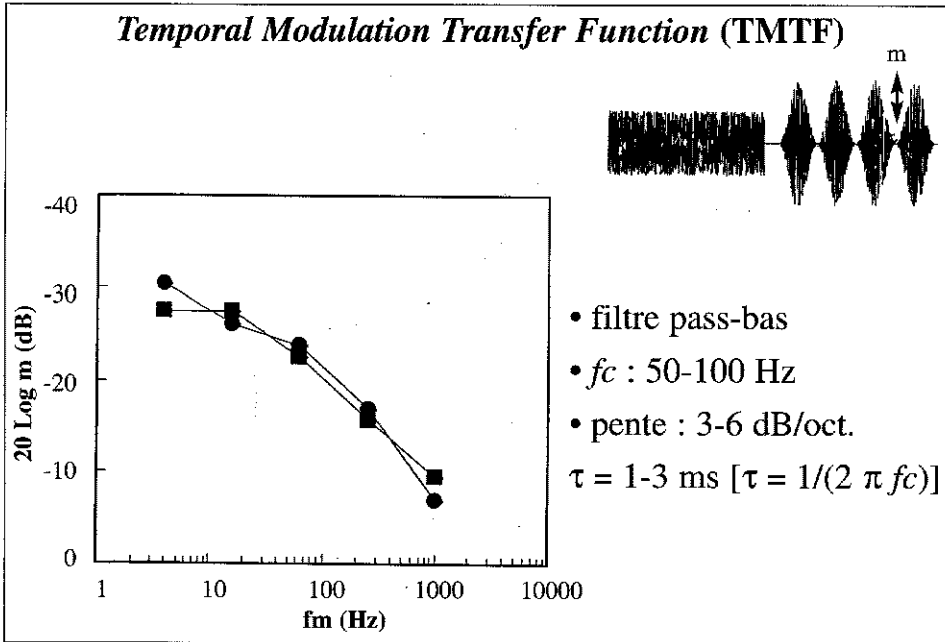
Signaux d'onde des bruits blancs non modulé ($b(t)$, à gauche) et modulé sinusoidalement en amplitude ($bm(t)$, à droite) utilisés dans la tâche de détection de modulation. La flèche indique la profondeur de la modulation ($m = 1$ ou 0 dB dans le cas présent).

Pour chaque fréquence de modulation trois seuils sont mesurés. La procédure psychophysique utilisée est dite *adaptative* à deux alternatives en choix forcé. Elle permet d'estimer le seuil de détection correspondant à 70,9 % de détections correctes. A chaque essai, l'ordinateur présente successivement au sujet deux bruits blancs ; l'un des deux bruits (au hasard) n'est pas modulé ; l'autre bruit est modulé en amplitude à une fréquence de modulation donnée qui peut être 4, 26, 64, 256, 1024 hz. Pour une fréquence de modulation donnée (f_m) le seuil de détection de la modulation correspond à la plus petite valeur de m telle que le sujet discrimine juste le signal modulé du signal non modulé. Dans une telle tâche, la détection de la modulation ne peut être basée sur des indices fréquentiels dans la mesure où le spectre de puissance à long terme d'un bruit blanc non modulé et d'un bruit modulé sont identiques.

Ce que l'on obtient n'est pas un audiogramme bien qu'il s'agisse également d'une courbe.

(cf schéma 2 ci-après)

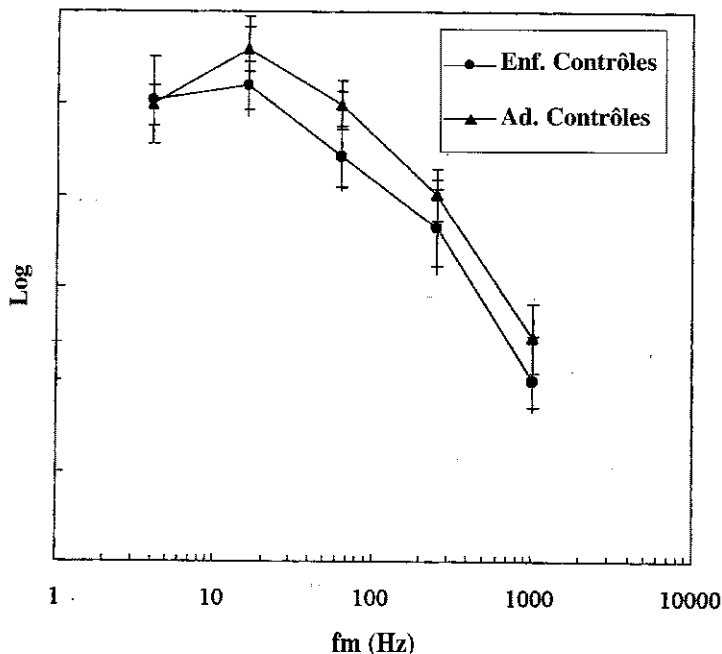
Schéma 2 : MODULATION DE LA COURBE D'ENVELOPPE



La TMTF relie la performance de détection de la modulation d'amplitude à la cadence de modulation, elle est donnée sous forme de courbe. Plus le seuil de détection de la modulation est faible, meilleure est la performance. Pour un sujet entendant, la TMTF présente toujours une *allure de type passe-bas*. La sensibilité à la modulation est relativement constante jusqu'à 16-64 Hz et décroît au-delà. Ceci suggère que le système auditif se comporte comme un *intégrateur*, il peut transmettre sans déformation les fluctuations temporelles d'un son lorsque la cadence des fluctuations est suffisamment lente mais il lisse ces dernières lorsque la cadence devient trop rapide.

Dés l'âge de 10 ans, l'acuité temporelle auditive est identique à celle mesurée chez des sujets normo entendants adultes.

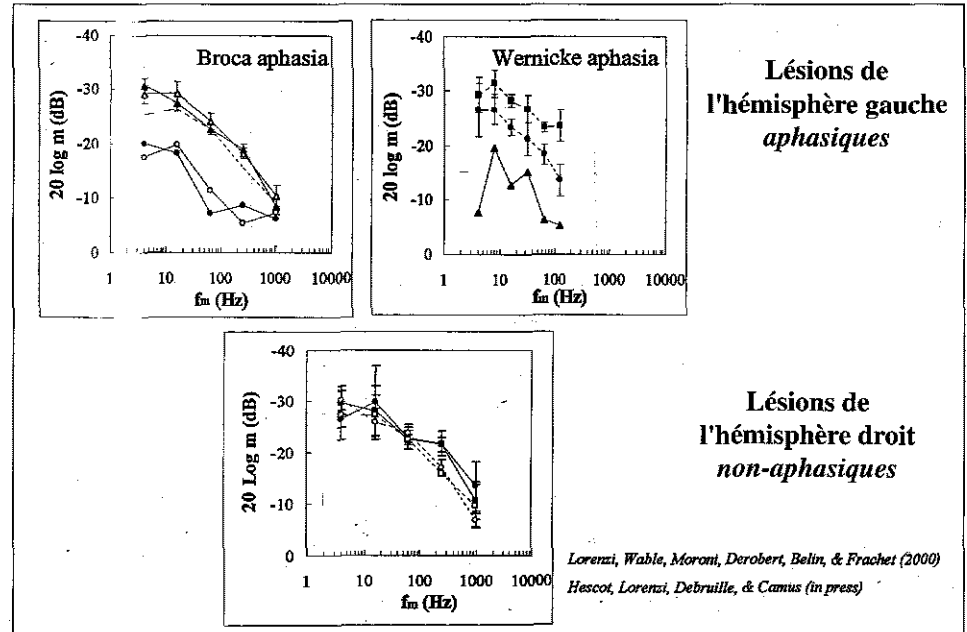
Schéma 3 : RÉSULTATS MOYENS



RELATION ENTRE DÉFICIT AUDITIF TEMPOREL ET LÉSIONS CORTICALES

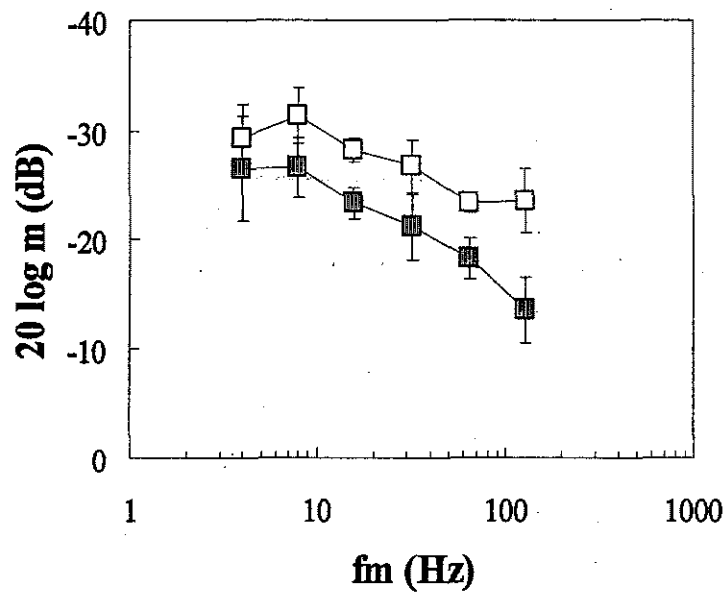
Le lien entre déficit auditif temporel et lésions corticales est confirmé par des études neuropsychologiques qui montrent que les TMTF sont fortement dégradés à toutes les cadences de fluctuation chez des patients présentant des aphasies de Broca ou de Wernicke.

Schéma 4 : EFFET DES LÉSIONS CORTICALES SUR LA DÉTECTION DE LA MODULATION D'AMPLITUDE



Les résultats obtenus chez des patients sourds implantés cochléaires sont très similaires à ceux obtenus chez des sujets entendants.

Schéma 5

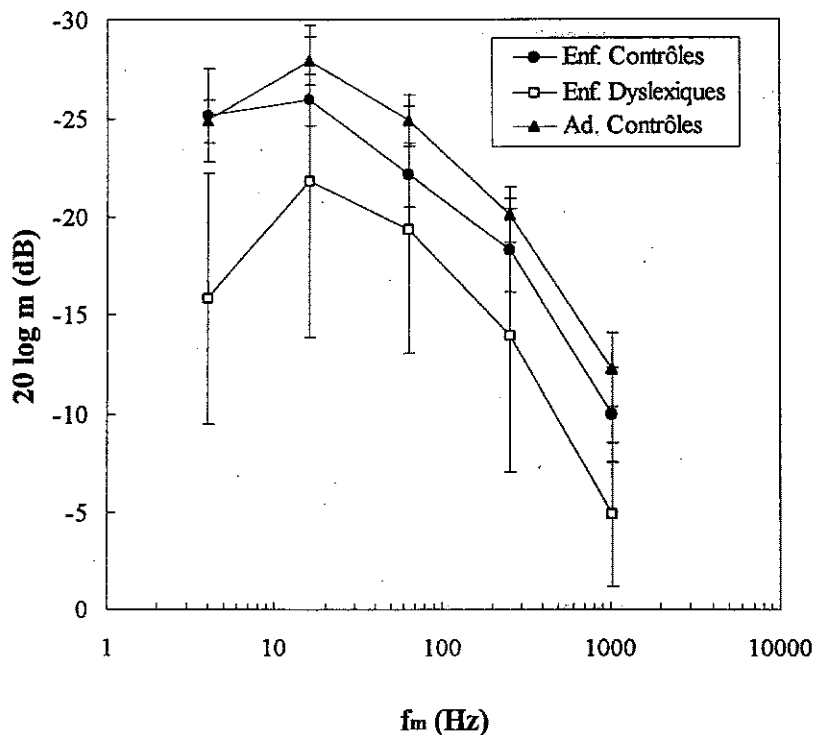


Les résultats corroborent l'idée selon laquelle les facteurs limitant la capacité à suivre des variations temporelles sonores rapides sont situés au-delà du nerf auditif à un niveau central.

ACUITÉ AUDITIVE TEMPORELLE ET DYSLEXIE

Des déficits de l'acuité temporelle auditive mesurés à l'aide de TMTFs ont également été observés chez certains enfants dyslexiques. A l'instar des adultes cérébrolésés, l'origine du déficit temporel observé chez ces enfants dyslexiques ne peut être périphérique (cochléaire) car les audiogrammes de ces enfants sont normaux. Ce déficit serait probablement lié à des anomalies situées dans deux centres auditifs : le cortex auditif et le corps genouillé médian.

Schéma 6 : RÉSULTATS MOYENS



Les programmes de recherches en psychologie cognitive engagés depuis une vingtaine d'années par Tallal et Coll. suggèrent fortement que, chez des enfants normo entendants présentant des troubles dits « spécifiques d'acquisition du langage », les déficits observés dans le domaine de la parole et du langage seraient également produits par un déficit dans les traitements temporels. Plus précisément, les résultats suggèrent que les troubles spécifiques d'acquisition du langage sont causés par :

- 1 - une limitation dans la capacité à identifier des éléments phonétiques brefs présentés dans des contextes spécifiques à la parole,
- 2 - ainsi que par de faibles performances d'identification ou de séquençage de stimuli acoustiques de durée courte, présentés successivement et rapidement.

En accord avec cette hypothèse d'un traitement temporel déficitaire, les sujets présentant un trouble spécifique d'acquisition du langage peuvent distinguer des éléments phonétiques et peuvent reconstruire correctement des séquences de stimuli acoustiques si ces stimuli sont présentés sous une forme plus lente ou à des fréquences de présentation plus ralenties. Ce qui a conduit Tallal à élaborer des programmes de rééducation à base de signaux acoustiques modifiés en temps et énergie comme vous les avez peut être entendus en direct en surfant sur internet.

ETUDE DE CAS

Un nombre croissant d'études conforte aujourd'hui l'hypothèse d'un lien entre lésions du système auditif central, déficit des traitements temporels auditifs, déficit de l'intelligibilité de la parole et troubles spécifiques du développement du langage. Le but des études que nous menons depuis plusieurs années avec le CNRS est d'étudier cette association en mesurant conjointement acuité auditive temporelle et performance d'identification de signaux de parole dans certaines populations d'enfants avec des troubles spécifiques du langage. Nous allons vous décrire les résultats obtenus avec deux enfants de 11 et 12 ans présentant des troubles spécifiques du développement du langage associés à des lésions rétro-cochléaires mises en évidence par des potentiels évoqués auditifs précoces et de latence anormaux.

Ces deux enfants de sexe masculin AL et AG sont recrutés tous deux dans le service de rééducation fonctionnelle de l'hôpital Robert Debré où ils ont été adressés pour trouble spécifique du langage. Ils sont tous les deux scolarisés en 5^{ème} année de scolarité. (CM2)

AL

12 ans.

Une sœur aînée de 15 ans RAS.

Scolarisé dans un centre spécialisé pour enfants avec troubles d'apprentissage.

Suivi par un pédo psychiatre.

En orthophonie depuis l'âge de 4 ans.

Examens auditifs :

Audiométrie tonale et vocale dans les limites de la normale.

PEA pas de réponse aux potentiels évoqués précoces ni à droite ni à gauche.

IRM normale.

• EXAMEN DU LANGAGE :

Flou articulaire.

Dysprosodie avec ralentissement du débit et ton « vindicatif ».

Mélodie non contrôlée et sans rapport avec l'interaction verbale en cours ni avec la mimique.

Difficultés à répéter.

Toujours gêné par le bruit ambiant et la distance.

Aidé par la visualisation de l'interlocuteur.

Rétention faible empan digital à 4.

Stock lexical très restreint (Evip -2ds)*.

Syntaxe : difficultés de formulation.

Nombreuses confusions dans la réception et dans la production :

Volant.....vo leur

Ordinateur.....la peur

Etalagesétalèges...

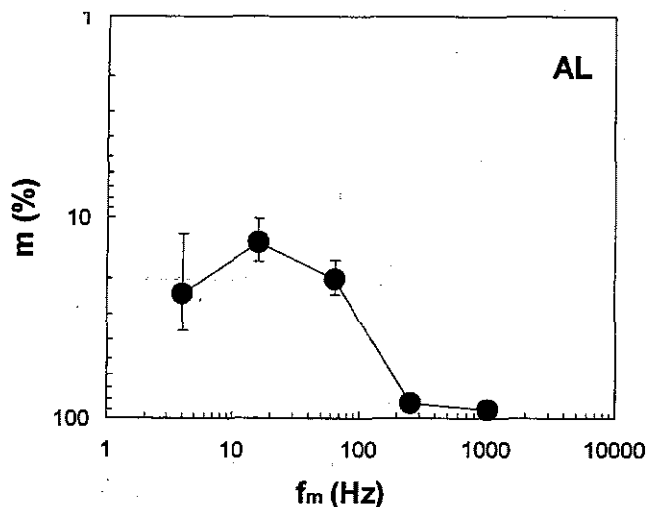
Conscience du trouble dans le TLC il sait qu'il ne faut pas montrer balai pour palais.

Difficultés avec le langage métaphorique.

Aidé par le langage écrit et notamment par l'orthographe grammaticale qui est en bonne voie d'acquisition.

*Echelle de Vocabulaire en Images
Peabody

Schéma 7



AG

11 ans.

Un frère de 15 ans sans trouble du langage.

A consulté en services hospitaliers à plusieurs reprises pour troubles anxieux et trouble des apprentissages.

Multiples prises en charge : orthophonie (4), psychothérapie, psycho motricité, grapho motricité

Examen auditif : otites nombreuses mais soignées (audiogrammes normaux).

Tympanogrammes normaux.

Absence de réflexes stapédiens.

PEA (1998) pas de réponses ni à droite ni à gauche, (1999) idem.

• EXAMEN DU LANGAGE :

Bon contact mais fait souvent répéter et est aidé par la visualisation de l'interlocuteur.

Flou articulatoire.

Difficultés de régulation prosodique : débit, intensité.

Difficultés à répéter les mots complexes et les logatomes.

Répétition difficile non améliorée par une intensification de l'intensité mais par un ralentissement du débit.

Difficultés à définir.

Syntaxe approximative maladroite plutôt que dyssyntaxique (sans conscience du trouble de l'informativité). Il a des temps de latence importants dans la formulation de réponses à des questions et ses énoncés sont réduits sur le plan de la longueur.

Rétention verbale chutée.

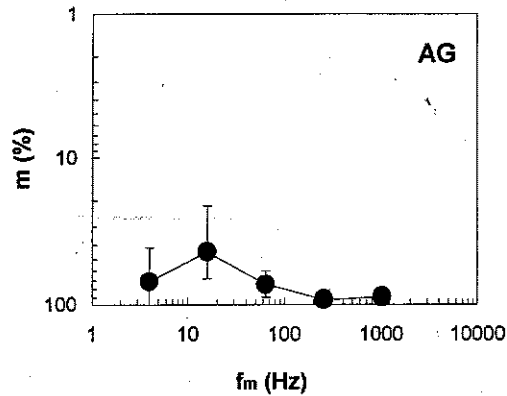
Pas de trouble majeur au niveau de la transcription, voie phonologique qui fonctionne.

Existence d'un stock de mots.

Difficultés pour les syllabes simples.

Production décalée par rapport à l'âge et au niveau scolaire.

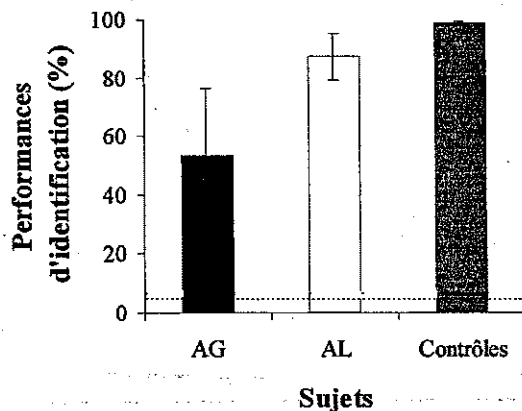
Schéma 8



Ils ont tous deux réalisé les tâches de discrimination temporelle avec un ordinateur PC et un casque audio Sennheiser. Les résultats sont présentés dans les figures jointes qui montrent clairement que AG et AL présentent des *déficits importants de l'acuité temporelle auditive*. En moyenne les *seuils* de détection de modulation d'amplitude sont de 3 à 10 fois plus élevés chez AL et AG que chez les sujets contrôles. La variabilité des réponses (généralement faible chez les sujets contrôles) est également plus élevée chez AG et AL. De plus cette variabilité est plus élevée chez AG que chez AL. Enfin la détection d'une modulation d'amplitude apparaît *impossible* chez ces deux jeunes au-delà de 64 Hz alors que celle-ci demeure possible (bien que dégradée) jusqu'à 1024 Hz chez les sujets contrôles. (cf schéma 8).

Une tâche d'identification de consonnes leur avait également été proposée. Ici il s'agit de stimuli de parole correspondant à 16 logatomes de type VCV prononcés trois fois dans le silence par une locutrice française. La voyelle est toujours /a/. Les 16 consonnes sont les suivantes : p, t, k, b, d, g, f, s, ch, v, z, j, m, n, r, l. Les signaux sont échantillonnés à 44,1 Khz stockés puis présentés binauralement sous casque à 75 db grâce à un ordinateur. Au sein d'une session de mesure, chacun des 48 logatomes est présenté au sujet dans un ordre aléatoire. Le sujet a pour tâche de désigner le logatome en choisissant une réponse parmi 16 possibilités présentées en gros caractère sur l'écran de l'ordinateur. Aucun feedback n'est fourni au sujet. La performance d'identification finale correspond à la performance moyenne calculée sur 4 mesures répétées.

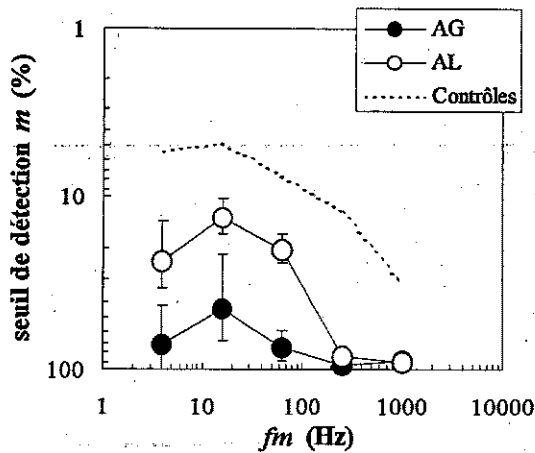
Schéma 9



Performances d'identification de consonnes mesurées chez les patients AG (barre pleine) et AL (barre vide), et sur 6 sujets contrôles normo-entendants. Les barres d'erreurs représentent ± 1 erreur standard par rapport à la moyenne de 4 mesures de performance répétées. La ligne en pointillé représente le niveau de performance au hasard (6,25 %). Les signaux étaient présentés binauralement à un niveau de 75 dB SPL.

Les résultats à cette épreuve montrent un déficit léger de l'identification des consonnes chez AL (d'environ 10 %) et un déficit massif de l'identification des consonnes chez AG (d'environ 50 %). Ces différences individuelles dans les performances d'identification semblent corrélées avec les seuils de détection de modulation d'amplitude : AG présente les plus faibles scores aux deux tâches psychophysiques. Ainsi, moins bonne est l'acuité temporelle auditive et moins bonnes sont les performances d'identification de la parole.

Schéma 10



: TMTF mesurée sur les patients AG (cercles pleins) et AL (cercles vides). Les seuils moyens de sujets contrôles normo-entendants de la même classe d'âge sont représentés en pointillés. Les seuils de détection (en ordonnée) sont exprimés en pourcentage, où m est la profondeur de modulation telle que le sujet discrimine juste un signal modulé d'un signal non modulé. L'abscisse représente la fréquence de modulation f_m (en Hz). Les barres d'erreurs représentent ± 1 erreur standard par rapport à la moyenne de 3 mesures de seuil répétées. La porteuse est un bruit blanc de 500 ms, présenté à un niveau de 75 dB SPL.

CONCLUSION

L'association suggérée par des études antérieures entre lésions du système auditif central, déficit des traitements temporels auditifs, déficit de l'intelligibilité de la parole et troubles spécifiques du développement du langage apparaît dans ces deux études de cas. Parallèlement aux troubles spécifiques de développement du langage présentés par ces deux enfants de 11 et 12 ans lors du bilan clinique les tâches psychophysiques indiquent :

- un déficit important de l'acuité temporelle auditive se manifestant par une élévation globale de la sensibilité à des fluctuations temporelles de l'amplitude, et une incapacité à suivre des fluctuations de l'amplitude supérieures à 64 Hz.
- un déficit léger ou massif de l'identification dans les performances d'identification de consonnes dans le silence. Enfin les différents déficits comportementaux observés chez AG et AL semblent associés à des atteintes du tronc cérébral mises en évidence par des potentiels évoqués auditifs précoces anormaux.

Cette étude préliminaire suggère des possibilités de dépistage et de rééducations spécifiques pour ces troubles auditifs centraux dans l'esprit des stratégies de remédiation proposées par Tallal et coll.

La question d'un lien entre acuité auditive temporelle et reconnaissance de la parole est posée mais nécessite des analyses complémentaires pour être affirmée.

BIBLIOGRAPHIE

- R. BRULLMAN, J.M. FESTEN, R. PLOMB (1994). Effect of temporal envelope smearing on speech reception. *Journal of Acoustical Society of America*, 95, 1053-1064.
- C. LORENZI, A. DUMONT, C. FÜLLGRABE, (2000). Use of temporal envelope cues by developmental dyslexics. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*.
- C. LORENZI, J. WABLE, C. MORONI, C. BEROBERT, B. FRGCHET, C. BELIN. Auditory temporal envelope processing in appatient with lefthemisphere damage (sous presse)
- M. MERZENICH et Coll. (1996). Temporal envelope processing deficits of language-learning impaired children ameliorated by training. *Science* 271, 77-81.
- P. TALLAL et Coll. (1996). Language comprehension in languagelearning impaired children improved with acoustically modified speech. *Science* 271, 81-84.
- N.F. VEIMESTER (1979). Temporal modulation transfer functions based upon modulation thresholds. *Journal of Acoustical Society of America*, 66, 1364-1380.