

Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant

- La perception du langage parlé
- Physiologie de la cochlée
- Modèles connexionnistes et troubles phonétiques
- Agnosies auditives et déficits centraux de l'audition
- Perception auditive et implant cochléaire
- Écoute dichotique et apprentissage scolaire



Septembre 1992
numéro 3
volume 4

 John Libbey
EUROTEXT

Directeur de la publication

Gilles CAHN

Rédacteur en chef

Claude Jeanne MADELIN

Comité de rédaction

Michèle BALLANGER (France)

Martine BARBEAU (France)

Sonia BAUDOIN-CHIAL (France)

Catherine BILLARD (France)

Thierry BILLETTE DE VILLEMEUR
(France)

Olivier DULAC (France)

James EVERETT (Canada)

Christophe GERARD (France)

Isabelle JAMBAQUE (France)

Isabel Pavao MARTINS (Portugal)

Paul MESSERSCHMITT (France)

Jean-Paul MIALET (France)

Ovidio RAMOS (France)

Henri SZLIWOWSKI (Belgique)

Jacques THOMAS (Canada)

Sylviane VALDOIS (France)

Anne VAN HOUT (Belgique)

Guy WILLEMS (Belgique)

Administration-Publicité

Martine KRIEF-FAJNZYLBERG

Secrétaire général de la rédaction

François FLORI

Secrétariat

Isabelle ROUXEL

Comité scientifique

Michel BASQUIN (France)

Claude CHEVRIE-MÜLLER (France)

Ennio DEL GIUDICE (Italie)

Thierry DEONNA (Suisse)

Blanche DUCARNE (France)

Michel DUGAS (France)

Bernard ECHENNE (France)

Philippe EVRARD (Belgique)

François GAILLARD (Suisse)

Philippe LACERT (France)

Yvan LEBRUN (Belgique)

Marie-Christine MOUREN (France)

Juan NARBONA (Espagne)

Gérard PONSOT (France)

Bent STIGSBY (Danemark)

Michael THOMSON (Royaume-Uni)

Régis DE VILLARD (France)

SOMMAIRE

111 Éditorial

L. MOATTI

113 La perception du langage parlé : une approche comparative

J. SEGUI

118 Données récentes en physiologie de la cochlée : applications aux moyens de dépistage des troubles auditifs

P. AVAN, D. LOTH, M. TEYSSOU, C. MENGUY

124 Détecteurs de traits et modèles connexionnistes à l'épreuve de la clinique des troubles phonétiques

B. VIROLE

131 Les agnosies auditives et les déficits centraux de l'audition

B. LECHEVALIER, J. LAMBERT, F. EUSTACHE

137 Perception auditive et implant cochléaire. Étude clinique

A. DUMONT

141 L'écoute dichotique dans les troubles de l'apprentissage scolaire

A. VAN HOUT

Actualités**145** Informations, congrès

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

ANAE publie articles originaux, articles de synthèse, cas cliniques, éditoriaux, comptes rendus de réunions scientifiques en français ou en anglais. Elle peut publier des lettres adressées en réponse à des articles parus dans la revue. Les articles originaux ne doivent pas être soumis pour publication à une autre revue.

• ARTICLES

En proposant un article, l'auteur doit toujours exposer au rédacteur toutes les soumissions antérieures et les rapports préliminaires pouvant être considérés comme une double publication du même travail.

Une seconde publication dans une autre langue doit respecter les conditions suivantes :

- accord des rédacteurs des deux journaux,
- intervalle d'au moins un mois entre les deux publications,
- la deuxième publication s'adresse à un groupe de lecteurs différent.

Une note sur la page de titre de la seconde publication informe les lecteurs de sa première parution :

- les auteurs s'engagent à demander l'autorisation à l'éditeur d'ANAE au cas où ils désireraient reproduire partie ou totalité de leur article dans un autre périodique ou une autre publication.

• MANUSCRITS

Le manuscrit doit être fourni en trois exemplaires (y compris figures et tableaux) afin d'être examiné simultanément par deux lecteurs.

Chaque partie du manuscrit doit commencer sur une nouvelle page, selon l'ordre suivant :

- page du titre : titre concis, mais informatif suivi du nom et initiale du prénom des auteurs, leurs fonctions et adresse de leur lieu d'exercice. Adjoindre au titre en français le titre en anglais ou vice versa ;
- résumé et mots clés : la 2^e page contient un résumé en français et anglais de 100 à 250 mots, sans abréviations, précisant objectifs, résultats, conclusions. Sous le résumé, donner 3 à 10 mots clés permettant de faciliter l'indexation de l'article.
- texte : il doit comprendre 12 pages dactylographiées maximum, au format 21 × 29,7, en respectant un double interligne, par page de 25 lignes, 60 signes par ligne, recto seulement ;
- remerciements : toute contribution appelant un remerciement sera signalée en annexe après le texte.

• RÉFÉRENCES

Dans le texte, les références sont indiquées selon la méthode nom(s), date. Dans le cas où la référence comporte plusieurs auteurs, seul sera indiqué le nom du 1^{er} suivi de *et al.* Ex. : (DURAND *et al.*, 1981). En fin d'article, les références complètes seront regroupées par ordre alphabétique et, pour un même auteur, par ordre chronologique, les lettres, a, b, c, différenciant dans le texte les articles parus dans la même année. Indiquer tous les auteurs lorsqu'il y en a 6 ou moins. Au-delà de 6, indiquer les trois premiers suivis de *et al.*

Les références doivent indiquer dans l'ordre :

— Articles de périodique :

nom et initiale du prénom de l'auteur séparé du nom suivant par une virgule. (Année de parution). Titre de l'article. Nom de la revue abrégée selon les règles de l'Index Medicus (pas de ponctuation après les abréviations) ; volume : première et dernière page de l'article.

Exemple :

DURAND A., DUPOND G. (1988). Troubles de l'attention chez l'enfant. *Rev Neurol* ; 180 : 65-80.

— Articles de livre :

même présentation des auteurs. Titre de l'article. *In* : Noms et initiales des auteurs, eds (année de publication). Titre de l'ouvrage, (nom de l'éditeur), ville du lieu d'édition, indication des pages ou nombre de pages.

Exemple :

PUCKERING C., RUTTER M. Environmental influences on language development. *In* : YULE W. and RUTTER M., eds (1987). *Language development and disorders*, (Mac Keith Press), Oxford, 103-108.

— Livre :

même présentation des auteurs. (Année de parution). Titre de l'ouvrage, (nom de l'éditeur), ville du lieu d'édition, indication des pages ou nombre de pages.

Exemple :

SIMPSON V.T. (1986). *The affective disorders*, (Raven Press), New York, 256.

• ILLUSTRATIONS

Elles seront fournies sur pages séparées, accompagnées de légendes. Pour les tableaux ou figures reproduits sans modification, indiquer les références exactes (auteurs, titre de l'ouvrage, éditeur...), afin d'en permettre la demande de reproduction.

Tous les documents placés dans le texte seront numérotés en chiffres arabes (figure 2) et les tableaux en chiffres romains (Tableau I) et leur place d'insertion dans le texte doit être indiquée sur le manuscrit. Veuillez indiquer au dos : le nom de l'auteur, le numéro de la figure, le haut de la figure indiqué par une flèche.

Tout ce qui concerne la rédaction doit être adressé à :
Docteur C.-J. Madelin, Rédactrice en chef, 74, rue de Lille, 75007 Paris, France

Marketing

Catherine DUVAL

Editeur

John Libbey Eurotext
6, rue Blanche
92120 Montrouge, France
Tél. : (1) 47.35.85.52
Fax : (1) 46.57.10.09

Imprimeur

Corlet Imprimeur S.A.
Z.I., route de Vire
14110 Condé-sur-Noireau
N° 4352

Dessinateur

Logigraphe Communication
77, rue Brancion
75015 Paris

Abonnements

CDR, 11, rue Gossin
92543 Montrouge Cedex, France
Tél. : 46.56.52.66

ISSN : 0999-792 X

ANAE est référencée dans la base
Pascal et dans Psychological ab-
stracts (PA)

Index des annonceurs : John Libbey
Eurotext : 2^e couv., p. 112, p. 117,
p. 130, p. 136, p. 148, 3^e couv., 4^e
couv.

CONTENTS

111 Editorial

L. MOATTI

113 Speech perception : a comparative approach

J. SEGUI

**118 Recent advances in cochlear physiology, appli-
cations to the screening of hearing
impairments**

P. AVAN, D. LOTH, M. TEYSSOU, C. MENGUY

**124 Feature detectors, networks and perception
speech disorders**

B. VIROLE

**131 Agnosias and central disorders of auditory
perception**

B. LECHEVALIER, J. LAMBERT, F. EUSTACHE

137 Auditory perception and cochlear implant

A. DUMONT

**141 Dichotic listening in children's learning
disorders**

A. VAN HOUT

Current events**145 Information, meetings**

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

ANAE publishes original, clinical and synthesis manuscripts, editorials, abstracts of scientific meetings in French or in English, as well as answers to articles published in the journal. The original articles must not be submitted elsewhere for publication.

• ARTICLES

When the author proposes an article, he must always submit to the editor all the previous submissions which could be considered as a double publication of the same article. A second publication in an other language must answer to the following conditions :

- the agreement of the two newspapers editors,
- a period of at least one month between the two publications,
- the readers of the second publication must be different from the first one,
- the title page of the second publication must inform the readers about the first one.

Requests for partial or total reproduction in an other journal or publication should be sent to the publisher.

• MANUSCRIPTS

The manuscript should be submitted in triplicate (figures and tables as well) in order to be simultaneously examined by two persons. Each part of the manuscript must start on a new page, according to the following order :

— title page : short but clear title with the authors' name and surname initials, the institution where the work was done. Whenever possible, supply the translation in French ;

— summary and keys words : typed on the second page, the summary, in French and in English, of 100 to 250 words, without abbreviations, should describe the purpose, results and conclusions of the study.

Under the summary, the author should give 3 to 10 keys words, suitable for use by abstracting journals.

— text : the average length of the paper is 12 type-written pages, using the A4 size of paper, with double spacing, 25 lines pages, on one side of the paper ;

— acknowledgements : these should be included at the end of the manuscript, separated from the main text.

• REFERENCES

They should be cited in the text according to the

name(s) and date system. If there are several authors, the text citation should contain the name of the first author followed by et al. Ex. : (DURAND et al., 1981). At the end of the article, the list of references should be arranged alphabetically, and chronologically for the same author. If reference is made to more than one publication by the same author in one year, suffixes (a, b, c, etc.) should be added to the year in the text citation. If there are six authors or less, indicate all the authors. If there are more than six authors, indicate the three first ones followed by et al.

In the reference list, arrange the reference in the order :

— Journal article :

author's name and surname initial, separated from the following name with a comma. (Year of publication). Title of the article. Title of the journal, abbreviated according to the Index Medicus system (no punctuation after abbreviations) ; volume of the journal : first and last page of the article.

Exemple :

DURAND A., DUPOND G. (1988). Troubles de l'attention chez l'enfant. Rev Neurol ; 180 : 65-80.

— Book article :

same arrangement of the authors. Title of the article. In : Names and initials of the authors, eds (year of publication). Title of book, (name of the publisher), address (city), pagination and number of pages.

Exemple :

PUCKERING C., RUTTER M. Environmental influences on language development. In : YULE W. and RUTTER M., eds (1987). Language development and disorders, (Mac Keith Press), Oxford, 103-108.

— Book :

same arrangement of the authors. (Year of publication). Title of the book, (name of the publisher), address (city), pagination or number of pages.

Exemple :

SIMPSON V.T. (1986). The affective disorders, (Raven Press), New York, 256.

• ILLUSTRATIONS

They should appear on separate pages with their legends. For tables and figures, exact references should appear (authors, title of the book, publisher...) so that reprints should be provided.

Documents in the body of the text should be identified by Arabic numerals (figure 2) and tables by Roman ones (Table I) and the place where it should appear in the body of the text must be indicated on the manuscript. Please write in the back : the author's name, the number of the figure, the top indicated with an arrow.

All information concerning publication should be sent to :
Dr C.-J. Madelin, Chief Editor, 74, rue de Lille, 75007 Paris, France

Éditorial

Du Congrès de Milan qui, au siècle dernier, bannissait de l'éducation des enfants sourds l'usage de la Langue des Signes, à « l'implantation cochléaire » qui tend à redonner une perception auditive aux sourds totaux, les médecins, les éducateurs et les chercheurs ont mené une approche réparatrice et normalisante des problèmes posés par la surdité grave en tentant de privilégier la restauration d'une fonction auditive déficiente et de développer la mise en action de la « boucle audio-phonatoire », indispensables à l'établissement du langage oral, spécificité essentielle de l'espèce humaine. La réintroduction de la « Langue des Signes » dans le système éducatif, de nos jours, donnant aux sourds une langue que certains qualifient de « langue naturelle des sourds », peut sembler au contraire constituer une tentative de remplacement de la fonction auditive déficiente, par l'instauration d'un nouveau mode de communication.

Cette dualité, qui a pu paraître à certains moments conflictuelle, aboutira peut-être, dans une rigoureuse synthèse harmonieuse, à une meilleure connaissance des capacités d'utilisation de l'ensemble des moyens permettant aux sourds de s'insérer au mieux dans le circuit de la communication, dont ils sont cruellement, et de plus en plus, exclus à notre époque.

Le message verbal n'est reçu, analysé, décodé, intégré, engrammé et donc mémorisé que si l'appareil récepteur du tympan à la zone temporale du cortex cérébral est parfaitement fonctionnel. Le fonctionnement de l'ensemble de ce système auditif dépendra non seulement de son intégrité anatomique mais aussi de l'enrichissement de son tissu neuro-sensoriel par l'apport des informations extérieures dès qu'il devient réceptif. On a pu, en effet, démontrer l'appauvrissement cellulaire des noyaux et relais des voies auditives privées de stimulations.

Le langage oral s'élabore à partir des compétences du nouveau-né qui développe ses capacités ou compétences sensorielles (non seulement auditives mais aussi visuelles), cognitives, motrices et sociales, génétiquement programmées, au contact de l'environnement et dans une conduite interactive.

L'apparition du langage, qu'il soit oral ou signé, demeure, en outre, sous la dépendance de capacités de maturation et de plasticité cérébrale que conditionnent pour une part importante l'âge des acquisitions et la « période critique », à ne pas laisser passer. Cette notion est confirmée par les résultats limités de l'implantation cochléaire tardive des sourds pré-linguaux, ou bien par la perte relativement précoce des larges capacités discriminatives des contrastes phonétiques que possèdent les très jeunes enfants, alors que l'adulte ne conserve seulement que la discrimination des oppositions le plus souvent rencontrées dans sa propre langue.

La neuro-physiologie et la neuro-psychologie, la linguistique, l'informatique avec notamment les avancées nouvelles en matière d'intelligence artificielle, l'électronique avec ses possibilités presque illimitées de traitement du signal et d'enregistrements ou de stimulations électrophysiologiques, la biologie moléculaire avec les progrès espérés de la connaissance du génome humain concourent presque à part égale vers un approfondissement de nos connaissances.

Les textes présentés dans ce numéro balaient donc un champ très large de l'ensemble de ces problèmes et rendent compte de l'étendue de l'AUDIOPHONOLOGIE, discipline encore mal connue dont « l'objet est l'étude de l'audition, la phonation, la parole et le langage chez l'homme ».

La floraison des travaux dans le domaine et la progression de nos connaissances en matière de physiologie de l'oreille interne, de neuro-psychologie ou de linguistique ne doivent cependant pas masquer la fragilité et la relativité des progrès accomplis.

Lucien MOATTI*

* Unité d'Audiophonologie infantile, Service d'Oto-Rhino-Laryngologie (Pr E.N. Garabedian), Hôpital d'Enfants Armand-Trousseau, 75012 Paris, France.

EPILEPSIES

REVUE DE LA LIGUE FRANÇAISE CONTRE L'ÉPILEPSIE
(4 numéros par an)

MARS
1992

REVUE DE LA LIGUE FRANÇAISE CONTRE L'ÉPILEPSIE

NUMERO 1

VOLUME 4

EPILEPSIES

TARIFS 1992

Particuliers	Institutions	
France	260 FF <input type="checkbox"/>	370 FF <input type="checkbox"/>
CEE	300 FF <input type="checkbox"/>	410 FF <input type="checkbox"/>
Autres pays	340 FF <input type="checkbox"/>	450 FF <input type="checkbox"/>

Abonnement gratuit pour les membres
de la Ligue Française Contre l'Épilepsie



EPILEPSIES

REVUE DE LA LIGUE FRANÇAISE CONTRE L'ÉPILEPSIE
Volume 4; numéro 1 : mars 1992

Sommaire

Traitement des épilepsies avec crises partielles complexes
P. Loiseau

Localisation du foyer épileptique par TDM xénon.
Comparaison avec le SPECT, l'IRM et la SEEG
C. Marchal, A.M. Bidabé, M. Guyot, B. Duché, A. Rougier

Crises partielles sensibles déclenchées par un son pur,
révélatrices d'un gliome malin
S. Zagury

Analyses de livres

Informations

ISSN : 1149-6576
ISBN : 086196-3-19 0



BON DE COMMANDE à retourner à : John Libbey Eurotext
6, rue Blanche, 92120 Montrouge, France - Tél. (1) 47.35.85.52.

NOM : Prénom :

FONCTION :

ADRESSE :

.....

VILLE : PAYS :

Ci-joint un chèque de FF à l'ordre de John Libbey Eurotext. Tarif abonnement 1992.

La perception du langage parlé : une approche comparative

J. SEGUI

Laboratoire de Psychologie Expérimentale, Université René-Descartes et CNRS, Paris, France.

Dans ce texte sont examinés quelques résultats récents sur la perception du langage parlé chez le très jeune enfant et chez l'adulte. Ces résultats mettent en évidence le rôle essentiel de l'organisation phonologique de la langue dans la détermination des procédures d'analyse du signal de parole. Seule une approche comparative peut permettre de distinguer les propriétés spécifiques et générales du système de traitement.

Mots clés : Perception de la parole,
Structure phonologique,
Approche comparative.

Speech perception : a comparative approach

In this paper we examine some recent results concerning speech perception by very young children and adults. These results show that the nature of the speech processing device is strongly related to the phonological organization of the listener's language.

In order to distinguish between specific and non specific properties of the speech processing system it is necessary to adopt a comparative approach.

Key words : *Speech perception,
Phonological structure,
Comparative studies.*

Rendre compte de la perception du langage parlé soulève des difficultés si considérables que nombre de théoriciens proposent d'envisager l'existence d'un module spécifique pour le traitement des sons de parole. D'après ces auteurs, les mécanismes utilisés pour la perception de ces sons diffèrent radicalement de ceux utilisés pour la perception des sons non linguistiques. En particulier, le traitement des sons de parole ne pourrait se comprendre que par référence aux mécanismes impliqués dans leur production (Liberman, 1982). Indépendamment de la validité de cette proposition théorique, nous voudrions montrer dans ce bref article que l'étude de la perception du langage parlé exige également de prendre en considération d'une manière très précise les propriétés phonologiques de la langue de l'auditeur (pour une présentation récente de la relation entre perception auditive et perception de la parole, voir en particulier le chapitre V de l'ouvrage publié sous le nom collectif de Calliope, 1989).

NOTRE LANGUE ET SA PERCEPTION

Il est d'observation courante que notre perception du langage parlé diffère de manière assez radicale quand nous traitons les énoncés de notre propre langue et ceux d'une langue étrangère. En particulier, tandis que le discours en langue étrangère nous semble se dérouler de façon essentiellement continue, sans aucune interruption notable (nous avons affaire à un « flot de paroles »), nous percevons les énoncés de notre langue comme étant constitués par des suites discrètes de séquences de sons correspondant aux unités significatives de base. Les séquences de mots sont à leur tour perçues en tant que constituants de la phrase séparés par des pauses.

Il est clair que cette différence dans la manière dont nous percevons les sons de notre langue et ceux d'une langue étrangère dépend fondamentalement des connaissances linguistiques que nous avons intériorisées au cours de l'acquisition, bien plus que de la nature acoustique des signaux de parole de l'une ou l'autre langue. En effet, l'onde acoustique constituant le signal de parole est aussi continue, variable et généralement bruitée, en français que dans n'importe quelle autre langue. Bien que relevant du simple « bon sens », cette observation montre clairement que l'étude de la perception du langage ne peut s'effectuer sans faire référence à une langue particulière ayant sa propre organisation phonologique, morphologique, syntaxique, etc.

S'il est vrai qu'en tant que psycholinguistes notre but est de comprendre la perception du langage plutôt que la perception du français, du russe ou du japonais, ce n'est qu'à partir de l'étude de la perception de différentes langues que nous pourrions dégager les propriétés générales et spécifiques de la perception. Le développement d'une démarche comparative en psycholinguistique apparaît alors comme une nécessité.

Une question fondamentale dans ce domaine est d'établir dans quelle mesure le fonctionnement du système de perception d'un locuteur peut être déterminé par les propriétés de sa propre langue.

Dans la suite de cet article, nous illustrerons l'intérêt d'une démarche comparative en psycholinguistique en

faisant référence à certains travaux récents conduits aussi bien chez les très jeunes enfants que chez les adultes.

CAPACITÉS PERCEPTIVES DU TRÈS JEUNE ENFANT

Depuis le début des années 1970, et grâce tout particulièrement aux travaux de P. Eimas et de ses collaborateurs (Eimas, 1973), les psycholinguistes ont mis en évidence une différence importante dans la manière dont les très jeunes enfants et les adultes perçoivent le langage parlé. En effet, tandis que les adultes discriminent sans difficulté les phonèmes de leur propre langue mais sont souvent incapables d'en faire de même pour des oppositions qui ne sont pas pertinentes dans cette langue (on connaît la difficulté des sujets japonais à discriminer entre /l/ et /r/), les très jeunes enfants semblent en mesure de discriminer entre tous les contrastes phonétiques susceptibles d'être exploités par n'importe quelle langue naturelle.

Les capacités de discrimination phonétique des enfants sont donc plus « ouvertes » que celles des adultes. Toutefois, cela ne signifie pas que la perception de la parole chez l'enfant diffère radicalement de celle de l'adulte, car, dans les deux cas, cette perception est de nature catégorielle. En effet, les enfants et les adultes s'avèrent incapables de discriminer entre des stimuli qui appartiennent à une même catégorie phonétique. Par exemple, s'il est clair que du point de vue acoustique la réalisation du phonème /b/ varie selon son contexte de réalisation, ces variations sont sans conséquence sur le plan perceptif. Aussi bien l'adulte que l'enfant perçoivent les différentes réalisations de /b/ comme étant équivalentes et clairement différentes de n'importe quelle réalisation d'un autre phonème (par exemple, /p/).

Compte tenu de ce qui précède une question fondamentale sera d'établir comment un enfant, dont les capacités de discrimination pour les sons de parole sont très « ouvertes » à la naissance, devient peu à peu un auditeur « natif », c'est-à-dire un auditeur sensible essentiellement aux contrastes phonétiques de « sa » langue.

Afin d'aborder ce problème, une voie privilégiée a consisté à comparer la performance de discrimination des enfants et des adultes à des contrastes phonétiques d'une langue L2 qui ne sont pas pertinents dans la langue de leur environnement (L1). Ces performances seront par ailleurs comparées à celles des adultes monolingues de L2.

Par exemple, J. Werker *et al.* (1981) ont étudié la performance d'un groupe d'enfants anglais âgés de 6 à 8 mois et d'un groupe d'adultes de même langue à discriminer entre deux phonèmes de la langue hindi qui sont généralement perçus par les adultes anglais comme correspondant à des réalisations du même phonème /t/. Les performances observées seront comparées à celles d'un groupe d'adultes hindi.

Les résultats montrent que la performance des enfants anglais est proche de celle obtenue par les adultes parlant hindi et diffère très clairement de celle des adultes anglais. En effet, tandis que les enfants anglais et les locuteurs adultes de l'hindi discriminent sans difficulté les deux phonèmes de l'hindi notés /t/ et /T/,

les adultes anglais se montrent incapables d'effectuer une telle discrimination. La performance des enfants anglais est donc comparable à celle des adultes locuteurs de l'hindi et différente de celle des adultes anglais. Par la suite, Werker et ses collaborateurs (pour une synthèse, Werker, 1989) ont conduit une série de travaux du même genre en utilisant des groupes d'enfants de différents âges afin de « suivre » de plus près l'évolution de leurs capacités de discrimination pour des sons de parole.

Ces études ont permis de « dater » de manière assez précise le « déclin » des capacités de discrimination des enfants pour différents types de contrastes non pertinents dans la langue de leur environnement. Ces travaux ont montré, en particulier, une évolution très importante des capacités de discrimination des enfants à l'intérieur de la première année de vie. En effet, jusqu'à l'âge de 6-7 mois, la capacité des enfants pour des contrastes phonétiques non pertinents dans la langue de leur environnement reste très élevée. Après 8 mois, cette capacité semble décliner assez rapidement de manière telle qu'à la fin de la première année de vie l'enfant est sensible essentiellement aux seuls contrastes phonétiques de sa propre langue. La capacité à discriminer entre des sons de parole qui s'opposent sur un contraste phonétique non pertinent semble donc diminuer de manière radicale à la fin de la première année. Il est important de souligner cependant que cette affirmation n'est pas généralisable à l'ensemble des contrastes phonétiques non pertinents dans la langue du sujet. L'absence de discrimination entre deux sons qui s'opposent sur une dimension phonétique non pertinente en L1 existe si l'auditeur « assimile » ces sons à des réalisations allophoniques de sa propre langue (c'est le cas du locuteur anglais qui perçoit la paire hindi /t/-/T/ comme des réalisations allophoniques de /t/). En revanche, si les sons considérés ne sont pas assimilables aux catégories phonémiques de la langue L1 de l'auditeur, celui-ci peut les discriminer sans grande difficulté. Ainsi, l'opposition entre les réalisations de deux phonèmes de langue zulu, qui ne partagent ni la place d'articulation, ni le mode d'articulation avec aucun phonème de l'anglais, est parfaitement discriminée par les adultes et les enfants anglais (Best, McRoberts et Sithole, 1988). Ce résultat suggère fortement que la diminution des capacités de discrimination du jeune enfant est liée de manière intime à l'élaboration du système phonologique de sa « propre » langue. C'est par « référence » à ce système que les sons d'une langue étrangère seront discriminés ou non.

Sur ce point on doit noter que les résultats obtenus par J. Werker ainsi que par C. Best *et al.* (1988) et P. Kuhl (1987), entre autres, ont attiré l'attention sur le fait que non seulement les capacités de discrimination de l'enfant sont très « ouvertes » à la naissance, mais encore que, dès son plus jeune âge, l'enfant est sensible aux caractéristiques phonologiques et prosodiques de la langue de son environnement.

Les recherches récentes conduites avec des très jeunes enfants montrent que ceux-ci sont très précocement sensibles aux propriétés prosodiques globales de la langue de leur environnement. Ainsi, par exemple, dans une série de travaux effectués par J. Mehler *et al.* (1988),

ces auteurs ont montré que les enfants français de quelques jours de vie répondent différemment à l'audition d'énoncés français et russes. L'analyse du comportement des enfants suggère par ailleurs une préférence pour l'audition des énoncés français.

En résumé, ces travaux montrent que l'enfant non seulement possède dès la naissance des capacités de discrimination très élaborées pour les sons de parole, mais encore qu'il est capable d'extraire très précocement les régularités phonologiques et prosodiques de la langue de son environnement. C'est grâce à cette double capacité qu'il peut être en mesure de devenir dans un temps record un auditeur « natif ».

STRUCTURE PHONOLOGIQUE ET PROCÉDURES DE SEGMENTATION

Dans la première partie de cet article, nous avons montré qu'afin de rendre compte de l'évolution des capacités de discrimination de l'enfant pour les sons du langage, il fallait tenir compte des propriétés de la langue de son environnement. Quand la structure phonologique de cette langue a été acquise, elle sert en quelque sorte de « cadre de référence » par rapport auquel seront interprétés les sons non familiers appartenant à une langue étrangère.

Dans cette deuxième partie, nous illustrerons l'impact de l'organisation phonologique de la langue du locuteur adulte dans la détermination des procédures de segmentation du langage parlé.

Le premier travail de cette série est celui conduit en français par Mehler *et al.* (1981). Dans cette recherche, les auteurs ont utilisé comme matériel expérimental des paires de mots commençant par les mêmes trois premiers phonèmes tels que Balcon et Balance. Dans le premier mot, la syllabe initiale est constituée par les trois premiers phonèmes (mots CVC), tandis que dans le deuxième mot, la syllabe initiale est constituée par les deux premiers phonèmes (mots CV). La tâche des sujets consiste à détecter le plus rapidement possible une séquence-cible correspondant aux deux ou trois premiers phonèmes de ces mots (par exemple, détecter BA ou BAL dans BALANCE et BALCON). On demande aux sujets de répondre le plus rapidement possible en appuyant sur un bouton dès qu'ils entendent un mot commençant par une séquence-cible particulière préalablement spécifiée.

L'objectif de cette expérience est d'établir si le temps de détection de la cible est une fonction du nombre des phonèmes qui la composent ou bien de sa valeur syllabique dans le mot. Si l'on observe que les temps de réponse sont plus courts pour les cibles CV que pour les cibles CVC, quel que soit le mot considéré, un tel résultat pourrait indiquer que les sujets perçoivent les mots en termes phonémiques, phonème par phonème. En revanche, si les temps de réponse dépendent de la valeur syllabique de la cible dans le mot-test et non pas du nombre des phonèmes qui la composent, ce résultat pourrait indiquer que les sujets perçoivent les mots syllabe par syllabe.

Les résultats observés montrent que la détection d'une cible est plus rapide quand elle correspond à la syllabe

initiale du mot que quand elle correspond à plus ou moins que cette première syllabe. Ainsi, BA est détectée plus rapidement que BAL dans le mot BALANCE, tandis que BAL est détectée plus rapidement que BA dans le mot BALCON. Il existe donc une interaction entre le type de mot (CVC ou CV) et le type de cible (CVC ou CV).

Sur la base de ces résultats, Mehler *et al.* ont émis l'hypothèse que la syllabe constitue l'unité naturelle de segmentation du langage parlé.

Dans une recherche comparable conduite en anglais, Cutler *et al.* (1983, 1986) n'ont pas observé ce type d'effet de nature syllabique. Les temps de réponse pour les cibles BA et BAL étaient analogues dans les deux types de mots. Il n'existe pas d'interaction entre le type de mot et le type de cible.

Afin de rendre compte de ces résultats, à première vue contradictoires, Cutler *et al.* ont proposé que les différences observées entre les sujets français et anglais pouvaient être dues à la différence d'organisation phonologique de ces langues. Tandis que le français possède une structure syllabique régulière, l'anglais a une structure syllabique moins claire en raison de la présence de segments ambisyllabiques. Ainsi, selon certaines descriptions phonologiques, la deuxième consonne du mot BALANCE appartient en fait à la première et à la deuxième syllabe (BA/L/ANCE). Une procédure de segmentation syllabique semble donc bien adaptée pour le français, mais non pas pour l'anglais. D'après cette interprétation, les sujets français ont développé une procédure de segmentation syllabique tandis que les sujets anglais ont développé un autre type de stratégie de segmentation (basée vraisemblablement sur l'emplacement de l'accent ; Cutler et Norris, 1988).

Cette interprétation permet de rendre compte du fait observé par Cutler *et al.* que les sujets français analysent les mots anglais en termes syllabiques tandis que les sujets anglais n'analysent pas les mots français en termes syllabiques. Autrement dit, quand les sujets français reçoivent un matériel verbal anglais, ils perçoivent ce matériel par référence à la structure phonologique du français et appliquent aux mots anglais une procédure de segmentation syllabique. Il en est de même pour les sujets anglais qui reçoivent un matériel français.

Ces résultats semblent indiquer clairement que les procédures de segmentation du langage parlé sont fortement conditionnées par l'organisation phonologique de la langue de l'auditeur et « transférées » pour l'analyse d'une langue étrangère. Des recherches plus récentes conduites sur différentes langues dont le portugais, le catalan, l'espagnol, et le japonais s'accordent avec cette hypothèse générale (Morais *et al.*, 1989 ; Sébastien-Gallés *et al.*, 1992 ; Segui *et al.*, 1990 ; Otake *et al.*, en préparation).

La mise en évidence d'un effet très important de la structure phonologique de la langue du sujet dans la détermination de ses procédures de segmentation pose des problèmes d'interprétation très intéressants en ce qui concerne les capacités perceptives des sujets bilingues. Les premiers travaux conduits sur ce point suggèrent que les performances perceptives des sujets bilingues ne sont pas « assimilables » à celles des sujets monolingues de chacune des langues considérées. Les procédures de trai-

tement perceptif susceptibles d'être déterminées par l'organisation phonologique de chacune des langues du bilingue ne semblent pas pouvoir être acquises ou utilisées de manière comparable. En fait, ces travaux suggèrent que c'est la langue dont la structure phonologique a été intériorisée et stabilisée en premier par le sujet qui fixerait la nature des procédures de segmentation (Cutler *et al.*, 1989, 1992). Toutefois, si les sujets bilingues ne semblent pas être en mesure d'acquérir de manière comparable les procédures d'analyse adaptées à ses différentes langues, ils semblent, en revanche, capables d'abandonner les stratégies spécifiques de leur langue dominante (L1) pour traiter les énoncés de leur autre langue (L2). Autrement dit, contrairement aux sujets monolingues, le bilingue ne « transfère » pas les procédures d'analyse de L1 quand il est confronté aux énoncés de L2.

CONCLUSION

Dans cet article, nous avons rapidement examiné certains travaux récents consacrés à la perception du langage parlé chez l'enfant et chez l'adulte. Les recherches présentées nous semblent mettre en évidence l'importance de l'organisation phonologique de la langue de l'auditeur dans la détermination de ses procédures d'analyse perceptive de l'onde sonore. Ce que nous percevons est déterminé de manière complexe par les propriétés du stimulus acoustique et par les procédures de traitement spécifiques que nous avons développées au cours de l'acquisition du langage.

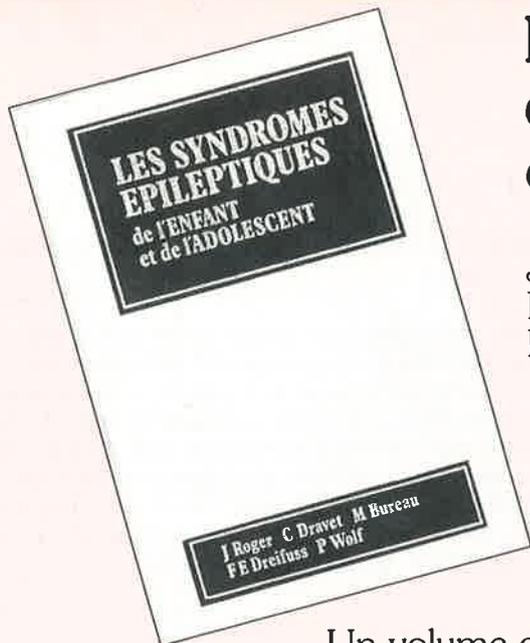
Une démarche de nature comparative en psycholinguistique semble la seule à même de permettre de distinguer les aspects universaux des aspects spécifiques du traitement de la parole ■

RÉFÉRENCES

- BEST C.T., McROBERTS G.W., SITHOLE N.M. (1988). Examination of perceptual reorganization for nonnative speech contrast : Zulu click discrimination by english-speaking adults and infants. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance* ; 14 : 345-60.
- CALLIOPE (1989). La parole et son traitement automatique, (CNET-ENST, Masson), Paris.
- CUTLER A., MEHLER J., NORRIS D., SEGUI J. (1983). A language specific comprehension strategy. *Nature* ; 304 : 159-60.
- CUTLER A., MEHLER J., NORRIS D., SEGUI J. (1986). The syllable's differing role in the segmentation of French and English. *Journal of Memory and Language* ; 25 : 385-400.
- CUTLER A., MEHLER J., NORRIS D., SEGUI J. (1989) Limits on bilingualism. *Nature* ; 340 : 229-30.
- CUTLER A., MEHLER J., NORRIS D., SEGUI J. (1992). The monolingual nature of speech segmentation by bilinguals. *Cognitive Psychology* ; 1992 : 24 (sous presse).
- CUTLER A., NORRIS D. (1988). The role of strong syllables in segmentation for lexical access. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance* ; 14 : 113-21.
- EIMAS P.D. Developmental studies in speech perception. In : COHEN L.B., SALAPATEK P., eds. (1973) *Infant Perception : From Sensation to Perception*, (New York Academic Press), New York.

- KUHL P.K. Perception of speech and sound in early infancy. *In* : COHEN B., SALAPATEK P., eds. (1987) *Infant Perception : From Sensation to Perception*, (New York Academic Press), New York.
- LIBERMAN A.M. (1982). On finding that speech is special. *American Psychologist* ; 37 : 148-67.
- MEHLER J., DOMMERGUES J.-Y., FRAUENFELDER U., SEGUI J. (1981). The syllable's role in speech segmentation. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour* ; 20 : 298-305.
- MEHLER J., JUSZYK P.W., LAMBERTZ G., HALSTED G., BERTONCINI J., AMIEL-TISON C. (1988). A precursor of language acquisition in young infants. *Cognition* ; 29 : 144-78.
- MORAIS J., CONTENT A., CARY L., MEHLER J., SEGUI J. (1989). Syllabic segmentation and literacy. *Language and Cognitive Processes* ; 4 : 57-67.
- OTAKE T., HATANO G., CUTLER A., MEHLER J. Mora or syllable ? Speech segmentation in Japanese (en préparation).
- SEBASTIAN-GALLÈS N., DUPOUX E., SEGUI J., MEHLER J. (1992). Contrasting syllabic effects in Catalan and Spanish. *Journal of Memory and Language* ; 31 : 18-32.
- SEGUI J., DUPOUX E., MEHLER J. The syllable's role in speech segmentation, phoneme identification and lexical access. *In* : ALTAMANN G.T.M., ed. (1990) *Cognitive models of speech processing : Psycholinguistic and computational perspectives* (MIT Press), 263-280.
- WERKER J.F. (1989) Becoming a native listener. *American Scientist* ; 77 : 54-9.
- WERKER J.F., GILBERT J.H.V., HUMPHREY G.K., TEES R.C. (1981). Developmental aspects of cross-language speech perception. *Child Development* ; 52 : 349-55.

JL John Libbey
EUROTEXT



Les syndromes épileptiques de l'enfant et de l'adolescent

J. ROGER, C. DRAVET,
M. BUREAU, F.E. DREIFUSS,
P. WOLF

363 pages, relié
510 FF

Un volume consacré à l'individualisation
et à la classification des syndromes épileptiques juvéniles :

- du nouveau-né
- du nourrisson
- de l'enfant
- de l'adolescent

BON DE COMMANDE

NOM..... Prénom.....

Adresse

Désire recevoir l'ouvrage **Les Syndromes Epileptiques de l'enfant et l'adolescent**
au prix de 510 FF + 30 F de frais de port, soit 540 F.

Ci-joint mon règlement à l'ordre de **John Libbey Eurotext**

6, rue Blanche - 92120 MONTROUGE - France - Tél. : (1) 47.35.85.52.

Données récentes en physiologie de la cochlée : applications aux moyens de dépistage des troubles auditifs

P. AVAN, D. LOTH, M. TEYSSOU, C. MENGUY

Département de Biophysique, PAM Neurosensoriel, Hôpital Lariboisière et Faculté de Médecine Lariboisière-Saint-Louis, Université Paris VII, 75010 Paris, France.

La connaissance de la physiopathologie cochléaire a progressé grâce à l'apport des données les plus récentes concernant la physiologie des récepteurs périphériques. Les cellules ciliées externes de l'organe de Corti participent à l'analyse « mécanique » du message auditif, tandis que les cellules ciliées internes assurent la transduction de ce message que les fibres afférentes du nerf auditif transmettent aux centres auditifs. Une pathologie auditive limitée à la cochlée affecte gravement ce message et, chez l'enfant, compromet le développement du système nerveux central. Un diagnostic précoce, basé sur les techniques modernes d'otoneurologie, doit permettre la mise en route d'un appareillage et d'une éducation spéciale appropriés.

Mots clés : Oreille interne,
Perception,
Physiopathologie,
Méthodes diagnostiques otoneurologiques.

Recent advances in cochlear physiology, applications to the screening of hearing impairments

The most recent data about the physiology of peripheral auditory receptors have resulted in significantly improving the knowledge of cochlear physiopathology. The outer hair cells of the organ of Corti play an important role in the mechanical analysis of the auditory message, whereas the inner hair cells carry out the transduction of this message which is then conveyed towards auditory centers. Even when limited to the cochlea, any auditory impairment severely damages this message and, especially in infants, affects the development of the central nervous system. Designing new oto-neurological techniques based upon these advances is an important issue which should allow an appropriate choice for hearing aids and special educational programs.

Key words : Inner ear,
Perception,
Physio-pathology,
Screening methods.

Les surdités chez l'enfant font l'objet d'études multidisciplinaires approfondies en raison de leurs conséquences sur l'ensemble du développement psychomoteur et cognitif. Or, la grande majorité des surdités de perception néonatales sont d'origine cochléaire. Les autres causes de surdité de perception (nerf auditif ou centrales) sont exceptionnelles. Toutefois, même si un déficit auditif est primitivement limité à un dysfonctionnement périphérique, le développement des centres nerveux auditifs s'en trouve profondément perturbé, notamment au cours de certaines périodes critiques. Le choix des méthodes et des techniques de compensation des surdités cochléaires est donc conditionné par une meilleure connaissance du fonctionnement normal de la cochlée et de son rôle dans l'analyse du message auditif. Les progrès dans ce domaine permettent de mieux comprendre les conséquences possibles d'un déficit et l'apport des méthodes diagnostiques.

LA COCHLÉE NORMALE

Les données récentes sont basées sur l'apport conjoint des techniques les plus fines de la neurophysiologie (électrophysiologie, microscopie électronique, immunohistochimie, etc.). Elles ont permis de mettre en évidence que les récepteurs auditifs ont un fonctionnement hautement complexe (revue dans Avan et Bonfils, 1991). L'organe de Corti des mammifères contient deux types de cellules ciliées sensorielles :

- les cellules ciliées internes (CCI), au nombre de 3 500 environ, disposées sur une rangée longitudinale ;
- les cellules ciliées externes (CCE), au nombre de 12 à 16 000, alignées selon 3 à 5 rangées.

Selon leur position le long de la cochlée, ces cellules répondent préférentiellement à des fréquences d'autant plus basses que la position est plus apicale. Cette « tonotopie » cochléaire connue depuis longtemps est un élément essentiel de l'analyse des sons.

Les deux types de cellules ciliées se partagent deux rôles totalement différents (en tout cas chez les mammifères). Les CCI sont transductrices, essentiellement innervées par des fibres nerveuses afférentes qui véhiculent les informations auditives vers le tronc cérébral. Les CCE ne sont pratiquement pas connectées à des fibres afférentes (si ce n'est un petit contingent de fibres non myélinisées, dont on ignore la fonction), mais possèdent une activité mécanique : elles sont contractiles. On leur attribue un rôle d'effecteur mécanique sélectif en fréquences, permettant de transmettre les vibrations de l'organe de Corti aux cellules ciliées internes. La richesse de l'innervation efférente des CCE (provenant du système olivaire supérieur, dans le tronc cérébral) suggère que leur activité mécanique est contrôlable par les centres nerveux. Reprenons plus en détail la fonction de chaque type de cellules.

• Les CCE

1. Morphologie

Ce sont des cellules cylindriques allongées. La disposition de leur corps cellulaire dans l'organe de Corti est particulière : elles sont fixées par leurs deux extrémités,

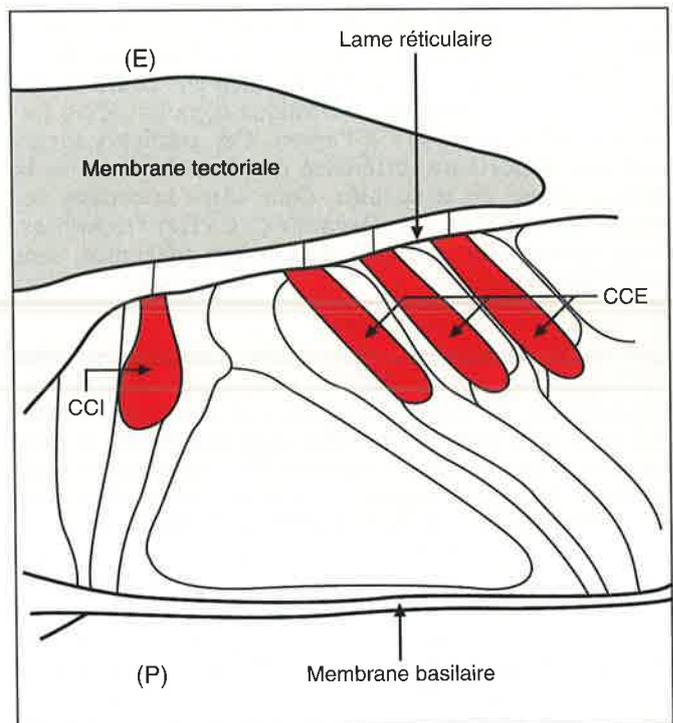


Figure 1. Coupe transversale très schématisée de l'organe de Corti d'un mammifère.

On distingue deux types de cellules ciliées selon leur position (internes et externes). La lame réticulaire est formée par les sommets des CCI, des CCE et des cellules de soutien. Elle forme une entité à part entière, et représente une barrière étanche entre deux compartiments liquidiens de compositions ioniques et de potentiels différents, périlymphatique (P) et endolympatique (E). Lors des vibrations de l'organe de Corti, les cils des cellules ciliées subissent un cisaillement entre la lame réticulaire et la membrane tectoriale. Noter que les cellules de soutien laissent les CCE libres latéralement, donc ne s'opposent pas à une éventuelle motilité.

à la base aux cellules de soutien reposant sur la membrane basilaire, et au sommet à la lame réticulaire (figure 1). En revanche, les corps cellulaires sont libres latéralement. Les cils des CCE sont de l'autre côté de la lame réticulaire, baignant ainsi dans l'endolymphe, dont le potentiel électrique et la composition ionique sont particuliers. Les plus grands cils sont implantés dans la membrane tectoriale. Le cytoplasme contient des structures très particulières, notamment au voisinage de la membrane cellulaire : un réticulum endoplasmique organisé en lamelles, associé à de nombreuses mitochondries, et un réseau de protéines contractiles (actomyosine). Les synapses trouvées à la base des CCE sont essentiellement efférentes (cholinergiques), en rapport avec des fibres du faisceau olivo-cochléaire médian. A l'apex, on rencontre plus fréquemment des synapses avec des fibres afférentes (d'un type différent de celles des CCI).

Plusieurs autres caractéristiques des CCE varient régulièrement en fonction de la localisation des cellules entre la base et l'apex de la cochlée. On décrit ces variations par le terme « gradient baso-apical » ; un tel gradient existe pour la longueur du corps cellulaire (de 20 à

90 μm), la longueur des cils (de 2 à 7 μm), la rigidité des cils, leur fréquence de résonance mécanique (de 20 à 1 kHz environ), le potentiel de récepteur continu provoqué par une stimulation acoustique (dépolariation faible à la base, > 10 mV à l'apex). Ces gradients suggèrent une importante différence de physiologie entre la base et l'apex de la cochlée, donc entre le codage des hautes (> 1 kHz) et des basses (\leq 1 kHz) fréquences. Nous reviendrons par la suite sur cette différence, sans doute fondamentale.

2. Propriétés biomécaniques

Les CCE isolées *in vitro* sont contractiles sous l'influence de divers stimuli (chimiques, électriques, acoustiques). *In vivo*, il n'existe que des preuves indirectes de cette motilité. La plus spectaculaire est le phénomène d'oto-émissions acoustiques, consistant en une émission de sons d'origine cochléaire, détectables dans le conduit auditif externe en réponse à divers types de stimuli sonores. Deux catégories de motilité existent, l'une dite rapide (la limite fréquentielle haute varie entre 1 et 30 kHz selon les auteurs et les techniques utilisées), l'autre dite lente (constante de temps caractéristique de l'ordre de plusieurs dizaines de millisecondes). On ignore laquelle prédomine physiologiquement. Il semble que la contraction d'un groupe de 50 à 60 CCE, provoquée dans des conditions réalistes, soit capable d'induire localement des déplacements significatifs de l'organe de Corti. Selon certaines théories, ces déplacements pourraient modifier son comportement vibratoire et la réponse des cellules sensorielles.

La réponse électrique d'une CCE à une stimulation acoustique a deux composantes, continue (dépolariation de faible amplitude) et alternative. L'hypothèse actuelle la plus largement admise est que cette réponse électrique entraîne en retour une réponse mécanique de la cellule. Il en résulterait un rétro-contrôle des vibrations mécaniques de l'organe de Corti, qui seraient atténuées ou renforcées selon leur fréquence par rapport à celle caractéristique des CCE. Cette transduction bi-directionnelle serait à la base du filtrage périphérique des stimulations acoustiques tant que leur niveau ne dépasse pas 60 dB, aboutissant à une tonotopie cochléaire très précise (seul un petit nombre de CCE répondent à une stimulation en son pur, et leur position longitudinale dépend de la fréquence du son selon un gradient baso-apical).

3. Innervation

Celle-ci est principalement éférente. Les fibres nerveuses appartiennent aux faisceaux olivo-cochléaires médians provenant des deux côtés du tronc cérébral. Les synapses avec les CCE sont cholinergiques. Le rôle qui leur est attribué consisterait à contrôler la motilité des CCE. Il reste hypothétique, toutefois certaines expériences ont montré que des stimulations électriques du faisceau éférent modifient les potentiels intracellulaires des CCI (transductrices) et que de telles modifications ne peuvent se faire que par le biais d'une intervention mécanique des CCE.

Quant aux fibres afférentes partant des CCE, elles sont peu nombreuses et à conduction lente. Chacune de ces fibres afférentes va donner des synapses avec de nombreuses CCE et présente un trajet spiral le long de la cochlée. On ignore tout de leur fonctionnement.

• Les CCI

Les caractéristiques des CCI s'opposent pratiquement point par point à celles des CCE (sauf à l'apex de la cochlée où les différences s'estompent).

1. Morphologie

Les trois différences essentielles avec les CCE sont (a) l'absence de connexion entre les cils des CCI et la membrane tectoriale ; (b) l'absence d'équipement contractile ; (c) l'innervation.

2. Propriétés bioélectriques

Il résulte de ce qui précède que l'excitation mécanique des cils des CCI, nécessaire à la production de potentiels de récepteur aboutissant finalement à la transduction, est indirecte, vraisemblablement due à un entraînement passif par les mouvements de la lame liquide prise en cisaillement entre la membrane tectoriale et la lame réticulaire. Le fait que la membrane tectoriale soit solidaire des cils des CCE est primordial et conduit à penser qu'aux faibles niveaux de stimulation, les CCE, normalement motiles, sont responsables de la transmission des vibrations aux CCI. Un déficit des CCE peut donc entraîner un déficit au niveau de la transduction, donc une perte auditive, même si les CCI sont intactes. L'intervention mécanique des CCE dans l'excitation des CCI est probablement filtrée et peut-être amplifiée (ce dernier point est actuellement très controversé).

La réponse électrique d'une CCI à une stimulation provient de l'ouverture de canaux ioniques situés au niveau des cils, déclenchée par la déflexion des cils vers l'extérieur par rapport à l'axe de la cochlée. Elle a deux composantes, alternative et continue. L'amplitude de la composante continue (dépolariation) dépend de l'intensité de stimulation et peut atteindre 10 à 20 mV. Lorsqu'elle est suffisante, elle aboutit à un largage du neuromédiateur au pôle basal de la cellule. On retrouve au niveau des CCI la même tonotopie que pour les CCE.

3. Innervation

Des CCI partent 90 % des fibres afférentes. Celles-ci sont myélinisées, et leur organisation est divergente, c'est-à-dire que chaque neurone n'est connecté qu'à une CCI (ou parfois 2 à 3). Chaque CCI reçoit 10 à 20 dendrites. Ces dendrites reçoivent par ailleurs du faisceau olivo-cochléaire latéral une innervation axodendritique sans doute de type inhibiteur. Les réponses des fibres afférentes aux sons purs sont le plus souvent décrites au moyen de courbes d'accord (*tuning curves*). Celles-ci ne sont que la conséquence de l'analyse fréquentielle effectuée mécaniquement. En effet, on a pu démontrer que toutes leurs propriétés découlent de celles de la micromécanique cochléaire. Ces courbes d'accord (*figure 2*) présentent une fréquence caractéristique CF dépendant de la position de la CCI d'où provient la fibre enregistrée. Elles sont fines lorsque CF est haute, plus larges lorsque CF est basse. La largeur des courbes d'accord informe sur le nombre de fibres capables de répondre à une stimulation de fréquence donnée. Le nombre de fibres répondant à une stimulation de haute fréquence et bas niveau acoustique est donc normalement faible. Cela constitue un codage efficace de la fréquence de cette stimulation. Lorsque le niveau acoustique dépasse 60 à 70 dB, une fibre se met à répondre,

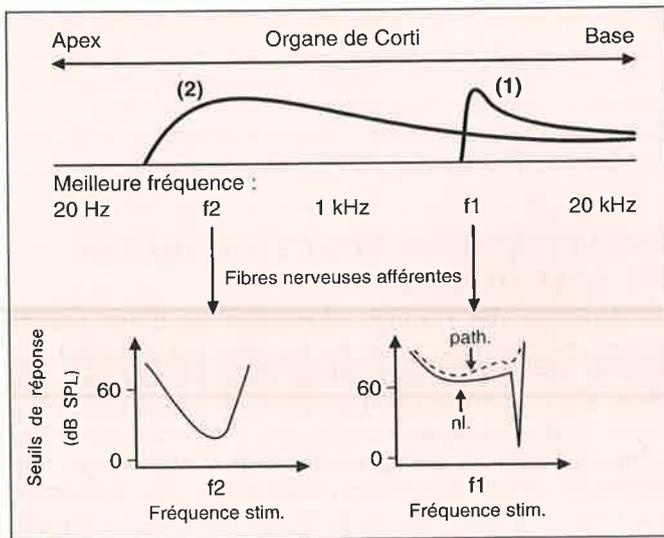


Figure 2. En haut : enveloppe des réponses mécaniques de l'organe de Corti à deux vibrations de fréquence $f_1 \gg 1$ kHz (1) et $f_2 \ll 1$ kHz (2). En bas : on enregistre deux fibres respectivement originaires des endroits où f_1 et f_2 donnent la réponse la plus ample, en réponse à des stimulations de fréquence variable. Dans chaque cas, le meilleur seuil est obtenu pour f_1 (resp. f_2), fréquence caractéristique de la fibre. La fibre de meilleure fréquence f_1 est très sélective en fréquence pour des niveaux acoustiques inférieurs à 60 dB, au contraire de la fibre de meilleure fréquence f_2 . En revanche, la probabilité de décharge de la fibre f_2 est synchrone du stimulus. Lors d'une pathologie, la sélectivité fréquentielle de la fibre f_1 disparaît.

même des fréquences éloignées de CF, surtout vers les basses fréquences. Il faut noter que parmi les 10 à 20 fibres partant d'une CCI donnée, la sensibilité (par exemple le seuil de réponse) est variable : il existe un contingent de fibres de bas seuil (leur taux de décharge peut être saturé par des stimulations ne dépassant pas 50 dB) et un contingent de fibres de seuil élevé (dont la saturation est plus tardive). La gamme dynamique des stimulations acoustiques codées est ainsi beaucoup plus grande que celle d'une fibre nerveuse seule. En ce qui concerne le codage temporel des signaux, les décharges des fibres de CF basse manifestent une synchronisation partielle avec le stimulus (la probabilité de décharge étant plus grande lorsque la phase du stimulus est telle que les cils subissent une déflexion excitatrice). Cette synchronisation disparaît lorsque $CF > 4$ kHz, en raison de la période réfractaire des fibres nerveuses.

• Récapitulation : fonctionnement normal de la cochlée

Les données rappelées dans les paragraphes précédents mettent en évidence plusieurs dualités dans le fonctionnement de la cochlée. La première concerne les rôles différents des cellules ciliées, filtrage mécanique pour les CCE (responsables de la tonotopie cochléaire précise), transduction passive pour les CCI.

Toutefois, l'importance du rôle des CCE tend à disparaître dans deux situations : (a) à haut niveau de stimulation ; (b) probablement à l'apex de la cochlée. Dans ces deux cas, les CCI sont alors stimulées directement par le jeu de la mécanique passive cochléaire

dont la sélectivité fréquentielle est moindre. Pour cette raison, les courbes d'accord des fibres nerveuses s'élargissent beaucoup lorsque le niveau acoustique dépasse 60-70 dB, et à basse fréquence. Ainsi, l'on distingue deux types de fonctionnement mécanique, le premier, dit « actif », se manifeste pour des fréquences supérieures à 500 Hz et des niveaux acoustiques inférieurs à 60 dB, et permet une grande sélectivité fréquentielle. Le deuxième type fait appel à la mécanique passive de la cochlée. Malgré le peu de finesse de la tonotopie associée à la mécanique passive, l'analyse des sons de niveau acoustique élevé est sans doute facilitée par le grand nombre de fibres nerveuses recrutées et par la diversité de leurs seuils de réponse. Quant aux sons de basse fréquence, ils sont probablement reconnus au niveau central en grande partie grâce à la synchronisation des décharges des fibres nerveuses, plus que par les informations liées à la tonotopie.

L'activité des CCE est sans doute modulée par l'intervention du système efférent olivo-cochléaire médian. Plusieurs hypothèses s'affrontent quant au rôle de ce système ; l'une d'elles lui attribue une fonction protectrice vis-à-vis de stimulations excessives, l'autre propose que sa mise en action permette de diminuer l'effet de masquage du bruit sur la détection d'un son.

Bien que les nouvelles approches physiologiques aient permis d'aboutir à une compréhension raisonnable des mécanismes d'analyse des sons par l'organe auditif périphérique, le traitement de l'information auditive par les centres nerveux reste encore mal connu et peu exploré. Autrement dit, on sait que le traitement tonotopique des sons par la cochlée est très important, mais que d'autres types de traitement (tels que par exemple l'analyse des indices de synchronisation des décharges nerveuses) sont également nécessaires.

Sur le plan psycho-acoustique, on sait que la perception d'un son dans un environnement sonore complexe fait appel à la notion de bande critique. Par exemple, un son pur de fréquence donnée f est masquable par un bruit dont le spectre contient la fréquence f . Cependant, seules les composantes fréquentielles du bruit proches de f sont efficaces. En dehors d'une largeur de bande bien définie (dite critique), les composantes du bruit ne sont pratiquement plus masquantes. Contrairement aux courbes d'accord du nerf auditif, les bandes critiques ont une largeur indépendante du niveau sonore, ce qui suggère qu'elles correspondent à un autre type de traitement. On trouve des corrélats physiologiques des bandes critiques dans le mésencéphale (colliculus inférieur), où des neurones auditifs ont des courbes d'accord identiques aux bandes critiques : ils répondent à tout signal dont la fréquence est à l'intérieur d'une bande critique et à aucun signal extérieur, quel que soit le niveau sonore. On devine aisément l'importance de cette analyse pour la perception des sons complexes.

PHYSIOPATHOLOGIE DE LA COCHLÉE

Dans la grande majorité des atteintes pathologiques de la cochlée, les lésions prédominent sur les CCE et à la base de la cochlée. Ces atteintes peuvent être liées par exemple à un trouble d'origine génétique ou de

l'embryogenèse, à la présence de substances ototoxiques (isolée ou potentialisée par une exposition au bruit, par exemple en couveuse), etc. Une atteinte élective des CCE entraîne une perte auditive, en général plus importante sur les fréquences élevées, et une diminution de sélectivité fréquentielle dont la conséquence la plus grave est d'entraîner des distorsions qui gênent particulièrement la perception des sons complexes. Deux grandes catégories de distorsions ont été largement décrites et étudiées chez l'adulte, le recrutement et la diaplacousie.

Plus précisément, le non-fonctionnement des CCE se traduit par un élargissement des courbes d'accord du nerf auditif en plus d'une élévation globale de leurs seuils. Cet élargissement est considérable, même lorsque certaines CCE restent encore fonctionnelles (Lieberman et Dodds, 1984). Il implique que des fibres qui d'après leur localisation devraient avoir une fréquence caractéristique FC peuvent répondre à des stimulations dont la fréquence est inférieure de plusieurs octaves à FC même si leur niveau est peu différent du meilleur seuil de ces fibres (*figure 2*). Lorsque ce phénomène se produit, la sensation de force sonore associée à un son de spectre étroit est exagérée (recrutement) et l'analyse fréquentielle en est incorrecte. Une autre conséquence du recrutement est la plus grande sensibilité de l'oreille interne pathologique vis-à-vis de la fatigue auditive due à des sons intenses, par rapport à une oreille normale. Il en résulte qu'un appareillage capable par son gain de compenser la perte auditive va cependant rester incapable de restituer une perception correcte des sons purs et *a fortiori* complexes, en raison de la dynamique très faible d'une oreille qui recrute.

Dans le cas de surdités de perception sévères ou profondes, il est probable que les CCI sont également défectueuses. Des études histologiques chez l'animal ont en effet montré que des pertes auditives supérieures à 30-40 dB s'accompagnaient de lésions des CCE et des CCI.

Le cas des nouveau-nés et des très jeunes enfants est particulier puisque leur système nerveux central (SNC) est en cours de développement. La déprivation d'informations auditives due au déficit auditif périphérique a des conséquences graves sur le développement de l'ensemble du SNC même si la pathologie est strictement périphérique. Même chez l'adulte, mais à un degré moindre, une plasticité du SNC existe. Les conséquences sur les plans neuro-psychologique et cognitif sont bien connues ; en revanche, leur base physiopathologique n'a fait pour l'instant l'objet que d'études préliminaires. Un exemple d'expérience consiste à provoquer chez un jeune animal des lésions cochléaires restreintes au codage de certaines fréquences (les hautes fréquences en général). Normalement, la représentation topographique corticale est ordonnée, de sorte qu'on trouve une carte tonotopique du cortex auditif primaire. Au bout d'un certain temps, après que la cochlée ait été lésée, les régions corticales codant normalement pour les fréquences correspondant au déficit sont réorganisées, c'est-à-dire envahies par les domaines adjacents (Rajan *et al.*, 1990 ; Harrison *et al.*, 1991). Les neurones de ces domaines semblent avoir des seuils de réponse et des courbes d'accord peu modifiés, mais il faut souligner que les lésions cochléaires sont bien localisées. Dans le cas de lésions plus étendues entraînant un grand élar-

gissement des courbes d'accord du nerf auditif et la présence de distorsions importantes, on ignore si les neurones présents dans les zones corticales de cartographie remaniée sont bien fonctionnels, c'est-à-dire dans quelle mesure les performances psycho-acoustiques sont préservées ou altérées.

EXPLORATIONS FONCTIONNELLES DE L'AUDITION

Le dépistage des surdités néonatales est d'une grande importance puisque, selon les données qui précèdent, la mise en œuvre d'un appareillage aussi précoce que possible, d'un suivi sur les plans psychomoteur, orthophonique..., et d'un apprentissage des différents modes de communication est indispensable pour minimiser les conséquences d'une déprivation sensorielle. Le diagnostic d'un déficit auditif dès les premiers mois de vie est difficile et nécessite des examens audiolinguistiques soignés, et souvent répétés. L'interprétation des résultats des tests audiométriques objectifs est basée entre autres sur la connaissance du développement normal du système auditif périphérique et central.

• Chronologie du développement normal

Chez l'homme, les premiers potentiels intracochléaires sont détectables vers la 20^e semaine *in utero* ; on considère que la maturation physiologique de l'organe de Corti est achevée vers la 30-35^e semaine. Les nouveau-nés prématurés normo-entendants ont des otoémissions acoustiques normales au moins à partir de la 32^e semaine (âge gestationnel), ce qui indique un fonctionnement mature des CCE. Les potentiels évoqués du tronc cérébral sont également détectables dès la 30^e semaine mais leur maturation est plus lente et se termine plus tardivement puisqu'elle est tributaire de la myélinisation des voies nerveuses. Le seuil de détection de l'onde V (la plus tardive des ondes précoces et la plus facilement identifiable ; sa genèse est classiquement attribuée à la partie haute du tronc cérébral) chez un nouveau-né normo-entendant dépend donc de l'âge, de même que sa latence (*figure 3*). Le niveau du seuil de l'onde V atteint la valeur normale de l'âge adulte, soit 10 dB HL environ, vers l'âge de 1 à 2 ans seulement. Les latences des autres ondes atteignent une valeur quasi définitive au même âge.

Les potentiels évoqués tardifs (« corticaux ») évoluent sur un intervalle de temps beaucoup plus long et leur maturation a été relativement peu étudiée. De plus, la plupart des enregistrements pratiqués chez les nourrissons ont lieu pendant le sommeil qui modifie vraisemblablement beaucoup leur morphologie. La forme classique observée chez l'adulte (N1-P2) n'est pas retrouvée avant l'adolescence. A plus forte raison, en ce qui concerne les potentiels évoqués cognitifs (basés sur l'utilisation de stimuli plus complexes et de consignes de reconnaissance), les données obtenues chez l'enfant sont très limitées (revue dans Courchesne, 1990).

• Explorations fonctionnelles : apport des données physiologiques récentes

Cet apport a permis de compléter l'audiométrie com-

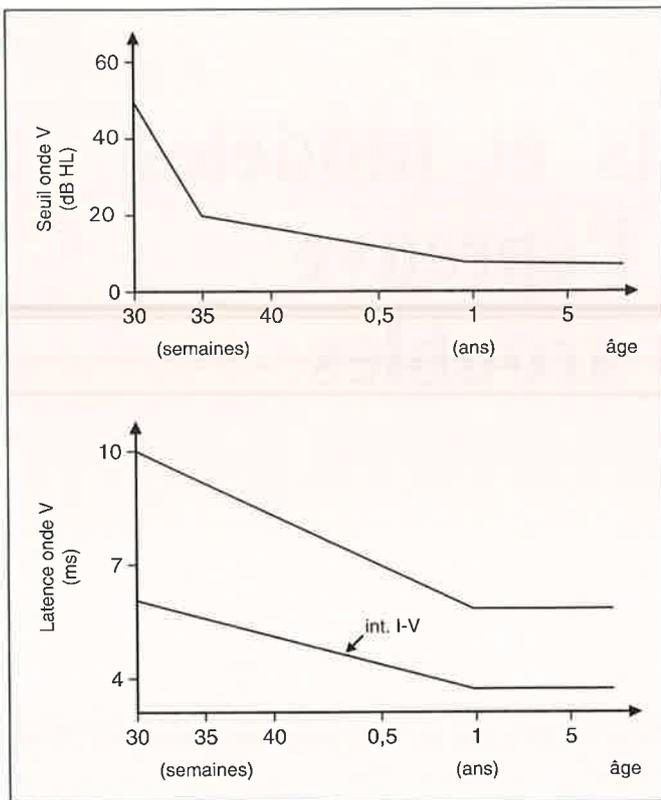


Figure 3. Évolution du seuil de détection et de la latence de l'onde V, ainsi que de l'intervalle entre les ondes I et V, sur les potentiels évoqués du tronc cérébral, en fonction de l'âge gestationnel.

portementale par des tests à la fois objectifs et spécifiques du fonctionnement de certaines structures. Comme l'immense majorité des surdités de perception néonatales sont d'origine endocochléaire, l'accent a été mis depuis quelques années sur l'exploration de ce type de surdité. En particulier, l'enregistrement des otoémissions acoustiques (provoquées, spontanées, produits de distorsion) permet d'évaluer de manière très rapide, très fiable et non invasive le fonctionnement des CCE sur lesquelles repose la micromécanique cochléaire, donc la qualité des messages transmis par le nerf auditif. Cet examen donne lieu néanmoins à un certain nombre de restrictions. Tout d'abord, l'intervalle de fréquences étudié est [1, 4] kHz pour les otoémissions provoquées par clic ou bouffée tonale. On peut espérer que le nouvel examen basé sur l'étude des produits de distorsion acoustiques permettra d'élargir cet intervalle à [1, 8] kHz voire [0,5, 8] kHz (voir par exemple Bonfils *et al.*, 1991 ; Avan et Bonfils, 1992). L'existence d'un déficit transmissionnel réduit ces intervalles du côté des basses fréquences. La principale restriction provient de l'aspect non quantitatif du diagnostic de perte auditive. L'absence de réponse permet seulement d'affirmer l'existence d'un déficit supérieur à 30 dB dont le degré reste à évaluer. Enfin cet examen ne permet pas de mettre en évidence une pathologie rétro-cochléaire, ni une atteinte isolée des CCI (possibles mais très rares : Bonfils *et al.*, 1990). En présence d'une surdité de perception cochléaire, l'enregistrement des potentiels évoqués du tronc cérébral permet d'évaluer le seuil

auditif de l'oreille testée, compte tenu des normes précédemment citées en fonction de l'âge. Il faut rappeler que cet examen n'informe que sur le seuil auditif en hautes fréquences (≥ 1 , ou même 2 kHz).

L'étude objective des seuils auditifs dans un plus large intervalle de fréquences nécessite la recherche des seuils de potentiels évoqués tardifs en utilisant des stimulations de différentes fréquences et de niveau acoustique variable. Cet examen se heurte aux difficultés citées précédemment mais donne des informations quantitatives précieuses.

Malheureusement, les tests permettant d'évaluer des fonctions plus élaborées de la perception auditive (analyse de sons complexes) ne sont pas encore sortis du stade de l'expérimentation en laboratoire chez l'adulte. Il est difficile d'en pronostiquer l'avenir.

Les progrès les plus marquants de ces dernières années ont permis de mieux disséquer le rôle des structures périphériques et de comprendre les grandes lignes de la physiopathologie cochléaire (y compris sur le plan génétique où des avancées importantes commencent à être envisageables). La précocité et la fiabilité d'un diagnostic de surdité en ont été améliorées. L'application systématique de ces méthodes aux nourrissons répertoriés comme « sujets à risque pour l'audition » doit permettre de mettre en œuvre le plus tôt possible un appareillage et une éducation appropriés. Ceux-ci restent délicats en raison des difficultés particulières à compenser une surdité de perception d'origine cochléaire. Cependant, leur importance pour le développement général de l'enfant est largement reconnue et justifie tous les efforts dont ils sont actuellement l'objet. Il en est de même dans les cas plus rares de surdités acquises ou de troubles centraux de l'audition ■

RÉFÉRENCES

- AVAN P., BONFILS P. (1991). Anatomie et physiologie de la cochlée. *Acta Otolaryngol Belg* ; 45 : 115-54.
- AVAN P., BONFILS P. (1992). Frequency-specificity of human distortion product otoacoustic emissions. *Audiology* (à paraître).
- BONFILS P., AVAN P., JOUFFRE V., FRANÇOIS M., TROTOUX J., NARCY P. (1991). Les produits de distorsion acoustique : Intérêt clinique et limites dans l'exploration des basses fréquences. *Ann Otolaryngol (Paris)* ; 108 : 425-31.
- BONFILS P., AVAN P., LONDERO A., NARCY P., TROTOUX J. (1990). Progressive hereditary deafness with predominant inner hair cell loss. *Am J Otolaryngol*.
- COURCHESNE E. Chronology of postnatal human brain development : Event-related potential, positron emission tomography, myelinogenesis and synaptogenesis studies. *In* : ROHRBAUGH *et al.* eds (1990). Event-related brain potentials, basic issues and applications, (Oxford Univ. Press), New York, 210-41.
- HARRISON R.V., NAGASAWA A., SMITH D.W., STANTON S., MOUNT R.J. (1991). Reorganization of auditory cortex after neonatal high frequency cochlear hearing loss. *Hear Res* ; 54 : 11-9.
- LIBERMAN M.C., DODDS L.W. (1984). Single-neuron labelling and chronic cochlear pathology. III : stereocilia damage and alterations of threshold tuning curves. *Hear Res* ; 16 : 55-64.
- RAJAN R., IRVINE D.R., CALFORD M.B., WISE L.Z. Effect of frequency-specific losses in cochlear neural sensitivity on the processing and representation of frequency in primary auditory cortex. *In* : DANCER, eds (1991). Noise-Induced Hearing Loss (Beaune 1990), (Mosby-Year Book), Saint-Louis, 119-29.

Détecteurs de traits et modèles connexionnistes à l'épreuve de la clinique des troubles phonétiques

B. VIROLE

Laboratoire de Recherches Acoustiques « L'Aide Auditive », 230, rue du faubourg Saint-Honoré, 75008 Paris, France.

Après avoir rappelé la problématique des modèles de la perception phonétique catégorielle, l'auteur présente les grandes caractéristiques des modèles connexionnistes et discute de leurs applications à la perception de la parole à partir de la clinique des troubles auditifs. Les effets de seuils catégorisateurs, la résistance à la dégradation du signal, la fusion avec les indices labiaux et moteurs et les délais d'apprentissage viennent à l'appui de la vraisemblance de ces modèles.

Mots clés : Modèles connexionnistes,
Catégorisation phonétique,
Trouble perceptif.

Feature detectors, networks and perception speech disorders

After a brief summary of issues dealing with models of categorial phonetic perception, the author presents the major characteristics of connectionnist models, followed by a treatment of their applications in the domain of auditory disorders. Effects of boundaries, resistance to speech degradation, fusion with lip reading and motor cues, and learning times, all show the pertinence of these models.

Key words : Neural networks,
Phonetic categorisation,
Speech disorders.

La question de la catégorisation phonétique est la première rencontrée dès lors que l'on tente de remonter de la réception d'un signal physique de parole à son identification. Ce phénomène peut être illustré expérimentalement en faisant descendre de façon continue la hauteur fréquentielle du deuxième formant (F2) de la voyelle <i> émise par une voix de synthèse. Cette modification aboutit à la reconnaissance d'un <i> par les sujets testés jusqu'à une certaine valeur du F2, différente d'ailleurs selon les sujets, à partir de laquelle ceux-ci reconnaissent un <y>. Il existe donc dans le continuum acoustique des zones frontières dont le franchissement fait basculer l'identification d'un phonème vers un autre phonème. Ce phénomène, dont la saillance diffère selon qu'il s'agit de consonnes ou de voyelles, constitue un des faits majeurs et encore non clairement élucidés de la perception de la parole.

MODÈLES POUR LA CATÉGORISATION PHONÉTIQUE

Pour les tenants des théories motrices (Liberman, 1967 ; Stevens, 1969), ces seuils critiques sont les traces des positions articulaires dont l'auditeur, à l'écoute d'un message phonétique émanant d'un locuteur, réeffectue, dans un espace proprioceptif, le geste articulaire. Les données cliniques issues des tests en discrimination chez les enfants présentant des « dysphasies de réception » attestent en effet que leurs erreurs touchent principalement les phonèmes vélaux les plus tardivement articulés. Cependant les enfants atteints de troubles sévères de l'expression peuvent apprendre à catégoriser correctement des stimuli phonétiques qu'ils ne peuvent articuler. Enfin la possibilité de comprendre les langues étrangères sans les parler vient affirmer la secondarité de cette stabilisation motrice des frontières phonétiques catégorielles. Pour Miller (1955) et Pastore (1977), le processus de catégorisation phonétique est au contraire un phénomène purement sensoriel issu des effets de seuils différentiels masqués où les processus actifs de la cochlée jouent peut-être un rôle. En dessous de ces seuils, les variations des paramètres du signal n'ont aucun effet jusqu'à leur dépassement où la transduction électrophysiologique diffère alors qualitativement. Or, si la catégorisation est ainsi préinscrite de façon innée dans l'organisation biologique, on conçoit difficilement comment les frontières acoustico-phonétiques peuvent varier selon les différents codes phonétiques acquis. L'hypothèse des détecteurs de traits est née de cette nécessité de concilier la distinction des langues et l'unicité de la perception de la parole (Massaro, 1978). Selon ce modèle, les traits distinctifs phonologiques seraient décodés par des récepteurs neurosensoriels (complexes de neurones) qui répondraient spécifiquement à certains paramètres physiques du signal de parole. Les principaux arguments expérimentaux (Eimas, 1974 ; Melher, 1978) attestent de l'existence de discrimination catégorielle, de catégorisation et d'invariance perceptuelle chez les enfants préverbaux. Les résultats des expériences d'écoute dichotique et d'adaptation sélective (influence de la présentation répétitive d'un seul trait

sur la discrimination des autres) attestent de l'existence d'une recombinaison au niveau central des traits extraits indépendamment les uns des autres au niveau périphérique. La vraisemblance neurobiologique de ce modèle s'étaye en partie sur la mise en évidence chez certains animaux d'assemblées de cellules corticales répondant sélectivement à des stimuli sonores complexes spécifiques de l'espèce (Buser, 1987). Cependant, pour rendre compte de l'ensemble de la perception phonétique, il faut postuler l'existence d'un grand nombre de détecteurs de traits. De plus, cette hypothèse implique une intégration neurologique centrale des traits détectés en un percept unifié. Or, compte tenu du temps de franchissement synaptique, une telle intégration, si elle se fait sous la forme d'arbre de décision, demande une certaine durée qui ne coïncide pas avec le débit de la perception de la parole (10 phonèmes/s). Il faut donc postuler des stratégies qui permettent de faire des prédictions anticipatrices. L'existence de ces stratégies amène donc à devoir imaginer, au-dessus de la cartographie, des détecteurs de traits phonétiques, une « carte cognitive » contrôlant les processus de catégorisation. Or, sur le plan épistémologique, la nécessité pour un modèle de se compliquer en postulant un nouveau module de traitement aux caractéristiques inconnues signe sa faiblesse initiale.

PRÉSENTATION DES MODÈLES CONNEXIONNISTES

L'hypothèse des détecteurs de traits peut cependant gagner en puissance et se dégager du postulat de cette « carte cognitive » en faisant appel aux modèles connexionnistes issus de l'Intelligence Artificielle. Les réseaux neuromimétiques comportant plusieurs couches de « neurones formels » (*units*) assimilables à des unités de calcul numérique (*figure 1*) apprennent à reconnaître des formes dès lors qu'elles ont déjà été présentées à leurs entrées, sous une morphologie identique ou proche. Dans les couches profondes du réseau neuromimétique, se définissent ainsi, au fil des présentations des stimuli pendant la phase d'apprentissage, des noyaux denses (attracteurs) correspondant aux traits structuraux des objets présentés. En phase d'exploitation, les formes présentées en entrée du réseau sont attirées vers ces attracteurs et ainsi reconnues, à la condition que les coordonnées du stimulus ne soient pas trop éloignées de celles acquises par apprentissage et qu'elles restent incluses dans le bassin d'attraction de chaque attracteur. Le grand intérêt de ces systèmes, outre leur modélisation mathématique, est qu'ils ne fonctionnent pas dans une logique de tout ou rien, mais dans une logique « floue » permettant des essais/erreurs et un autoapprentissage du système (Smolensky, 1990). Appliqué à la perception phonétique humaine, ce type de modèle propose l'existence de détecteurs de formes phonétiques génétiquement inscrits (sommation neurale de potentiels d'action), mais dont les espaces d'entrées ne sont stabilisés (phase de reconnaissance) qu'après une activation issue de l'expérience linguistique (phase d'apprentissage)

(Lippman, 1989). La validité biologique de tels modèles exige de nombreuses vérifications et mises en contradiction. Nous nous limiterons ici à la compatibilité de ces modèles avec les enseignements de la clinique des troubles auditifs des enfants en mettant en rapport les résultats de discrimination phonétique avec les grandes propriétés des réseaux connexionnistes.

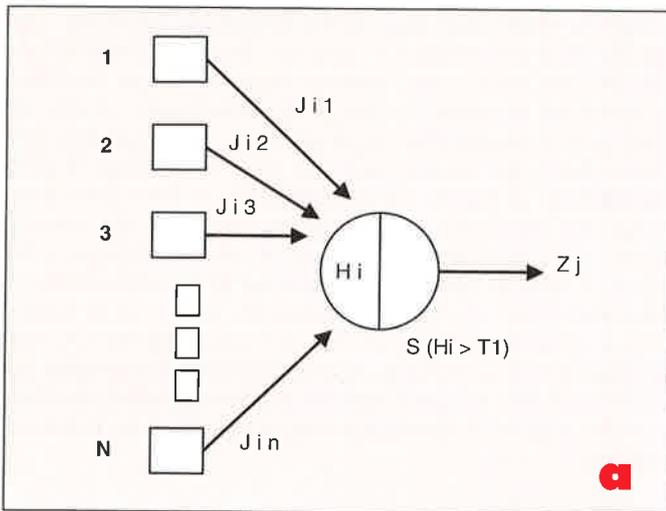
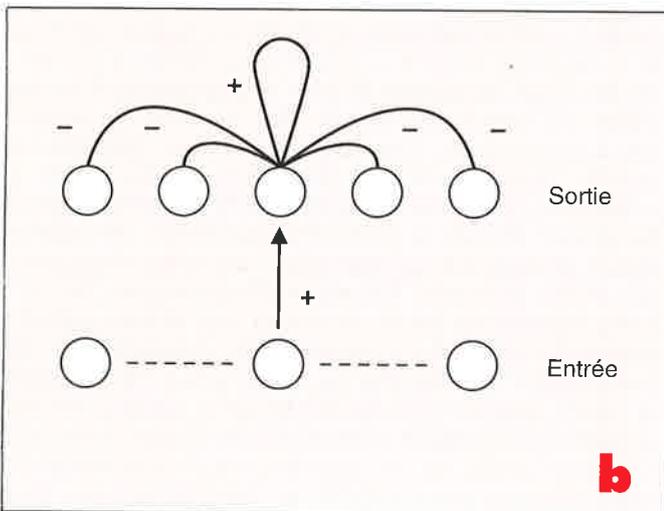


Figure 1a. Structure logique d'un neurone formel. J_{ij} : efficacité synaptique ; Z_j : décharge O/N du neurone i ; $S(H_i)$: fonction de décision du neurone formel ; T_1 : seuil. [D'après Amit, 1989].

Figure 1b. Réseau compétitif. + : synapses excitatrices ; - : synapses inhibitrices.



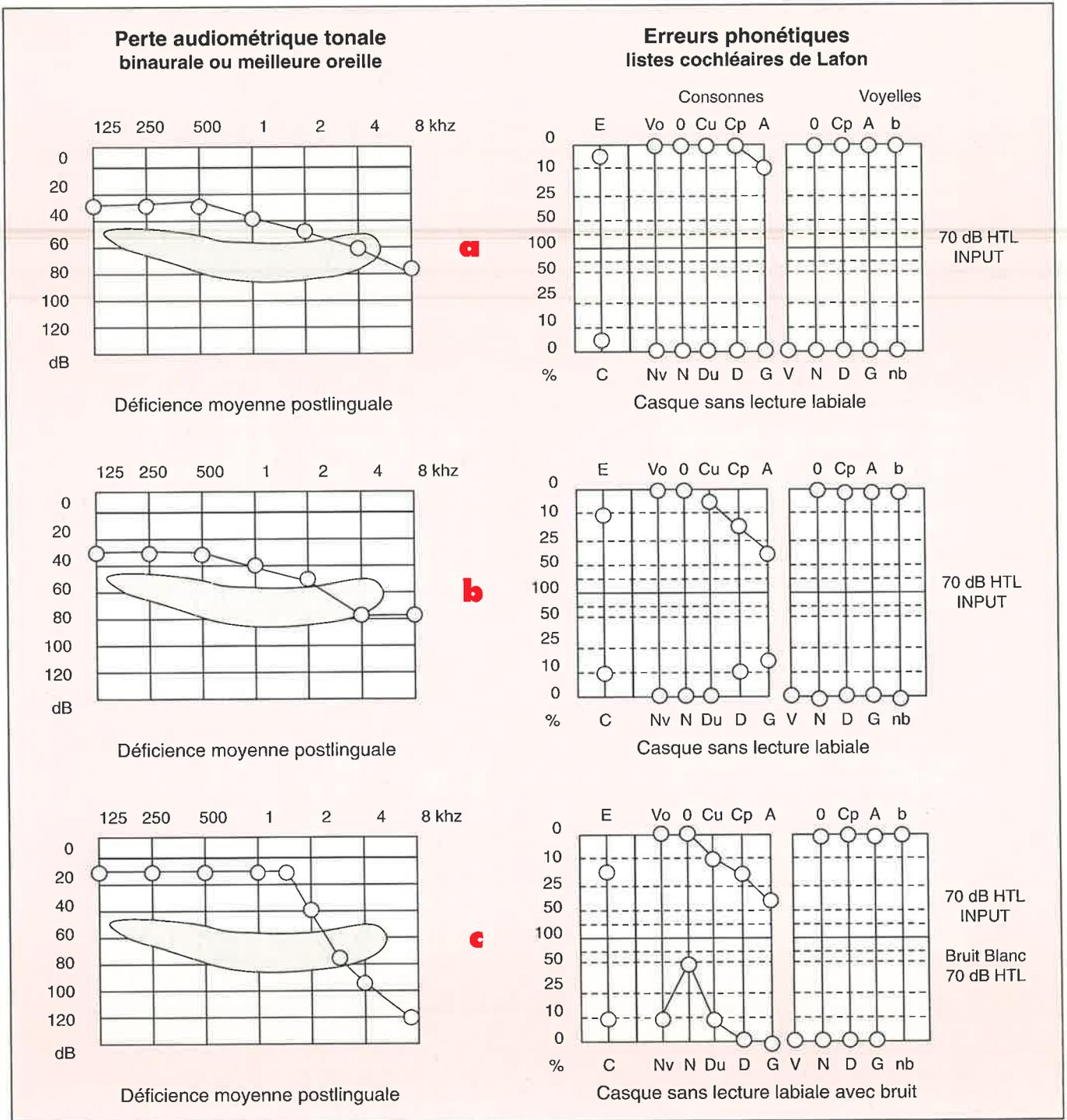
COMPATIBILITÉ AVEC LES DONNÉES CLINIQUES

L'intérêt principal des surdités pour la connaissance des processus de catégorisation phonétique réside dans le fait qu'elles modifient l'entrée du système auditif, et que leurs effets se traduisent ainsi dans son ensemble jusqu'à

l'identification phonétique. Elles peuvent donc être assimilées à des perturbations (préprogramme dans la terminologie de René Thom) dont on connaît un certain nombre de paramètres (importance du déficit, forme de la courbe audiométrique, date d'apparition...), posées devant le signal de parole et dont on recueille les modifications en sortie sous la forme de systèmes de confusions phonétiques. En faisant varier les perturbations d'entrée, donc les types de surdité, on peut observer, moyennant un contrôle rigoureux des différentes variables (type de tests, contraintes phonologiques, distributionnelles, lexicales, sémantiques...), les variations des systèmes de confusions qui sont eux-mêmes une image des modifications des réseaux de frontières catégorielles de l'espace phonétique (Virole, 1991).

La comparaison des performances de catégorisation chez des sujets ayant des profils audiométriques différents, mais à âge et à conditions d'apprentissage sensiblement identiques, met en évidence des seuils limites délimitant des aires de champ auditif, à l'intérieur desquelles la catégorisation phonétique est uniforme, mais dont le franchissement aboutit parfois à des chutes catastrophiques d'identification sur les différents traits (figure 2). On peut ainsi identifier ces aires avec les projections sur le champ auditif des bassins d'attractions des attracteurs phonétiques et dont les frontières fréquentielles, temporelles et énergétiques sont étroitement intriquées. Une modélisation catastrophique de ces réseaux de frontières dans le champ auditif a d'ailleurs été proposée (Petitot, 1985). Son application à la détermination des confusions phonétiques en clinique semble prometteuse, même si elle demande un travail important de validation statistique. Une fois acquis, le réseau de frontières catégorielles présente une stabilité remarquable. Ainsi des phonèmes peuvent même être identifiés malgré une altération considérable de leurs indices acoustiques due au couple masquage et pertes auditives (figure 2c). En revanche, il existe des troubles dits « d'intégration » où la dégradation de la discrimination phonétique ne peut être attribuée à la déficience auditive périphérique mais à des perturbations neuropsychologiques marquées spécifiquement par une sensibilité accrue au bruit perturbant et tout particulièrement aux sons de paroles concurrentiels (effet de « cocktail party »).

Dans la clinique des troubles perceptifs auditifs, la question des intégrations plurimodales pour la catégorisation phonétique est posée avec acuité, du fait de l'appauvrissement d'une des afférences. Les appareillages audioréhabilitatifs réalisés avec succès dans la première année permettent aux enfants sourds sévères congénitaux d'acquiescer un espace phonétique suffisamment finement stratifié pour qu'avec l'aide de la lecture labiale une compréhension de la parole soit acquise (figure 3b). Il existe ainsi, chez certains d'entre eux, une remarquable catégorisation phonétique, à partir uniquement d'indices visuels labiaux, qui pose des questions sur le plan de sa localisation neurologique (corticale ?), celui de sa nature cognitive (détecteurs spécifiques de mouvements labiaux ?). Cette fusion d'indices ne se limite pas aux indices visuels mais concerne aussi les indices moteurs. Si la surdité est appareillée précocement, la chronologie d'acquisition des oppositions phonétiques suit les



AUDIOGRAMME

Seuil Auditif Aérien ○

Seuil Prothétique △

(Au centre de l'audiogramme :
Champ dynamique de la parole)

TRAITS ACOUSTIQUES (R. Jakobson, 1956)
E erreurs générales

C erreurs consonnes

Vo voisé

O oral

Cu continu

A aigu

b bémolisé

V erreurs voyelles

Mv non voisé

N nasal

Du discontinu

G Grave

nb non bémolisé

Figure 2

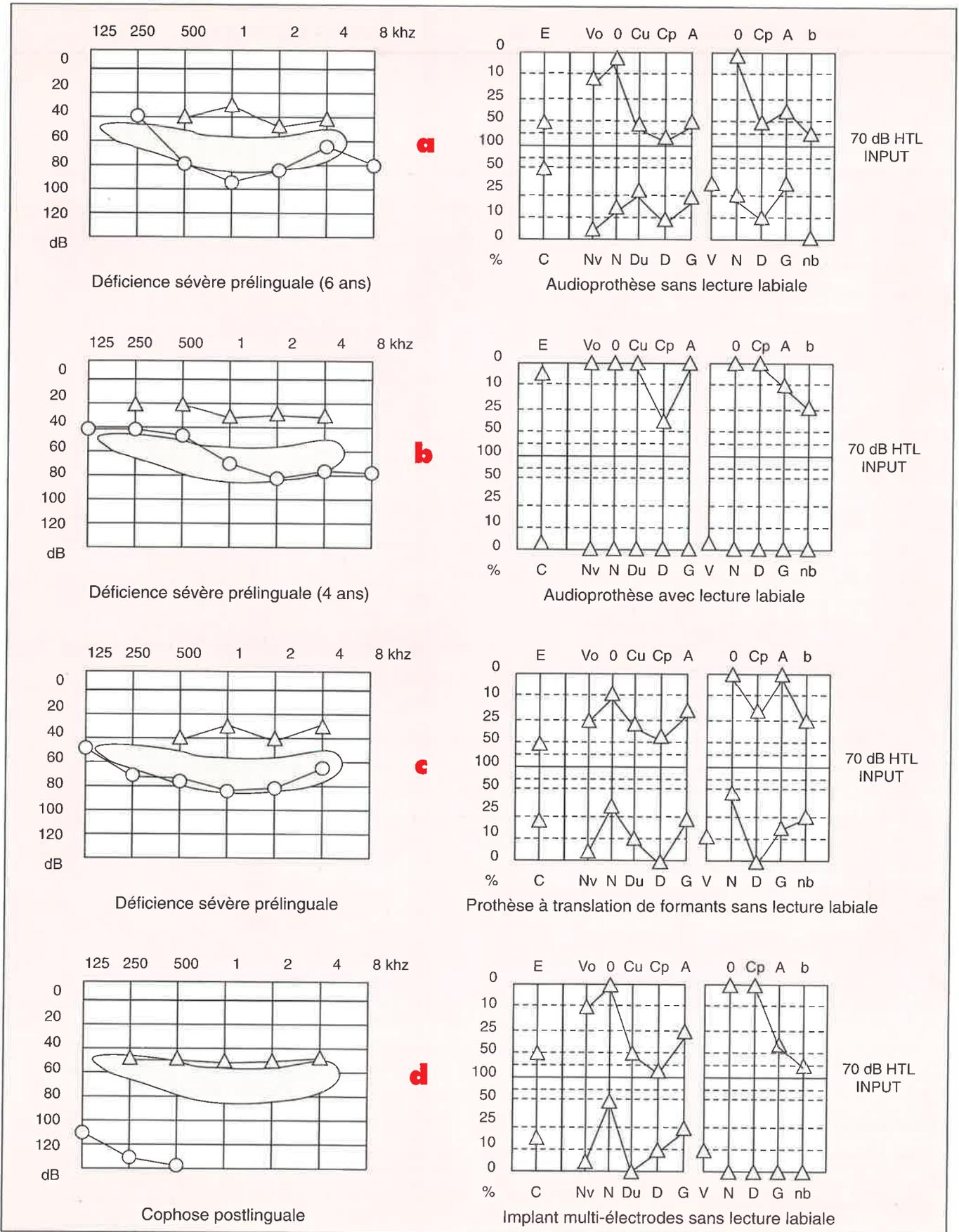


Figure 3

mêmes lignes de développement que chez l'enfant entendant. Ainsi, les enfants sourds de quatre ans peuvent présenter avec leurs prothèses auditives les mêmes erreurs résiduelles sur le trait de compacité en discrimination qu'un enfant entendant du même âge (*figure 3b*). L'augmentation du gain prothétique n'y change rien, car il s'agit en fait de confusions engendrées par une non-stabilisation des détecteurs par les afférences motrices de l'articulation. Dans les cas de surdités sévères ou profondes postlinguales de l'enfant, ce sont les traits supra-segmentaux non structuraux de la voix qui sont perturbés en expression, alors que les traits phonétiques gardent une bonne stabilité malgré la limitation des afférences sensorielles auditives. Cette capacité de fusion des indices visuels et moteurs aux indices auditifs est cependant bornée sur le plan développemental. Il semble qu'une certaine quantité d'indices auditifs soit nécessaire pour que la fusion avec les autres indices puisse se faire de façon naturelle. Ainsi, pour les surdités congénitales profondes de l'enfant, les possibilités de catégorisation phonétique sont drastiquement limitées malgré les déploiements d'appareillages spéciaux et de méthodes palliatives d'aide à la lecture labiale.

La limitation de transmission de l'information auditive due aux lésions cochléaires a amené à essayer de coder l'information de telle façon qu'on puisse la transmettre dans les zones d'audition résiduelles (Lafon, 1961). Différents algorithmes de transposition ont été utilisés avec des succès globaux divers, mais tous sont particulièrement intéressants car ils modifient les conditions d'entrée des détecteurs phonétiques de traits et tentent ainsi d'imposer une nouvelle cartographie de frontières phonétiques dans un espace auditif plus restreint. Dernier en date de ces systèmes de codage, le système EMILY reconnaît le deuxième formant des voyelles et le dédouble à l'octave inférieure. L'analyse globale en traits distinctifs acoustiques atteste que ce système améliore la discrimination de l'ensemble des traits, à l'exception du trait de nasalité dont le codage indiciaire est indépendant de la hauteur du F2 (*figure 3c*).

La possibilité d'améliorer la perception phonétique chez les enfants sourds par des systèmes de codage prothétique par voie aérienne est limitée de toutes façons par l'état physiopathologique de l'épithélium neurosensoriel de la cochlée. On a donc été amené progressivement à proposer des systèmes d'implants cochléaires permettant de transmettre des informations électriques codant le signal de parole plus ou moins directement au nerf cochléaire. La discrimination phonétique acquise avec ces systèmes est dans certains cas (surdités postlinguales) d'une qualité telle (*figure 3d*) qu'elle rentre en contradiction avec les données de la psychophysiologie assimilant le codage fréquentiel à une transduction tonotopique cochléaire. Des *patterns* de signaux encodant la parole sous des formes dynamiques et non fréquentielles parviennent, dans certains cas, à activer les détecteurs de traits de tonalité.

CONCLUSIONS

Tous ces éléments cliniques peuvent être interprétés dans le cadre des propriétés formelles des modèles connexion-

nistes. Les effets de frontières catégorielles mis en évidence par les systèmes de confusions sont isomorphes aux effets d'apprentissage de configurations neuronales de type réseaux compétitifs où les effets de renforcement et d'inhibition aboutissent à reproduire l'organisation topographique des formes d'entrée (Kohonen, 1987). L'assimilation des détecteurs à des attracteurs fournit une explicitation formelle des périodes critiques mises en évidence par la clinique de la réhabilitation des surdités. De plus, une fois le réseau stabilisé, il possède *de facto* une résistance remarquable à toutes perturbations des formes présentées en entrées. L'ensemble des états d'activation et le poids des connexions « synaptiques » sont en effet multivalués permettant une détection de traits à partir d'indices approximatifs (codage, implants) ou altérés (masquage). Les succès des systèmes artificiels de codage sont en faveur de l'existence de bassins d'attractions indiciaires suffisamment larges pour attirer vers le noyau de l'attracteur des indices relativement éloignés des indices originaux. La plurimodalité indiciaire de la catégorisation phonétique peut également être comprise au sein de ces modèles. Les réseaux de neurones présentent en effet les caractéristiques intéressantes, d'une part, de connecter la couche périphérique à la couche profonde par un ensemble de relations dynamiques évolutives, et, d'autre part, de pouvoir modéliser l'activation des attracteurs par une sommation numérique de différentes afférences (*figure 1*). La question de l'intégration des informations visuelles et motrices aux informations auditives peut trouver dans ce processus de sommation des réponses plus satisfaisantes sur le plan biologique que dans la supposition d'un module cognitif de règles symboliques de compensation. Cependant, il existe un argument majeur à l'encontre de l'application des modèles connexionnistes à la reconnaissance phonétique humaine. Il n'est en effet pas sûr que les questions de temps et de rapidité d'intégration du flux de parole puissent, avec ces modèles, trouver des réponses aussi satisfaisantes que celles posées par l'intégration d'images spatiales atemporelles dans le domaine de la vision (Burnod, 1990 ; Mallot, 1989). Les spécificités temporelles de la parole nécessiteront probablement la construction de modèles intégrant une interaction dynamique des attracteurs dont les bases formelles commencent juste à être abordées (Amit, 1989). On mesure alors les obstacles restants pour valider biologiquement de tels modèles. Il n'en reste pas moins que ces quelques analogies entre la clinique des troubles acoustico-phonétiques et les propriétés de codage des contrastes structuraux présentés par ces systèmes invitent à penser que la question princeps de la réalité psychophysiologique des traits descriptifs de la phonétique pourrait trouver, grâce à eux, une amorce de solution ■

Remerciements

Centre « Comprendre et Parler » de Bruxelles.
L'équipe d'audioprothésistes de « l'Aide Auditive », Paris.

RÉFÉRENCES

AMIT D.J. (1989). Modeling brain function, the world of attractor neural networks, (Cambridge University Press), Cambridge, 504.

BURNOD Y. (1990). Les modèles connexionnistes à l'épreuve de la neurobiologie. *Intellectica* ; 9-10 : 247-82.

BUSER P., IMBERT M. (1987). Neurophysiologie fonctionnelle. Tome III, Audition (Hermann), Paris, 342.

EIMAS P.D. (1974). Auditory and linguistic processing of cues for place of articulation by infants. *Perception and Psychophysics* ; 16 : 513-21.

KOHONEN T. (1987). Self Organisation and Associative Memory (Springer-Verlag), Berlin.

LAFON J.C. (1961). Principe de la transmission de la parole dans une zone fréquentielle limitée et son application à l'appareillage du sourd. *C.R. Acad Sc* : 252-327.

LIBERMAN A.M. (1967). Perception of the speech code. *Psychological Review* ; 74 : 6.

LIPPMAN R.P. (1989). Review of Neural Networks for Speech Cognition. *Neural Computing* ; 1 : 1-38.

MALLOT H.A., BRITTINGER R. (1989). Towards a Network Theory of Cortical Areas. *In* : Models of Brain Functions, (Cambridge University Press), Cambridge, 175-90.

MASSARO D.W., ODEN G.C. (1980). Evaluation and Integration of acoustics features in speech perception. *Jour Acous Soc AM* ; 67 : 996-1013.

MEHLER J., BERTONCINI J., BARRIÈRE M., JASSIK-GERSCHENFELD D. (1978). Infant recognition of mother's voice. *Perception* ; 7 : 491-7.

MILLER A., NICELY T.P. (1955). Analyse de confusions perceptives entre consonnes anglaises. *Jour Acous Soc AM* ; 27 : (Trad. française in : MOUTON, textes pour une psycholinguistique, 1974).

PASTORE R.E. (1977). Common factor model of categorical perception. *Journal of Experimental Psychology* ; 3 : 4.

PETITOT-COCORDA J. (1985). Les catastrophes de la parole, (Maloine), Paris.

SMOLENSKY P. (1990). Representation in connectionist networks. *Intellectica* ; 9-10 : 127-65.

STEVENS K.N. (1969). Cross language study of vowel perception. *Language and speech* ; 12.

VIROLE B. (1991). Données cliniques pour un modèle de la perception phonétique au travers des implants cochléaires. *Les Cahiers de l'Audition* ; 5 : 12-9.

REVUES  John Libbey EUROTEXT

Sciences Sociales et Santé

Volume X n° 1
mars 1992
110 FF

Revue trimestrielle



Paris - Londres
ÉDITIONS MEDECINE-SCIENCES

Tarifs d'abonnement 1992

	Institutions	Particuliers	Étudiants
France	<input type="checkbox"/> 460 FF	<input type="checkbox"/> 300 FF	<input type="checkbox"/> 210 FF
Étranger	<input type="checkbox"/> 490 FF	<input type="checkbox"/> 340 FF	<input type="checkbox"/> 250 FF

BULLETIN D'ABONNEMENT ANNUEL
(4 numéros par an)

Veuillez m'abonner au tarif _____

Soit _____ FF

NOM _____ Prénom _____

Adresse _____

Date _____ Signature _____

Ci-joint mon règlement à l'ordre de **CDR**,
11, rue Gossin, 92543 Montrouge Cedex.

Les agnosies auditives et les déficits centraux de l'audition

B. LECHEVALIER, J. LAMBERT, F. EUSTACHE

Service de Neurologie Dejerine, Centre Hospitalier Universitaire Côte-de-Nacre, 14033 Caen Cedex, France.

Les auteurs décrivent plusieurs tableaux cliniques observés lors de perturbations de la perception auditive d'origine centrale. L'accent est porté sur les avancées théoriques récentes et sur l'intérêt des examens audiologiques et neuropsychologiques approfondis pouvant permettre de détecter des anomalies infracliniques.

Mots clés : Agnosie auditive,
Aphasie,
Psychoacoustique,
Tests neuropsychologiques.

Agnosias and central disorders of auditory perception

A set of tests for the assessment of disorders of auditory perception is presented. The authors discuss the interest of these investigations, mainly in auditory agnosia, cortical deafness and pure word deafness. They insist on using these tests elaborated from recent theoretical models.

Key words : Auditory agnosia,
Aphasia,
Psychoacoustic,
Neuropsychological tests.

Le but de cet article est de décrire les troubles de la perception auditive pouvant être observés chez l'homme lors de lésions des hémisphères cérébraux. Nous présenterons les tableaux cliniques les plus fréquemment observés après avoir détaillé les modalités d'examen d'un patient susceptible d'être atteint de tels déficits. Ces différentes perturbations posent tout d'abord un problème nosologique. Trois syndromes ont été décrits à la fin du XIX^e siècle et au début de ce siècle. L'agnosie auditive est l'impossibilité de reconnaître et/ou d'identifier un *stimulus* auditif complexe, bruit de l'environnement, parole, musique à la suite de lésions cérébrales. La surdité verbale pure est la perte de la compréhension du langage parlé à l'exclusion d'autres troubles du langage mais l'identification des bruits non verbaux et de la musique est souvent plus ou moins altérée. Le troisième terme est la surdité corticale consistant en une « impression de surdité » avec altération de l'audiogramme vocal (mots), mais sans altération importante de l'audiogramme tonal (sons purs) suite à des lésions des hémisphères cérébraux.

Ces trois concepts correspondent à trois réalités différentes (Lechevalier *et al.*, 1985). Pourtant, une grande confusion s'établit dans l'usage de ces trois termes qui furent souvent employés l'un pour l'autre et de façon inadéquate jusqu'à une date récente. En conséquence, Lhermitte *et al.* (1971) préférèrent intituler un article « Étude des troubles perceptifs auditifs dans les lésions temporales bilatérales » plutôt que d'employer cette terminologie. En 1980, F. Michel *et al.* ont clarifié cette situation en proposant comme caractéristique de la surdité corticale l'abolition des potentiels évoqués auditifs de moyenne latence ou de latence tardive. En outre, ils ont proposé d'appeler « hémianacousie » (terme à rapprocher d'hémianopsie pour la perception visuelle) une surdité corticale unilatérale mise en évidence par l'extinction au test dichotique de l'oreille controlatérale ou cortex auditif atteint et par l'abolition ou une franche diminution d'amplitude de ces mêmes potentiels dans l'hémisphère lésé.

L'hémianacousie droite est fréquente chez l'aphasique. Elle peut aussi être isolée et ne pas entraîner par elle-même de trouble du langage. L'hémianacousie est peu invalidante (à l'inverse de l'hémianopsie) car les projections auditives sont bilatérales et la gêne apparaît dans des situations précises comme l'écoute du téléphone. La surdité corticale devient synonyme de double hémianacousie et les patients atteints de ce syndrome se comportent comme de grands sourds. Dans l'agnosie auditive et dans la surdité verbale pure qui constitue une agnosie auditive spécialisée pour les sons de la parole, il peut exister une altération des potentiels évoqués auditifs corticaux droits et/ou gauches, mais beaucoup moins importante que celle observée dans la surdité corticale.

L'EXAMEN AUDIOLOGIQUE ET NEUROPSYCHOLOGIQUE

Les investigations audiologiques utilisent à la fois des tests psychoacoustiques et des procédés objectifs de

mesure de la fonction auditive. Elles sont indispensables pour différencier des troubles de nature périphérique de perturbations d'origine centrale. L'audiogramme tonal apprécie les seuils minima d'audition en fonction des fréquences à partir des réponses du sujet à des stimulations sonores calibrées. L'audiométrie vocale consiste à faire répéter des mots à intensité variable. Dans les cas de surdité de perception de l'oreille interne, il existe une cohérence dans les différents résultats. En revanche, des discordances apparaissent dans les surdités par atteinte du nerf. Surtout, elles sont flagrantes dans les agnosies et les surdités corticales où une inintelligibilité totale peut coïncider avec un audiogramme tonal dans les limites de la normale. De même, dans ces dernières pathologies, les résultats sont normaux en impédancemétrie et en électrocochléographie qui constituent des mesures objectives du fonctionnement de l'oreille moyenne et interne ainsi que du nerf auditif. Les potentiels évoqués auditifs du tronc cérébral sont également recueillis avec leurs cinq ondes correspondant théoriquement à des structures différentes, bien qu'il soit vraisemblable que plusieurs structures concourent à une même onde.

Comme mentionné précédemment, les tests électrophysiologiques explorant le cortex auditif et la région sous-corticale s'avèrent indispensables, tant pour affirmer l'origine centrale d'un trouble de la perception auditive que pour préciser la nature du syndrome. Les potentiels auditifs de moyenne latence appelés Na et Pa sont abolis le plus souvent en cas de lésion temporale. Les potentiels tardifs (N1-N2-P1-P2) disparaissent en cas de lésion du cortex primaire. En principe, si Na et Pa sont abolis, les potentiels tardifs le sont également mais ils peuvent être exceptionnellement présents. Ces études électrophysiologiques s'avèrent particulièrement informatives en association avec des résultats à un test dichotique. Celui-ci consiste à délivrer des informations différentes de même nature de manière sensiblement synchronisée à chaque oreille. Il s'agit généralement de stimuli verbaux mais des tests dichotiques musicaux ont été utilisés dans différentes recherches. L'écoute dichotique crée un conflit perceptif susceptible de révéler des troubles centraux qui risqueraient de passer inaperçus. Les voies auditives intracérébrales sont surtout des voies croisées ; en conséquence, une extinction sensorielle d'une oreille peut s'observer en cas de lésion hémisphérique controlatérale. L'extinction de l'oreille gauche est la plus fréquente. Dans ce cas, le patient ne peut répéter les informations parvenant à son oreille gauche en situation dichotique. Cette extinction peut donc révéler une lésion du cortex auditif primaire controlatéral ou du cortex avoisinant. Dans ce cas, les potentiels évoqués auditifs corticaux sont abolis du côté opposé à l'oreille en extinction et c'est la situation d'hémianacousie. Celle-ci peut être bien sûr gauche ou droite selon le siège de la lésion. L'extinction gauche peut s'observer encore dans trois autres situations. Elle peut être due à une lésion du corps calleux ou des voies calleuses. Les extinctions paradoxales gauches lors de lésions hémisphériques gauches peuvent refléter une interruption des voies d'association interhémisphériques reliant le gyrus de Heschl à l'aire de Wernicke. Enfin, l'extinction gauche est fréquente chez les malades atteints de

démence mais l'explication de ce phénomène reste controversée.

Une exploration d'un déficit central de la perception auditive doit intégrer en outre des épreuves psychoacoustiques fines permettant de détecter de discrètes anomalies pouvant passer inaperçues lors d'un examen clinique et audiologique classique. Celles-ci comprennent des tests de discrimination de faibles variations d'intensité tonale (test de Luscher). Par exemple, dans une présentation de sons d'intensité décroissante, le sujet normal peut discriminer des variations de 0,7 à 0,2 dB. Certains patients atteints de surdité verbale pure ne perçoivent qu'une variation de 5 dB. Les mesures de l'appréciation temporelle comprennent des épreuves de comptage de clicks et de fusion de clicks. Dans le premier test par exemple, un sujet normal peut compter 9 à 11 clicks en une seconde alors qu'un patient atteint de surdité verbale pure ne comptera que 2 clicks par seconde. Dans le second test, l'intervalle entre deux clicks varie jusqu'à ce que le sujet n'en perçoive plus qu'un. Le sujet normal distingue 2 clicks séparés par 1 à 3 ms, alors que dans la surdité verbale pure, l'intervalle peut être beaucoup plus important, de l'ordre de 30 ms. Les tests sont réalisés en écoute binaurale mais il est possible de réaliser des tests différentiels par oreille. Une des oreilles reçoit des séquences dont certaines aléatoirement sont des bruits blancs que le sujet doit signaler. Cette exploration psychoacoustique est généralement complétée par des tests de localisation des sons dans l'espace.

L'examen neuropsychologique pour sa part comporte deux objectifs. Le premier est d'objectiver le trouble qui peut être méconnu ou considéré comme une aphasie, une surdité périphérique, une confusion mentale ou un désordre psychiatrique.

Le second temps consiste à analyser le trouble avec une triple question. Le patient perçoit-il la nature du stimulus (verbal, musical, sons de l'environnement)? Commet-il des erreurs dans l'appréciation structurale du stimulus (discrimination de la hauteur par exemple)? Enfin, parvient-il à identifier différents stimuli? Ainsi, pour l'exploration de la perception des bruits de l'environnement, des bandes magnétiques sont utilisées comprenant des stimuli calibrés en intensité et en fréquence. Ces bandes pré-enregistrées comprennent également des stimuli musicaux et verbaux. Ce dispositif permet de vérifier si le patient confond les différents types de matériels. Ensuite, il est possible de vérifier s'il peut discriminer les divers bruits de l'environnement. Enfin, le patient doit identifier ce qu'il entend en manifestant sa réponse soit verbalement à voix haute ou par écrit, soit dans un choix multiple comprenant des images représentant les sources des stimulations sonores.

Un plan d'examen de ce type est applicable également aux sons musicaux et aux sons de parole (voir Lechevalier *et al.*, 1985 pour un exposé détaillé). Ces deux types de matériels permettent des explorations plus sophistiquées notamment dans l'analyse structurale des stimuli. Ainsi, la musique peut être reconnue comme telle mais le patient commettra des erreurs dans l'appréciation des hauteurs, des durées, des rythmes, des tim-

bres, de l'intensité ou encore de la qualité esthétique. L'exploration de ces troubles est difficile mais il arrive que le sujet s'en plaigne spontanément. Les résultats doivent être interprétés en tenant compte du niveau musical prémorbide. Wertheim et Botez (1959) ont proposé une classification des personnes selon leurs compétences musicales. Ces auteurs ont également élaboré un « plan d'investigation des fonctions musicales » bien adapté aux patients ayant une bonne culture musicale mais non applicable aux sujets qui ne pratiquent pas un instrument de musique.

L'exploration de la perception auditive des sons de parole comprend différentes épreuves de perception phonémique. Les consonnes sont toujours étudiées en association avec une voyelle (a) lors de la perception d'une syllabe dont la structure ne varie pas (c v), la consonne étant toujours en position initiale.

Dans les tâches d'identification phonémique, le patient dispose d'un choix multiple de plusieurs syllabes ne se distinguant que par un trait (sonorité ou point d'articulation). Une liste de 30 syllabes est proposée sur bande magnétique et le patient doit pointer la syllabe entendue dans ce choix multiple. Pour étudier l'identification des phonèmes les plus proches, l'intérêt est porté sur les plus petites différences (traits) que constituent le point d'articulation et le voisement. Pour le point d'articulation, dans les consonnes occlusives sourdes, le choix va porter sur des consonnes occlusives sourdes de point d'articulation différent (pa, ta, ka). Dans les consonnes occlusives sonores, le choix va porter sur des consonnes occlusives sonores de point d'articulation différent (ba, da, ga). Pour le voisement, le choix est simplement binaire (pa-ba ; ta-da ; ka-ga). La même procédure peut être utilisée pour les consonnes constrictives (fa, sa, | a ; va, za, | a ; fa-va ; sa-za ; | a, | a).

Dans les tâches de discrimination phonémique, des paires de syllabes ne se distinguant que par un trait sont émises en respectant un intervalle de 2 secondes entre chaque syllabe. Le patient doit indiquer si les deux *stimuli* sont identiques ou différents. De cette façon, il est possible d'étudier la discrimination du point d'articulation des consonnes occlusives sourdes en proposant trois listes dans un ordre aléatoire de paires semblables ou différentes. La discrimination des consonnes occlusives sonores peut être étudiée avec la même procédure. Il en est de même du voisement dans les consonnes occlusives.

Les informations relevées dans ce type d'analyse sont précieuses car la perception auditive procéderait de deux types de traitements. L'un constituerait un processus auditif global ou général traitant à la fois les sons verbaux et les sons non verbaux qu'ils soient porteurs ou non de signification. Le second serait spécialisé dans le traitement linguistique des sons verbaux. La dissociation observée dans les perturbations de la perception phonémique entre les patients agnosiques (ou atteints de surdité verbale pure) et les aphasiques illustre bien le fonctionnement de ces deux types de traitements. Chez les aphasiques, il existe un trouble de l'identification des phonèmes quelle que soit la catégorie à laquelle ils appartiennent, aussi bien les constrictifs que les occlusifs, par contre la discrimination des phonèmes est meil-

leure. Chez les aphasiques, l'analyse auditive de niveau acoustique serait intègre ; en revanche, ils auraient une difficulté à catégoriser le signal sonore, c'est-à-dire à attribuer une valeur linguistique à un item sonore. Dans les surdités verbales pures, deux tableaux distincts peuvent être observés : des troubles purement acoustiques, et des troubles proches de ceux relevés chez l'aphasique.

LES FORMES CLINIQUES DES DÉFICITS CENTRAUX DE L'AUDITION

L'examen détaillé précédemment permet de décrire des tableaux extrêmement différents.

L'agnosie auditive résulte soit d'une lésion temporale droite, soit de lésions bilatérales des deux lobes temporaux. Celles-ci, le plus souvent d'origine ischémique et constituées en deux temps, peuvent être corticales et sous-corticales. Il existe des formes complètes d'agnosie auditive, le patient ne pouvant plus reconnaître la nature des sons qui lui parviennent avec une impression d'entendre un mélange « inqualifiable ». Les formes globales sont souvent associées à une inattention auditive. Il est remarquable que dans certains cas l'appréciation des hauteurs et des intensités soit conservée, alors que la perception des rythmes et de la durée est perturbée. Il existe également des formes partielles d'agnosie auditive dont l'exemple est l'amusie pure par lésion droite qui est exceptionnelle ou des formes respectant le langage. Dans certains cas, la sémiologie se modifie au cours de l'évolution avec une indistinction des différents stimuli à la phase initiale, puis limitée aux bruits non verbaux et à la musique, enfin aux bruits non verbaux. Dans les agnosies auditives, les potentiels auditifs corticaux sont normaux ou modérément altérés, mais pas absolument abolis.

Au contraire, la surdité corticale diffère des agnosies auditives par l'abolition des potentiels corticaux de façon bilatérale. Une impression de surdité est ressentie par le patient. Les troubles perceptifs concernent tous les stimuli auditifs. Les lésions responsables de la surdité corticale sont bilatérales touchant généralement les gyri de Heschl mais peuvent n'être que sous-corticales dans certains cas. La surdité corticale unilatérale est synonyme d'hémianacousie. Elle est due à une lésion temporale unilatérale (infarctus, tumeur, sclérose en plaques).

La surdité verbale pure est une agnosie auditive spécialisée pour les sons de la parole, et théoriquement, elle ne comporte pas d'autre élément d'aphasie. Deux variétés doivent être distinguées.

Dans la surdité verbale pure par lésion bitemporale corticale, les patients ont un trouble de l'identification phonémique qui touche électivement les phonèmes occlusifs (p, b, t, d, k, g). Au sein de cette catégorie, la difficulté d'identification prédomine sur le point d'articulation. Ainsi, le patient commettra beaucoup d'erreurs dans un choix multiple de trois syllabes (pa, ta, ka) où les trois phonèmes ont comme caractéristique d'être des

consonnes occlusives non voisées se différenciant uniquement par le point d'articulation (voir supra). En revanche, si le choix doit porter sur deux syllabes (pa-ba) où les consonnes sont des occlusives de même point d'articulation mais se différenciant seulement par le voisement (p = non voisé, sourd ; b = voisé, sonore), le patient produit moins d'erreurs. Chez ces patients, les examens audiolinguistiques décèlent des désordres psychoacoustiques liés à l'appréciation temporelle et à l'appréciation fine des variations d'intensité. Le désordre serait ici pré-phonémique et non linguistique comme chez les aphasiques.

La surdité verbale pure par lésion unilatérale gauche a été décrite par Liepmann au début du XX^e siècle à propos du cas Gorstelle. La lésion était située dans l'isthme temporal en dessous de la capsule interne gauche. Elle interrompait les voies acoustiques intracérébrales issues d'une part de l'hémisphère droit et transitant par le corps calleux, et d'autre part de l'hémisphère gauche reliant l'aire de Wernicke. Cette situation expliquait que les phonèmes ne pouvaient pas être décodés en termes linguistiques. Les patients atteints de surdité verbale pure par lésion unilatérale gauche présentent des altérations de la perception du langage proches de l'aphasie de Wernicke. Les perturbations peuvent affecter le point d'articulation comme le voisement. Auerbach *et al.* (1982) ont bien différencié les caractéristiques des deux types de surdité verbale pure mais dans certains cas les patients atteints de surdité verbale peuvent présenter les deux types de perturbations (Praamstra *et al.*, 1991).

QUELQUES ILLUSTRATIONS CLINIQUES

1) Une observation récemment rapportée d'agnosie auditive post-traumatique sans aphasie permet d'étudier les liens entre des perturbations du matériel non verbal (bruits familiers et musique) et du matériel verbal (Lambert *et al.*, 1989). Cette observation d'agnosie auditive a montré une dissociation entre des troubles majeurs de la perception de la musique et des bruits de l'environnement, et une compréhension orale presque parfaite. En outre, des perturbations de la perception phonémique ont pu être analysées et les différentes épreuves mettaient en évidence un axe de perturbation privilégié. Les consonnes constrictives étaient respectées. Au contraire, les consonnes occlusives étaient perturbées électivement et, à l'intérieur de cette catégorie, les erreurs prédominaient nettement sur l'identification du point d'articulation. De plus l'altération était plus intense pour les consonnes occlusives sourdes que pour les consonnes occlusives sonores. D'une façon générale, les tâches d'identification et de discrimination s'amélioraient lorsque les paires se distinguaient par deux traits. Ce *pattern* particulier d'altération phonémique, avec notamment l'altération prédominante du point d'articulation, est celui qui a été mis en évidence dans les observations décrites comme surdités verbales pures de type préphonémique par lésions bilatérales. Dans le cas présent, la bonne compréhension du langage malgré les troubles de nature préphonémique peut s'expliquer par l'utilisation

d'un traitement auditif de type linguistique permettant de compenser le déficit acoustique. Ce dernier retentit sur la perception des bruits, de la musique et sur la perception des phonèmes occlusifs. C'est le tableau inverse de ce qui peut être observé dans l'aphasie de Wernicke où les patients n'ont généralement pas de trouble de la discrimination phonémique, mais ne parviennent pas à utiliser les paramètres acoustiques pour les catégoriser en phonèmes.

2) L'observation précédente et de nombreux cas de la littérature indiquent que différents domaines (bruits, musique, langage) peuvent être perturbés sélectivement en pathologie. Par conséquent, les données de la neuropsychologie humaine suggèrent fortement qu'il existe plusieurs systèmes de reconnaissance spécialisés selon la nature des stimuli sonores. Des perturbations beaucoup plus sélectives ont été décrites au sein des différents domaines et notamment pour la perception des sons de la parole et de la musique. Les dissociations peuvent porter également sur des stratégies cognitives et transcender en quelque sorte le domaine d'étude. C'est le cas de deux observations publiées récemment (Eustache *et al.*, 1990). Le premier patient présentait un discret trouble de la compréhension verbale et une perturbation de l'identification des mélodies mais tous les tests de discrimination, y compris pour le matériel complexe, étaient correctement exécutés. A l'inverse, le second patient exécutait correctement les tâches de dénomination et d'identification en dépit de difficultés importantes pour discriminer les stimuli tant pour les bruits de l'environnement que pour les mélodies. Par ailleurs, ces deux patients ne présentaient pas de désordre important dans l'analyse structurale des stimuli auditifs et les troubles gnosiques portaient exclusivement sur la perception auditive. Ces résultats suggèrent que l'identification et la discrimination impliquent des mécanismes distincts dans le traitement des stimuli auditifs et qu'ils peuvent être perturbés sélectivement en cas de lésion cérébrale. Le trouble de l'identification provoquerait une agnosie asémantique et le trouble de la discrimination une forme d'agnosie aperceptive.

3) Des patients conservent une perception auditive correcte sur le plan formel mais perdent la coloration affective des stimuli en particulier pour la voix et la musique. Cette perturbation est appelée l'agnosie auditive affective (Heilman *et al.*, 1975) et est causée par des lésions du cortex temporal droit. Inversement, nous avons rapporté l'observation d'une patiente présentant une surdité corticale avec aphasie chez laquelle le plaisir musical était respecté (Lechevalier *et al.*, 1984). Celui-ci contrastait avec des troubles de la perception auditive extrêmement sévères puisque la malade confondait par exemple les bruits de l'environnement et le langage parlé. En revanche, elle pouvait détecter la nature musicale d'un stimulus sans identifier les instruments ou les mélodies et prenait un grand plaisir à écouter de la musique dans la vie courante. Cette observation montre en outre qu'il existe dans l'intégration des stimuli musicaux plusieurs niveaux dont le plus élémentaire serait la perception de la qualité musicale des sons.

4) Les différents cas d'agnosie auditive et de déficit central de l'audition rapportés dans la littérature ont été

décrits chez l'adulte. L'agnosie auditive existe également chez l'enfant et une des étiologies possibles est le syndrome de Landau et Kleffner. Il s'agit d'une affection associant une aphasie acquise et un tracé EEG caractérisé par des paroxysmes de pointes et pointes-ondes plurifocaux, non stables au cours de l'évolution. Des crises épileptiques, des troubles du comportement et de la psychomotricité sont également signalés dans un nombre important de cas (Beumanoir, 1984). Ce syndrome ne se rencontre que chez des enfants ayant acquis la capacité de communiquer par le langage. Il survient trois fois sur quatre avant l'âge de 7 ans. Les troubles de la compréhension orale constituent l'un des éléments les plus caractéristiques de l'aphasie du syndrome de Landau et Kleffner. Ils sont souvent très intenses et ne se limitent pas dans certains cas au langage parlé. Ils intéressent aussi la différenciation des bruits familiers, des voix, des vitesses de parole, des timbres d'instruments de musique, des chansons enfantines. Ces différentes perturbations, associées à une inattention auditive, sont constatées chez des enfants dont l'audiogramme tonal est normal ou modérément déficitaire lors de l'apparition des troubles du langage (Dugas *et al.*, 1982). Il existe donc une réelle agnosie auditive dans un nombre important de cas s'associant à des troubles de l'expression orale. Les termes d'agnosie auditive verbale acquise ont été parfois utilisés pour décrire ce syndrome. L'évolution des troubles du langage ne peut être étudiée qu'avec un recul de plusieurs années, ce qui n'est pas toujours le cas des observations publiées. Celle-ci est très variable, favorable dans certains cas, ou pouvant conduire à de graves troubles du comportement.

CONCLUSION

Les agnosies auditives et les troubles centraux de l'audition donnent lieu à des tableaux cliniques extrêmement divers en intensité mais aussi en qualité. Ils peuvent toucher des domaines sélectifs de la perception auditive ou des stratégies cognitives particulières. Le patient peut méconnaître ses déficits, notamment à la phase initiale de la maladie. Dans certains cas, ces troubles seront confondus avec des symptômes périphériques ou psychiatriques. Il convient donc d'intégrer les examens décrits précédemment aux explorations neuropsychologiques pour analyser ces perturbations de la perception auditive et mettre en place les aides thérapeutiques les mieux adaptées.

Les observations rapportées montrent qu'un bilan neuropsychologique, outre de dresser un inventaire des déficits et des capacités résiduelles en vue d'étayer la prise en charge rééducative, permet de détecter des perturbations non révélées par un examen sommaire. Celui-ci contribue également à comprendre la nature du trouble et permet de situer cette perturbation dans un modèle du traitement de l'information auditive distinguant notamment les processus de traitement des paramètres acoustiques des processus de traitement linguistique ■

RÉFÉRENCES

- AUERBACH S.H., ALLARD T., NAESER M., ALEXANDER M.P., ALBERT M.L. (1982). Pure word deafness : analysis of a case with bilateral lesions and a defect at the prephonemic level. *Brain* ; 105 : 271-300.
- BEAUMANOIR A. Le syndrome de Landau-Kleffner. *In* : ROGER J., DRAVET C., BUREAU M., DREIFFUS F.E., WOLF P., eds (1984). Les syndromes épileptiques de l'enfant et de l'adolescent, (John Libbey Eurotext), Paris, 185-95.
- DUGAS M., MASSON M., LE HEUZÉY M.F., REGNIER N. (1982). Aphasie « acquise » de l'enfant avec épilepsie (syndrome de Landau et Kleffner). Douze observations personnelles. *Rev Neurol* ; 138 : 755-80.
- EUSTACHE F., LECHEVALIER B., VIADER F., LAMBERT J. (1990). Identification and discrimination disorders in auditory perception : a report on two cases. *Neuropsychologia* ; 28 : 257-70.
- HEILMAN K.M., SCHOLÉS R., WATSON R.T. (1975). Auditory affective agnosia : disturbed comprehension of affective speech. *J Neurol Neurosurg Psychiat* ; 38 : 69-72.
- LAMBERT J., EUSTACHE F., LECHEVALIER B., ROSSA Y., VIADER F. (1989). Auditory agnosia with relative sparing of speech perception. *Cortex* ; 25 : 71-82.
- LECHEVALIER B., ROSSA Y., EUSTACHE F., SCHUPP C., BONER L., BAZIN C. (1984). Un cas de surdité corticale  parnant en partie la musique. *Rev Neurol* ; 140 : 190-201.
- LECHEVALIER B., EUSTACHE F., ROSSA Y. (1985). Les troubles de la perception de la musique d'origine neurologique, (Masson), Paris, 208.
- LHERMITTE F., CHAIN F., ESCOURROLLE R., DUCARNE B., PILLON B., CHEDRU F. (1971).  tude des troubles perceptifs auditifs dans les lésions temporales bilatérales (  propos de trois observations dont deux anatomocliniques). *Rev Neurol* ; 124 : 329-51.
- MICHEL F., PERONNET F., SCHOTT B. (1980). A case of cortical deafness : clinical and electrophysiological data. *Brain Lang* ; 10 : 367-77.
- PRAAMSTRA P., HAGOORT P., MAASEN B., CRUL T. (1991). Word deafness and auditory cortical function. A case history and hypothesis. *Brain* ; 114 : 1197-226.
- WERTHEIM N., BOTEZ M.I. (1959). Plan d'investigation des fonctions musicales. *Encéphale* ; 3 : 246-55.



Pierre Loiseau
Pierre Jallon

1990, broché,
346 pages,
295 FF



**Un ouvrage
de référence destiné
  un large public
concerné par l'épilepsie
et les épileptiques**

BON DE COMMANDE

NOM Prénom

Adresse

Désire recevoir **Dictionnaire analytique d'épileptologie clinique** au prix de 295 FF + 30 FF de frais de port, soit 325 FF.

Ci-joint mon règlement à l'ordre de **John Libbey Eurotext**
6, rue Blanche, 92120 MONTROUGE, FRANCE
Tél. : (1) 47.35.85.52.

Perception auditive et implant cochléaire. Étude clinique

A. DUMONT

Service du Pr Ph. Narcy, service d'ORL, Hôpital Robert-Debré, 48, boulevard Sérurier, 75935 Paris cedex 19, France.

La perception auditive à partir des stimulations électriques délivrées par des électrodes implantées dans la cochlée modifie le schéma classique de la perception de la parole.

L'abord clinique montre des possibilités d'extraction d'éléments pertinents permettant une certaine intégration des messages parlés par le sujet implanté.

Mots clés : Implant cochléaire,
Perception auditive,
Rééducation.

Auditory perception and cochlear implant

The acoustic perception from the electrical stimulation delivered by the implanted electrodes in cochlea changes the classical model of the speech perception. The clinical approach demonstrates the possibility of the extraction of the pertinent element and the discrimination of speech.

Key words : Cochlear implant,
Acoustic perception,
Therapy.

L'implant cochléaire multi-électrodes permet aux personnes sourdes de détecter un certain nombre de paramètres acoustiques de la parole. Mais, étant donné les spécificités de la stimulation électrique, on s'interroge sur les caractéristiques de perception des sons de la parole par ce type de dispositif qui excite électriquement les terminaisons nerveuses du nerf auditif.

La stimulation électrique neutralise les transducteurs physiologiques et supprime la fonction d'analyse de la cochlée. L'onde obtenue à partir de la stimulation électrique est semblable à la propagation de l'influx nerveux circulant dans le nerf auditif lorsque les cellules sensorielles sont excitées de façon naturelle par un phénomène sonore. Le codage fréquentiel n'étant plus effec-

tué par la cochlée, l'analyse du signal acoustique est réalisée par le processeur et la sensation auditive obtenue à partir de la stimulation électrique est très différente de la sensation consécutive à l'audition naturelle. Dès lors, l'orthophoniste chargée de la rééducation du sujet implanté doit adapter les procédures d'évaluation et les programmes thérapeutiques à proposer.

Il est important en tout premier lieu de déterminer le registre éducatif ou rééducatif des actions orthophoniques concomitantes aux implantations cochléaires. Lorsqu'un adolescent ou un adulte perd sa fonction auditive en raison de pathologies diverses, il a déjà construit son langage, élaboré son système linguistique. Il possède le code langagier dans ses diverses composan-

tes : pragmatique, sémantique, phonologique, syntaxique, lexicale. Le travail de remédiation consiste alors à aider le sujet implanté à tirer bénéfice des nouvelles informations auditives disponibles.

A l'inverse, lorsque l'enfant naît avec un handicap, l'éducation qui lui est proposée s'attache à lui permettre de développer ses potentialités. Prenant en compte la réalité du handicap, les actions éducatives de l'entourage familial et des intervenants spécialisés l'aident à acquérir les connaissances et les savoirs nécessaires à la conquête de son autonomie. Avec l'implant multicanal une certaine perception de monde sonore est possible, même pour un enfant qui naît sourd total et le travail de l'orthophoniste consiste à aider le sujet à développer ces nouvelles possibilités perceptives pour les prendre en compte dans son développement général.

LA POPULATION

Les candidats à l'implantation sont d'âge variable puisque, dans notre population, ils s'échelonnent de 2 ans 7 mois à 50 ans et la durée de « silence de la surdité » s'étend de 4 mois à 15 ans. Par rapport aux âges de survenue de la surdité, aux types de surdité, trois groupes peuvent être différenciés :

- **Groupe 1** : il s'agit d'adultes ou d'adolescents post-linguaux qui présentent des surdités totales, acquises depuis plus de 5 ans et d'installation soit brutale et tardive, soit progressive depuis le début de l'adolescence. La durée de silence dû à la surdité varie de 4 mois à 15 ans.

60 % des personnes de ce groupe sont à ce jour munies d'implants multicanal.

- **Groupe 2** : il s'agit d'enfants ou d'adolescents présentant des surdités profondes prélinguales. L'implantation cochléaire est demandée soit parce que la surdité s'est aggravée, soit parce que les enfants ne tirent plus de bénéfice de leur appareillage conventionnel et n'évoluent que très peu sur le plan langagier. Les âges s'étendent de 3 à 15 ans.

40 % sont implantés.

- **Groupe 3** : il s'agit d'enfants qui présentent des surdités profondes ou totales acquises après méningites. Ce sont les candidats les plus jeunes et leur surdité est pré-ou périlinguale.

100 % sont implantés.

Les âges s'échelonnent de 2 ans 7 mois à 9 ans.

La durée de la surdité varie de 9 mois à 7 ans.

Dans l'ensemble de la population des candidats, seuls 60 % ont été retenus pour une intervention et sont à ce jour porteurs d'implants multicanal. Pour les autres, l'implantation n'a pas été envisagée en raison de l'importance des restes auditifs ou des contre-indications au bilan de sélection.

LES BILANS

Au sein de l'ensemble des bilans préopératoires, l'évaluation psychologique et l'examen du langage permet-

tent d'apporter des éléments complémentaires aux bilans chirurgicaux, radiologiques et audiologiques. Les éléments recueillis contribuent à la décision d'implantation et sont essentiels pour mettre au point le programme de rééducation après l'implantation.

L'examen psychologique permet d'évaluer si le sujet est prêt à supporter le programme de l'implantation cochléaire. Au cours de l'évaluation initiale, le psychologue recherche d'éventuels signes de dysfonctionnement cérébral qui contre-indiqueraient l'implant cochléaire ou limiteraient les capacités du patient à intégrer et à utiliser les signaux auditifs futurs. Et l'évaluation des traits de la personnalité permet d'exclure les tendances psychologiques lourdes (état psychotique, manie, paranoïa) qui pourraient constituer une contre-indication à l'implantation. Tout l'intérêt de ce profil de personnalité réside dans sa qualité pronostique. De plus, il aide à suivre d'éventuels changements de traits de personnalité après l'implantation.

La dimension psychologique de l'implantation d'un corps étranger dans l'organisme nécessite un suivi après l'intervention et au cours des premiers réglages. De plus, les conséquences psychologiques d'un appareil prothétique implanté dont le fonctionnement est déterminé par une stimulation électrique imposent une vigilance particulière à la dynamique du sujet implanté. En effet, cet élément étranger peut être vécu du fait de sa fonction réparatrice comme un auxiliaire du Moi ou comme un mauvais objet à intérioriser pouvant réveiller des angoisses archaïques.

L'implantation, le contact avec le monde sonore, la recherche de discrimination des messages auditifs, les tensions liées à la rééducation, les incidences relationnelles, familiales et professionnelles sont autant de facteurs susceptibles de fragiliser la psychologie du patient. Le soutien psychologique doit permettre à celui-ci d'exprimer ses impressions, ses angoisses, ses déceptions, ses sentiments envers l'implant.

L'examen du langage est fortement corrélé au bilan psychologique.

Les objectifs du bilan de langage sont multiples :

- situer la demande,
- décrire les modalités de communication,
- évaluer le niveau phonologique,
- évaluer le lexique (étendue et structuration),
- évaluer les compétences syntaxiques,
- évaluer la lecture labiale,
- vérifier l'absence d'utilisation du versant auditif,
- étudier les modes de compensation, et notamment l'utilisation de la voie vibrotactile.

Les tests utilisés sont adaptés aux âges des sujets et à leurs niveaux linguistiques. Les divers aspects du langage sont évalués par l'intermédiaire d'items spécifiques permettant d'examiner :

- communication (modalité),
- interaction parent/enfant (qualité et mode),
- audition,
- lecture labiale,
- expression : phonétique, phonologique, lexique, syntaxe,

- compréhension : stratégies et niveaux,
- mémoire.

Ce profil d'évaluation se retrouve dans la plupart des équipes américaines et européennes et la tentation d'une standardisation des bilans est présente.

LE PROGRAMME DE RÉÉDUCATION

Après le branchement du micro-processeur qui se situe en moyenne 6 semaines après l'intervention et dès le premier réglage, le travail orthophonique démarre. Et suivant les groupes définis précédemment, la prise en charge orthophonique est éducative ou rééducative.

Les patients du groupe 1 (adultes post-linguaux), qui utilisent et connaissent le langage, ont besoin d'une rééducation pour décoder les informations acoustiques délivrées par les électrodes implantées. La stimulation électrique étant d'une nature différente de la stimulation acoustique, il faut généralement apprendre au sourd à décoder ces nouvelles informations et à les intégrer dans son système de communication orale.

Dès le branchement et le premier réglage des électrodes, le sujet quitte le monde du silence et retrouve le monde des sons mais celui-ci est différent. Le sourd doit accomplir un travail, il doit conjointement faire fonctionner sa mémoire auditive et coder les nouvelles données qu'il perçoit. Les premières informations accessibles sont temporelles : rythme et durée de la parole sont aisément repérés. Parfois des analyses segmentales sont possibles dès le premier réglage et des reconnaissances de voyelles sont immédiatement réalisées.

La qualité et la quantité de signaux délivrés par les électrodes implantées peuvent être suffisantes pour un adulte qui avait déjà un langage constitué et qui s'adapte au nouveau codage acoustique grâce à une bonne plasticité cérébrale. Les actions orthophoniques sont alors ponctuelles. Au cours de brèves sessions (10 séances) on entraîne le sujet à écouter, coder, intégrer et mémoriser les nouvelles informations auditives.

Le sourd implanté ne devient pas un entendant, il reste un malentendant qui doit faire un effort de décodage pour comprendre les informations auditives qui lui parviennent. Au début cela est laborieux et l'effort ne peut être de longue durée.

Le sujet doit aussi retrouver l'écoute et le contrôle de sa propre voix. Cela est fondamental d'un point de vue psychologique et social. En général dès le branchement des électrodes le sujet réduit son intensité vocale, il ne crie plus et récupère une dynamique plus adaptée. Mais sa voix peut lui apparaître étrange, métallique. On lui conseille de lire des textes à haute voix et on travaille les variations de timbre, d'intensité et de prosodie.

L'orthophoniste doit également assurer des actions de guidance de l'entourage familial qui modifie fréquemment son attitude linguistique : du testing incessant au commentaire désabusé, en passant par le bombardage de mots, de phrases.

Il faut renseigner clairement la famille sur le type d'informations que reçoit le sourd et sur la relation de cette information à la perception du langage.

Pour les patients des groupes 2 et 3 (enfants pré- ou pérlinguaux), il est nécessaire de connaître les processus d'acquisition du langage et la place de l'audition dans ce développement pour mettre au point les programmes d'éducation et de rééducation. On ne peut, en effet, transposer les résultats obtenus auprès des adultes post-linguaux aux problèmes de développement de l'audition et de la parole posés par les jeunes sourds congénitaux.

D'une façon très schématique et résumée, on peut dire que le langage oral s'élabore progressivement à partir des compétences précoces du nouveau-né. Tous les travaux concordent pour déterminer que communication, parole et langage ne se développent pas isolément mais parallèlement au développement sensoriel, moteur, cognitif et social dans un contexte d'échange avec l'environnement. L'essentiel de l'acquisition du langage chez l'enfant provient des interactions qu'il développe avec les adultes ou les interlocuteurs plus évolués linguistiquement parlant. Et cela s'effectue en majorité par le canal auditif grâce à la perception auditive des messages parlés.

La perception de la parole se base sur des données acoustiques mais ne s'y borne pas ; il faut donc tenir compte pour analyser le traitement du langage des aspects de maturation cérébrale et de plasticité. Des modifications structurales se produisent en permanence et sont caractérisées par des modifications persistantes de l'activité de population de neurones reliés entre eux fonctionnellement. Ces phénomènes de maturation et de plasticité justifient que les enfants qui perdent leur audition bénéficient de système leur permettant de recevoir et de traiter des informations acoustiques les plus riches possible. Les systèmes multi-électrodes actuels apportent aux jeunes implantés la possibilité de détecter les sons de la parole sur toutes les fréquences à un niveau de 50 à 60 dB. Cependant la capacité à détecter les sons n'implique pas la capacité à les discriminer entre eux ni à les identifier, surtout pour les patients du groupe 2. De la perception sensorielle à l'acquisition gnosique existent des opérations mentales de type top down et bottom up.

Actuellement la littérature de neuropsychologie cognitive insiste sur la nature modulaire des systèmes de traitement du langage. Dans le modèle de traitement du langage oral proposé par Shallice (1988) la perception et la compréhension de la parole nécessitent, outre le fonctionnement de l'audition, l'intégrité fonctionnelle d'un certain nombre de fonctions neuropsychologiques allant de la catégorisation en traits distinctifs à la validation d'hypothèse faisant intervenir les différentes mémoires.

D'après D. Ling le sujet sourd détecte le message verbal à partir d'indices visuels, auditifs et/ou tactiles, puis la discrimination s'effectue avec une sollicitation de la mémoire immédiate. L'étape d'identification à partir d'hypothèses lexicales intervient plus haut dans le traitement, et la compréhension est possible par une mobilisation des compétences linguistiques et cognitives du sujet.

Le programme de réhabilitation porte donc sur chaque étape du traitement :

1 — Détection : il s'agit de pratiquer un entraînement permettant au sujet de repérer la présence ou l'absence de son dans divers contextes. Dans le traitement cognitif de la parole C. Sorin considère que la première phase de l'analyse s'attache à la constitution des objets auditifs, c'est-à-dire de procéder à un « regroupement de certains événements acoustiques permettant au signal de parole, émis par un locuteur donné, d'être perçu comme un flux auditif cohérent, émanant d'une source unique ». Les informations prosodiques — évolution de la fréquence fondamentale, organisation temporelle de l'énoncé, fluctuations d'intensité en fonction du temps — interviennent dans la constitution d'objets auditifs qui peut être renforcée par la mise en jeu de capacités extra-auditives comme la vision ou l'attention.

2 — Discrimination : étape au cours de laquelle le sujet est entraîné à comparer deux items pour déterminer s'ils sont ou non équivalents, même s'il ne les comprend pas. Dans les modèles analytiques de perception le sujet opère ici une détection des traits phonétiques, il effectue une analyse segmentale.

3 — Identification : à ce niveau les exercices portent sur la reconnaissance d'un item verbal entre diverses alternatives. L'accès au lexique peut être envisagé comme le résultat des opérations qui permettent d'associer une représentation sensorielle à une représentation mentale du mot dans la langue. Les procédures de traitement mises en jeu sont corrélées avec l'effet de fréquence. Un mot de grande fréquence d'usage nécessite moins d'information sensorielle qu'un mot de faible fréquence. Il est donc essentiel d'établir précisément lors du bilan préopératoire le niveau lexical du sujet et de dresser des listes où l'effet de fréquence sera progressivement réduit.

4 — Reconnaissance : il faut reconnaître un item verbal présenté en liste ouverte avec ou sans l'aide du contexte.

5 — Compréhension : l'entraînement a lieu en situation interactive.

RÉSULTATS

La compréhension du langage parlé à travers l'implant seul n'est pas complète, mais elle permet la reconnaissance d'un certain nombre d'éléments segmentaux et supra-segmentaux de la parole :

- détection des sons de l'environnement,
- présence ou absence de parole,
- différenciation entre voix humaine et bruit non spécifique,
- long vs court,
- continu vs interrompu,
- rapide vs lent,
- reconnaissance du nombre de syllabes,
- discrimination des voyelles qui diffèrent par le premier formant,

— discrimination des consonnes par le mode de production.

Six mois après l'implantation, les résultats sont variables dans le groupe 1 ; ils s'échelonnent de 40 à 80 % de reconnaissance de phrases en liste ouverte. Pour les personnes du groupe 2, les résultats sont en moyenne de 60 % de reconnaissance de phrases.

CONCLUSION

La question de l'implantation pour les sujets sourds congénitaux qui, à l'âge de trois ans, ne tirent pas de bénéfice de leurs prothèses est posée en raison, d'une part, de l'importance de l'audition dans les premières années de la vie et, d'autre part, de l'importance des interactions avec les adultes. Les considérations décrites ci-dessus incitent à poursuivre les recherches. De nombreuses interrogations demeurent car on ne peut prédire que les stimulations électriques de la cochlée apporteront suffisamment d'éléments acoustiques pour permettre à l'enfant de développer ses capacités de décodage de la parole et du langage. Même si l'on constate que les parents des jeunes enfants implantés ont tendance à utiliser tous les moyens pour communiquer avec leur enfant, et notamment la parole orale, on ne peut être certain qu'une intervention précoce de réhabilitation auditive permettra à l'entourage de jouer son rôle éducatif.

Toutefois on ne peut clore cette présentation sans avoir présent à l'esprit l'attachement des adultes et des enfants à leur implant, leur jubilation d'entendre et leurs capacités évidentes en situation d'évaluation à reconnaître certains signaux de la parole qui étaient jusqu'à leur implantation totalement inaccessibles pour eux. Cependant, il reste encore de nombreux progrès à accomplir dans la compréhension du codage de la parole afin de mieux adapter le matériel d'implantation et les programmes de réhabilitation. Dans ces domaines l'apport des neurosciences laisse envisager des évolutions notables dans les prochaines années ■

RÉFÉRENCES

- BELLUGI U., FISCHER S. (1972). A comparison of sign language and spoken language. *Cognition* ; 1 : 173-200.
- DUMONT A. (1991). Neuropsychologie et surdité. *ANAE* n° 1, vol. 3 : 29-34.
- LING D. (1976). *Speech and hearing-impaired child : theory and practice*. The Alexander Graham Bell Association, Washington.
- SALISBURY J., DUBNO J. (1987). *Speech relevant auditory perception assessment and preschool children*. American Speech-Language and Hearing Association, New Orleans, LA.
- SHALLICE T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*, (Cambridge University Press), Cambridge.
- SORIN C. (1988). *Psychoacoustique et perception auditive*. INSERM/SFA/CNET. Paris.

L'écoute dichotique dans les troubles de l'apprentissage scolaire

A. VAN HOUT

Service de Neurologie Pédiatrique, Cliniques Universitaires Saint-Luc, UCL 10/1303, 10, avenue Hippocrate, 1200, Bruxelles, Belgique.

La méthodologie du procédé d'écoute dichotique et les écueils éventuels de son interprétation sont brièvement revus. On analyse les conséquences, pour les conceptions sur l'organisation cérébrale du langage et des fonctions visuo-spatiales, de l'application de ce procédé aux troubles d'apprentissage ainsi qu'à la dyslexie et certains de ses sous-groupes.

Mots clés : Écoute dichotique,
Latéralisation,
Dominance hémisphérique,
Troubles d'apprentissage,
Dyslexie.

Dichotic listening in children's learning disorders

The methodology and occasional biases of the dichotic listening procedure are briefly described. A short analysis is conducted on the importance of the dichotic data for the conceptions of cerebral organization of language in cases of learning disorders, developmental dyslexia and some of its subtypes.

Key words : *Dichotic listening,
Lateralization,
Hemispheric dominance,
Learning disorders,
Dyslexia.*

Le test d'écoute dichotique a été mis au point par Broadbent (1954) pour l'étude de l'attention et de la mémoire auditive ; il a permis de constater que :

- un matériel verbal différent étant présenté en simultané aux deux oreilles, le rappel des stimuli verbaux est meilleur chez le droitier pour l'oreille droite ;
- pour la présentation d'un matériel non verbal (bruits de l'environnement, musique chez les non-musiciens), les scores de rappel sont supérieurs pour l'oreille gauche. La première interprétation de cette supériorité pour l'oreille droite en cas de stimuli langagiers a été d'ordre structural, anatomique (Kimura, 1967) :
- le contingent de fibres nerveuses allant de l'oreille au cortex auditif est plus important pour l'oreille contralatérale ;
- ces voies dites croisées inhibent les efférences homolatérales.

Dès lors, une supériorité de rappel pour le matériel verbal destiné à l'oreille droite traduirait la dominance de l'hémisphère gauche pour le langage, dominance bien connue depuis les observations sur l'aphasie.

En outre, l'on suppose que, chez l'adulte, les informations verbales arrivant à l'hémisphère droit ne seraient traitées effectivement qu'après transmission à l'hémisphère gauche par voie calleuse. Les étapes supplémentaires de franchissement synaptique ainsi impliquées entraîneraient une déperdition de qualité de l'information et donc des scores de réussite plus faibles.

Le test a été étendu à l'investigation des lésions cérébrales. Dans ce cas, un effondrement des scores contralatéraux à la lésion peut s'observer pour certaines localisations (phénomène « d'extinction »).

Cependant, en dehors des cas lésionnels, le test est d'application difficile pour différentes raisons :

- variabilité du matériel linguistique : mots, chiffres, syllabes ;
- impact de la charge mnésique selon la longueur du matériel, en particulier chez l'enfant pour des âges différents ;
- influence de la distribution de l'attention (Obrzut et Boliek, 1986).

Ces divers facteurs, difficiles à contrôler, donnent une corrélation test-retest assez faible, pouvant souvent remettre en question la fiabilité même du test (inversions de dominance observées pour un pourcentage substantiel de cas). Pour pallier cet écueil, il faut contrôler soigneusement des facteurs tels que la position des yeux, le maintien de la vigilance.

Néanmoins, on a vu très rapidement dans les écoutes dichotiques un moyen utile pour explorer l'installation de la latéralisation cérébrale chez l'enfant et son retard éventuel dans les troubles du langage, des apprentissages et de la dyslexie.

Les conceptions de Lenneberg (1967), selon lesquelles la latéralisation du langage s'effectuerait de manière progressive au cours du développement, ont longtemps influencé les hypothèses portant sur l'organisation hémisphérique du langage dans les troubles de l'apprentissage. D'après ces théories, le degré de cette latéralisation aurait constitué un indice de l'état de matura-

tion et de compétence pour les différents aspects du langage ; lorsque certains aspects étaient défectueux, la latéralisation hémisphérique aurait dû, elle aussi, être anormale. L'observation d'une augmentation d'incidence de la gaucherie manuelle dans les troubles d'apprentissage scolaire (en particulier dans la dyslexie) renforçait cette supposition.

L'hypothèse que l'acquisition d'une compétence dans un domaine doit s'accompagner d'une plus grande asymétrie dans sa répartition interhémisphérique sous-tend ces conceptions. Aussi, l'acquisition normale de cette forme particulière de langage que représente la lecture, ainsi que la latéralisation du langage à l'hémisphère gauche se trouvaient étroitement liées.

Orton (1925), en particulier, avait défendu cette hypothèse : les erreurs de lecture de type « inversions caractéristiques des dyslexiques » résulteraient d'une compétition entre les deux hémisphères enregistrant l'image visuelle des mots de façon opposée, « en miroir » ; cette dominance hémisphérique imparfaite étant reflétée par une dominance motrice, elle aussi anormale, mais incomplète plutôt qu'inversée.

Aujourd'hui, on tend à rejeter le modèle initial de Lenneberg, et ce pour plusieurs raisons :

- dans les lésions cérébrales, le modèle prédit une proportion d'aphasies plus élevée chez l'enfant que chez l'adulte, après lésion hémisphérique droite ; ce qui est à présent réfuté (Woods et Teuber, 1978 ; Van Hout et Seron, 1983) ;
- en écoute dichotique, il implique, avec l'âge, une augmentation progressive des scores pour la voie droite ; ce que ne confirment pas les études, puisque dès l'âge de trois ans environ et jusqu'à la puberté l'écart des scores reste identique pour les deux oreilles ;
- si, chez les mauvais lecteurs, les scores de réussite sont en général inférieurs à ceux des contrôles, cette réduction d'efficacité est, chez les dyslexiques, retrouvée à part égale pour les deux voies ; des difficultés d'analyse phonologique sont en effet fréquentes dans la dyslexie, ce qui, indépendamment de tout effet de latéralisation, rend la tâche de rappel plus complexe que pour des contrôles de même âge ; cela n'implique donc pas une anomalie de latéralisation.

Certains auteurs (Satz *et al.*, 1975), trouvent cependant que, bien qu'en faveur de l'hémisphère droit chez les jeunes dyslexiques, l'amplitude d'écart entre les deux oreilles serait faible et n'atteindrait des valeurs normales que chez les dyslexiques plus âgés (aux environs de la puberté). Il faudrait donc supposer un déficit dans l'installation de la latéralisation, un retard de maturation en quelque sorte, chez les dyslexiques.

Approximativement, parmi l'ensemble des études mesurant la latéralisation hémisphérique dans les troubles d'apprentissage, on peut conclure :

- pour un quart, à une latéralisation moindre chez les mauvais lecteurs ;
- pour la moitié, à une latéralisation normale ;
- pour un quart, à une latéralisation paradoxalement plus prononcée que normalement.

Rappelons que certains résultats peuvent être remis en question en raison de biais méthodologiques. Une même tâche pourra, selon l'âge de l'enfant, mais aussi selon la nature de la procédure, se trouver trop simple ou trop complexe :

- si le matériel est trop complexe, le nombre de réponses correctes étant peu élevé, les résultats selon les voies (gauche ou droite) de présentation pourront ne pas être valablement différenciés (effet « plancher ») ;
- si le matériel est trop aisé (par exemple répéter une paire simple de nombres à l'âge de douze ans), les performances étant proches du score maximum, la même indifférenciation apparaîtra (effet « plafond » dû à l'amélioration développementale de la mémoire).

L'effet plancher fut à l'origine d'interprétations erronées d'une accentuation développementale de la latéralisation en raison de l'observation d'un accroissement avec l'âge de la différence des scores inter-oreilles. Quant à l'effet plafond, puisque l'on constatait que la différence des scores s'amenuisait, il a pu conduire à l'hypothèse paradoxale que la latéralisation pour le langage se réduirait avec l'âge.

Il est possible de réduire ces effets en introduisant des « index de latéralisation » tenant compte non seulement des scores de réussite absolus, mais aussi du niveau global des performances ou des erreurs. Toutefois, dans la majorité des études sur les troubles d'apprentissage, de tels indices ont rarement été calculés.

En outre, une variabilité des résultats peut découler de la stratégie individuelle utilisée par chaque enfant lors de l'écoute, et en particulier de leur style cognitif, par le biais d'un mécanisme attentionnel.

Pour Bakker *et al.* (1987), au début de l'apprentissage de la lecture, l'enfant se concentre sur la forme visuelle des lettres et des mots, utilisant ainsi davantage son hémisphère droit. A ce stade donc, un avantage pour l'hémisphère droit apparaît nettement chez les bons lecteurs, surtout lorsque le matériel linguistique utilisé en dichotique est complexe et implique la participation de compétences cognitives comme la mémorisation. Paradoxalement donc, chez les jeunes enfants en début de scolarité, des scores de latéralisation hémisphérique gauche comparables à ceux de l'adulte normal seraient désavantageux lors des premiers apprentissages.

Plus tard, lorsque l'enfant devient lecteur compétent, il utilise davantage l'analyse phonologique et l'accès au sens, sa stratégie cognitive dominante intéressant alors principalement l'hémisphère gauche.

Aussi, dans la conceptualisation actuelle des troubles d'apprentissage, s'oriente-t-on de plus en plus vers l'hypothèse d'un déficit dans certains aspects de l'attention. Kinsbourne et Caplan (1979) ont montré comment un biais attentionnel pouvait se surajouter aux contraintes anatomiques lors de l'écoute dichotique. Ils utilisent des tâches dites « d'attention forcée », où l'on indique au préalable l'oreille sur laquelle l'attention devra être préférentiellement maintenue. Chaque hémisphère cérébrale est dominant pour certains types de traitement de l'information, et la présentation d'une tâche linguistique en dichotique prédisposera à une supériorité de rappel pour l'oreille droite. Dès lors :

— si l'on demande de porter l'attention vers l'hémisphère perceptif opposé à celui de la dominance attentionnelle prédominante, l'on observe une diminution des scores de réussite pour l'oreille droite ;

— lorsque cette attention dirigée vers l'oreille gauche, bien que les scores de réussite s'abaissent pour l'oreille droite, la supériorité du rappel pour cette oreille est conservée chez les normaux (les scores dits « d'intrusion », les réponses issues de la voie droite contaminant les réponses pour la voie gauche, sont élevés).

Cependant, dans les troubles d'apprentissage et dans la dyslexie, les erreurs d'intrusion en provenance de la voie droite — à négliger dans la tâche d'attention forcée — sont en moindre pourcentage par rapport à celles des contrôles, ce qui amène souvent une inversion de dominance par rapport à la condition de rappel sans attention forcée. Et, lorsqu'au contraire on demande de porter l'attention vers l'hémisphère perceptif droit, l'avantage pour l'oreille droite, inchangé chez les contrôles, s'accroît chez les enfants ayant des troubles d'apprentissage (Hugdhal et Andersson, 1986). Ce biais attentionnel est le plus souvent interprété comme une difficulté d'interaction entre les deux hémisphères. Une déficience fonctionnelle du corps calleux induirait un défaut dans la transmission à l'hémisphère droit des informations (inhibitrices en particulier) en provenance de l'hémisphère gauche. De ce fait, l'implication de l'hémisphère gauche dans des tâches dépendant normalement de l'hémisphère droit (fonctions visuo-spatiales) serait plus importante dans la dyslexie que chez les contrôles.

D'avantage que pour ceux-ci, les capacités visuo-spatiales paraissent également réparties entre les deux hémisphères. Tout se passe, selon la boutade de Witelson (1977), comme si « les dyslexiques fonctionnaient avec deux hémisphères droits et sans hémisphère gauche ».

Cet auteur, investiguant la dominance hémisphérique chez des enfants dyslexiques et contrôles âgés de six à quatorze ans, montre que :

— pour un test de rappel de chiffres présentés en dichotique, en dépit de scores globaux plus faibles, la latéralisation langagière gauche est normale chez les dyslexiques ;

— pour le traitement d'un matériel visuo-spatial (présenté par tachistoscope), les scores des dyslexiques sont cette fois supérieurs à ceux des contrôles ; les capacités paraissent réparties plus également entre les deux hémisphères que chez les contrôles (qui montrent pour ces tâches une supériorité de l'hémisphère droit). Cela renforce l'hypothèse de Geschwind et Galaburda (1985), dérivée d'études anatomiques (surfaces plus symétriques des plans gauches et droits chez les dyslexiques), dont un corrélat est la prépondérance de l'hémisphère droit et de ses fonctions dans la dyslexie.

Par ailleurs, le procédé d'écoute sélective a été appliqué à des sous-groupes d'enfants classés selon la prédominance du type d'erreurs commises en lecture. Il apparaît dans certains cas (Obrzut *et al.*, 1981) que la latéralisation serait la plus diffuse chez les enfants dont les erreurs de lecture prédominent pour l'analyse phonologique des mots.

Enfin, une étude récente de Cohen *et al.* (1992) compare la dominance hémisphérique d'une série de dyslexiques âgés de six à quinze ans à celle, d'une part, de contrôles de même âge et de même niveau intellectuel et, d'autre part, de sept enfants ayant subi une résection temporale gauche pour tumeur. La tâche dichotique consiste en un rappel libre de syllabes. Les dyslexiques sont classés selon la méthode d'analyse de Boder (1973) en trois sous-groupes :

— dysphonétique (prédominance des erreurs phonologiques),

— dyséidétiques (revisualisation défectueuse des mots),

— mixte (combinant les deux types de problèmes).

Tant les résultats des profils neuropsychologiques que ceux de l'écoute dichotique se montrent superposables pour les dyslexiques dysphonétiques et les lobectomisés gauches. Dans les deux groupes, les scores de rappel pour le matériel verbal arrivant à l'oreille droite sont très faibles, proches de zéro (profil d'extinction lésionnelle).

Par ailleurs, les auteurs comparent, chez les différents groupes, les écarts des scores pour la voie gauche et pour la voie droite par rapport aux résultats des contrôles :

— chez les dysphonétiques, les scores pour la voie gauche sont superposables à ceux des normaux ; mais il y a un effondrement relatif des scores pour la voie droite ;

— chez les dyséidétiques, la tendance s'inverse : les scores sont superposables à ceux des contrôles pour la voie droite, mais significativement altérés pour la voie gauche ;

— pour le groupe mixte, cet effondrement des scores de la voie gauche est encore plus marqué.

Si alors un critère significatif de la réduction est arbitrairement adopté comme étant à moins une déviation standard par rapport aux valeurs des contrôles, le groupe dysphonétique se différencie en deux groupes distincts :

— chez l'un, l'extinction prédomine pour la voie droite selon la tendance générale de ce groupe ;

— chez l'autre, au contraire, on observe une extinction pour la voie gauche.

En conclusion, certaines méthodes d'écoute dichotique, en particulier avec appariement à des contrôles, démontrent, pour des sous-types de dyslexies, une hétérogénéité se reflétant dans un profil neuropsychologique donné ainsi que dans un profil spécifique d'erreurs de lecture ■

RÉFÉRENCES

- BAKKER D., WILSHER C., DEBRUYNE H., BERTIN N. (1987). Dyslexia : neurolinguistic remediation methods. Developmental dyslexia and learning disorders : diagnosis and treatment, (Karger), Basel.
- BODER E. (1973). Developmental dyslexia : a diagnostic approach based on three atypical reading-spelling patterns. *Develop Med Child Neurol* ; 15 : 663-667.
- BROADBENT D. (1954). The role of auditory localization in attention and memory. *J Exp Psychol* ; 47 : 191-196.
- COHEN M., HYND G., HUGDHAL K. (1992). Listening performances in subtypes of developmental dyslexia. *Brain and Language* ; 42 : 187-202.
- GESCHWIND N., GALABURDA A. (1985). Cerebral lateralisation : biological mechanisms, associations and pathology. *Arch Neurol* ; 42 : 428-459.
- HUGDHAL K., ANDERSSON L. (1986). The forced attention test paradigm in dichotic listening to CV syllables : a comparison between adults and children. *Cortex* ; 22 : 417-432.
- KIMURA D. (1967). Functional asymmetry of the brain in dichotic listening. *Cortex* ; 3 : 163-168.
- KINSBOURNE M., CAPLAN P. (1979). Children's learning and attentional problems, (Little, Brown and co), Boston.
- LENNEBERG E. (1967). Biological foundations of language, (Wiley), New York.
- OBRZUT J, BOLIEK C. (1986). Lateralization characteristics in learning disabled children. *Journal of Learning Disabilities* ; 19 : 308-314.
- OBRZUT J., OBRZUT A., PIROZZOLO F. (1981). Effects of directed attention on cerebral asymmetries in normal and learning disabled children. *Brain Lang* ; 11 : 171-194.
- ORTON S. (1925). Verbal blindness in school children. *Arch Neurol Psychiatr* ; 14 : 581-615.
- SATZ P., BAKKER D., TEUNISSEN J., GOEBEL R., VANDER VLUGT H. (1975). Developmental parameters of the ear asymmetry. *Brain Lang* ; 2 : 171-185.
- VAN HOUT A., SERON X. (1983). L'aphasie de l'enfant et les bases biologiques du langage, (Mardaga), Bruxelles.
- WITELSON S. (1977). Developmental dyslexia : two right hemispheres and none left ? *Science* ; 195 : 309-311.
- WOODS M.T., TEUBER H.L. (1978). Changing pattern of childhood aphasia. *Ann Neurol* ; 3 : 273-280.

Informations

« LE GOËLAND »

ASSOCIATION FRANÇAISE

du

« SYNDROME X FRAGILE »

EXPOSÉ DU PROJET : CENTRE DE RESSOURCE

Définition générale du projet

Le centre de ressource sera un espace d'accueil, d'échanges, de formation et de travail pour les familles, les professionnels et les spécialistes de toutes les disciplines.

Le centre de ressource et les familles

a) *Le constat*

1) Ayant de nombreux contacts avec les familles, de nombreux échanges d'expériences avec des spécialistes étrangers, nous réalisons les différents besoins.

2) Aussitôt après réception du diagnostic de leur enfant, les parents appellent l'association. Quelles sont leurs demandes ?

- Des informations sur le syndrome, avec souvent comme question : pourra-t-il apprendre à lire ?
- Comment pouvons-nous l'aider ?
- Vers quels techniques ? et où ?
- Comment sera sa vie adulte ?
- Dans notre région comment l'orienter ?

Ces parents nous apportent les témoignages suivants :
— difficulté de scolarisation du fait des résistances du milieu scolaire,

— orientation vers le milieu psychiatrique,
— refus de prise en charge en orthophonie, en psychomotricité...

Les parents ont besoin de trouver des interlocuteurs qui :

- aident à accepter le handicap,
- informent sur le syndrome et aident à communiquer avec l'enfant,
- mettent à disposition des parents des enseignements et des outils pour aider la famille et l'enfant à grandir,
- aident à trouver dans leur région respective des personnes qui aideront l'enfant d'une manière spécifique (orthophoniste, pédopsychiatre, psychomotricien, instituteur...).

b) *Que sera le centre de ressource pour les familles*

1) Un lieu d'accueil

Le centre de ressource sera un lieu d'accueil pour l'ensemble des familles. Il y sera organisé des rencontres périodiques en petits groupes afin de favoriser les échanges et les informations. En période de vacances, il sera possible d'accueillir les familles en chambre d'hôtes. La journée, les enfants seront encadrés par des moniteurs. Le centre pourra accueillir des petits groupes d'enfants et/ou d'adultes en stages ou simplement en séjours temporaires pour aider les familles.

Les stages pourront être par exemple : art-thérapie, musicothérapie...

2) Un lieu de formation et de ressource

Pour les parents dont les enfants sont nouvellement diagnostiqués nous proposerons d'accueillir les parents en petits groupes (5 à 6) avec les enfants. L'accueil sera assuré par des parents formateurs, un psychothérapeute, un médecin généticien, une assistante sociale.

Nous aiderons les parents à comprendre le diagnostic et à franchir les étapes conduisant à une acceptation active.

Nous aiderons les parents à comprendre le système de fonctionnement de l'enfant, comment l'aborder, comment répondre aux moments difficiles (hyperactivité, agressivité).

Nous expliquerons aux parents les outils qui peuvent aider l'enfant à grandir. Des outils qu'ils pourront utiliser eux-mêmes (ex. : entraînement neurophysiologique).

Pour cela le centre sera doté de référent formateur dans tous les aspects de la vie de l'enfant.

Nous aiderons les parents à l'accueil de l'enfant dans sa région. Nous utiliserons pour cela tous les moyens mis à notre disposition.

Un suivi des parents sera assuré par un parrainage. Les parents auront les coordonnées d'un référent pouvant les aider.

— Pour l'ensemble des familles

Le centre de ressource sera un centre de formation pour les parents qui pourront venir assister à des séminaires de formation.

Il sera possible aussi, pour les familles le désirant, de rencontrer un psychothérapeute, si besoin. Le centre ne sera qu'un canal, les relations thérapeutiques entre la famille et le thérapeute seront du domaine privé tant sur le fond que sur la forme (aspects financiers).

Le centre et les professionnels

Le centre de ressource sera un lieu de formation pour les professionnels. Nous proposerons des stages au titre de la formation professionnelle continue.

Ces stages intra-muros seront complétés par des actions de formation dans les régions et les établissements.

Priorité sera donnée à la formation des professionnels ayant contact avec des enfants X Fragile (lors du travail avec des « nouveaux parents », nous proposerons systématiquement une action de formation des professionnels devant accueillir l'enfant).

Le centre de ressource sera aussi un lieu de rencontres entre parents, professionnels et spécialistes.

Le centre sera aussi un centre de documentation internationale. Il pourra y être consulté toutes les publications, vidéo, ouvrages sur le X Fragile dans toutes les disciplines.

Nous mettrons en place une banque de données européenne accessible par le Minitel.

Le centre et les spécialistes

Lieu d'accueil, de confrontation, de séminaires. Voilà ce que nous proposons aux spécialistes de toutes disciplines français et étrangers. Nous pourrions organiser des séminaires de travail pluridisciplinaire.

Il serait intéressant que ce centre devienne un centre de recherche et développement dans les domaines de l'éducation, des thérapies (langage, comportement...).

Les moyens humains

Le centre fonctionnera avec des intervenants représentant toutes les spécialités concernées. Ils seront sous contrat de prestation de service en qualité de formateurs et consultants. Ces personnes constitueront le staff qui sera complété d'un secrétariat. Ce « staff » sera compétent et spécialisé dans le syndrome X Fragile.

Les moyens matériels

a) Lieu d'implantation. Les données

Il nous faut un lieu qui permette un hébergement de 20 à 25 personnes, proche d'un lieu pouvant compléter les hébergements (chambres d'hôtes, centres de vacances, VVF...).

Il nous faut un lieu permettant l'aménagement de salles de travail et d'ateliers.

Il nous faut un lieu entouré d'espaces verts pour les activités de loisirs, l'accueil des enfants...

Un grand corps de ferme, un centre de vacances, une propriété, ou une construction neuve.

L'investissement serait de l'ordre de 3 millions de francs.

b) Région d'implantation

Nous avons des contraintes : communication facile, proximité des centres de recherche et de diagnostic, environnement, prix.

Les régions que nous entrevoyons sont :

Basse-Normandie (Caen, Orne)

La région Angevine (Angers, Tours)

La région Alsace (Strasbourg)

La région Lorraine (Nancy)

La région Toulousaine

Financement

Investissement : soit une SCI louant à l'association, auquel cas, financement privé ; soit location à une collectivité territoriale des murs ; équipement réalisé par des subventions État, région, CEE et emprunts ; soit investissement en totalité des murs et des équipements par des subventions État, région, CEE...

Fonctionnement : fond de formation continue par convention avec les entreprises, les ressources des stages et des hébergements, le ministère de la Santé pour l'action sociale, le ministère de la Recherche par convention avec le CNRS et l'INSERM.

Nous pourrions organiser des stages pour le compte d'autres associations ayant des objets similaires (ex. : autisme, syndrome de Rett...).

Conclusion

A la suite de nos multiples rencontres avec des professionnels spécialisés dans le syndrome X Fragile, étant de tout milieu d'accompagnement de vie, nous sommes soutenus et confirmés dans nos idées et dans notre travail. Vivant les résultats de toutes ces « méthodes d'accompagnement » de façon positive, nous sommes convaincus du bien-fondé de nos objectifs. Rencontrerons-nous en France une volonté d'avancer et de réussir de la part de ceux qui décident ?

**LE « SYNDROME
DU CHROMOSOME X FRAGILE »**

Samedi 17 octobre 1992 Flers-de-l'Orne

PROGRAMME

- 8 h 15 Ouverture de la journée par Mme Viviane VIOLLET, présidente de l'association « Le Goëland »
- 8 h 30 Histoire
Épidémiologie
Clinique
- 10 h 30 Pause-Posters
- 10 h 30 Biologie moléculaire : Mécanismes de la maladie le gène FMR1 le Conseil Génétique
- 12 h 30 Déjeuner
- 14 heures Les aspects pédiopsychiatriques du syndrome Autisme et X Fragile
Conduites éducatives
Psychothérapies
Les thérapies du langage
- 16 heures Pause
- 16 h 30 L'accompagnement des parents, la famille
Les adultes, que deviennent-ils ?
Les perspectives ?
- 18 h 30 Conclusion
- 19 heures Apéritif

INTERVENANTS

Madame Viviane VIOLLET, Présidente de l'Association française du « Syndrome X Fragile », « **LE GOËLAND** ».

Madame Marie-Antoinette VOELKEL, Professeur de Biologie Moléculaire, Faculté de Médecine de Marseille, Service de Génétique Médicale, **Hôpital de la Timone, Marseille**.

Madame Simone GILGENKRANZ, Professeur de génétique CRTS Nancy, Collaboratrice du Professeur J.-L. MANDEL, **INSERM, Strasbourg**.

Madame le Docteur Ghislaine PLESSIS, Service de cytogénétique du **CHRU de Caen**.

Monsieur le Docteur PUISSANT, Maître de Conférence, **CHRU de Caen**.

Martine BORGHGRAEF : Dépt orthopédagogies, **Université de Leuven, BELGIQUE**.

Monsieur Roland PLESSIS, Psychothérapeute (Analyse systémique, Gestatthérapie), a fait ses études au Canada. Membre de l'association française de **Gellstadtthérapie, Paris**.

Madame Claire CHAUDOURNE, orthophoniste, psychothérapeute, certification internationale d'Analyse Transactionnelle Psychothérapeute et formatrice à **Grenoble**.

INSCRIPTION

Professionnels de Santé :
Inscription avant le 25/07/92 = 300,00 F
Entre le 25/07 et le 10/09 = 350,00 F
Entre le 11/09 et le 30/09 = 450,00 F

Étudiants :
Inscription avant le 25/07 = 200,00 F
Entre le 26/08 et le 10/09 = 250,00 F
Entre le 11/09 et le 30/09 = 300,00 F

Parents d'enfants X Fra :
Adhérents associations = 150,00 F
Non adhérents = 300,00 F

Le nombre de places est limité à **290 personnes**. L'association enverra une confirmation de l'inscription à la réception de celle-ci accompagnée de son règlement par chèque bancaire à l'ordre de : *Association « Le Goëland »*.

L'inscription ne comprend aucun repas et frais d'hébergement. Des boissons et du café seront à votre disposition pendant les pauses.

Nous vous enverrons des informations sur le lieu exact de la conférence, les moyens de transport, les possibilités d'hébergement et les restaurants.

ANNULATION : les personnes annulant leur participation avant le 20 septembre seront intégralement remboursées. Au-delà nous retiendrons la somme de 75,00 F. Veuillez nous adresser votre inscription et votre règlement à :

**Association « Le Goëland »
Lilas n° 3, « Les Fleurs »
61100 FLERS**

Pour tout renseignement : Tél. : 33.64.95.17
Minitel à compter du 25/06/92 : 33.96.18.47

INSCRIPTION

Nom : Prénom :

Adresse :

C.P. : Ville :

Profession : Spécialités :

Montant de l'inscription :

Réglée par :

Date et signature

Pour les étudiants(es), joindre une copie de la carte

COMMANDE DE PUBLICATIONS

PUBLICATIONS PROPOSÉES DANS LE « PACK » :

- Journées Parisiennes de Pédiatrie octobre 1991.
- Le retard mental avec X Fragile : Mécanismes de la maladie et diagnostic moléculaire (avril 1991, J.-L. Mandel, I. Oberlé).
- Autisme et Syndrome X Fragile : Aspects pédopsychiatriques (P. Le Louarn, C. Moraine... 1989).
- Proposition de développement du diagnostic moléculaire du syndrome de retard mental avec X Fragile en vue de l'application du conseil génétique et diagnostic prénatal (J.-L. Mandel).
- Débilité mentale liée au sexe, visage particulier, macroorchidie et zone de fragilité de l'X (1980).
- Retard mental lié à la fragilité du chromosome X : où en est-on en 1989 ?
- Le syndrome du X Fragile : des mutations étonnamment ciblées et instables et un gène à la recherche d'une fonction.
- Le retard mental lié à la fragilité du chromosome X (J.-F. Mattei, 1987).

Nom : Prénom :

Profession :

Adresse :

Téléphone :

Nombre de packs :

Somme à régler (Nbr × 80,00) =

Règlement : CB, CCP à l'ordre de l'Association « Le Goëland »

A envoyer à : Association « Le Goëland », Lilas n° 3, « Les Fleurs », 61100 FLERS.

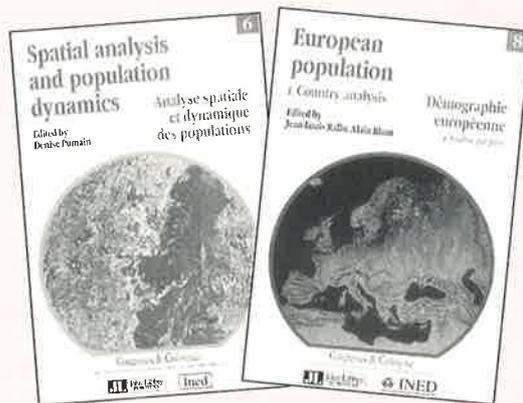
Vous recevrez un reçu avec les publications.

Date et signature



UNE NOUVELLE COLLECTION
JOHN LIBBEY EUROTEXT

"Congrès & Colloques"



La collection « Congrès et Colloques » destinée à faire connaître les résultats récents et les recherches en cours, complète les autres publications de l'INED, et présente, après sélection et révision, tout ou partie des communications faites dans ces réunions, en français ou en anglais. Elle vise à contribuer à la coopération internationale et à faire circuler les idées sur l'évolution des populations e l'organisation des sociétés, tant au plan local ou régional qu'inter-étatique ou mondial.

Coédition John Libbey Eurotext-INED



BON DE COMMANDE

Nom.....

Société

Adresse

Ville..... Pays

Veillez me faire parvenir exemplaire(s) de

Analyse spatiale et dynamique des populations
1991, broché, 460 pages..... **300 FF**
(+30FF de port/+30 FF of mail charge)

Démographie européenne - I. Analyse par pays
1991, broché, 484 pages..... **300 FF**
Port : prix forfaitaire : 30 FF

Veillez trouver ci-joint un chèque de..... FF à l'ordre de John Libbey Eurotext.

A retourner à : John Libbey Eurotext, 6, rue Blanche, 92120 Montrouge, France
Tél. : (1) 47.35.85.52. Fax : (1) 46.57.10.09

Congrès

III^e CONGRÈS EUROPÉEN DE PSYCHOLOGIE

Le III^e Congrès Européen de Psychologie se tiendra du 4 au 9 juillet 1993 à Tampere, en Finlande. Organisé par la Fédération des associations de psychologues de Finlande sous les auspices de la Fédération européenne des associations professionnelles de psychologues (FEAPP) et sous le patronage de M. Mauno Koivisto, Président de la République de Finlande, ce Congrès sera un lieu de rencontre entre chercheurs et psychologues professionnels.

Les 1 000 participants et plus qui sont attendus à ce Congrès auront l'occasion d'aborder des thèmes intéressants au cours des symposiums, ateliers et séances de démonstration qui se dérouleront dans le cadre du Congrès. La présentation de rapports à titre personnel sera réservée aux séances de démonstration auxquelles une place importante sera accordée dans le programme.

Dates à retenir :

La date-limite pour les abrégés a été fixée au **30 novembre 1992**.

Tous ceux qui sont intéressés par l'organisation d'un atelier sont priés de nous envoyer leur proposition munie d'un résumé succinct de la session d'ici le **30 septembre au plus tard**.

Le montant d'inscription de 360 francs suisses — tarif préférentiel pour les premiers inscrits — n'est valable que jusqu'à la fin janvier 1993.

Adresse du secrétariat : III^e Congrès Européen de Psychologie, BP 905, SF-00101 Helsinki, Finlande.

JOURNÉE DE NEUROPSYCHOLOGIE J.-L. SIGNORET

9 novembre 1992

Amphithéâtre Charcot, Hôpital de la Salpêtrière

L'an dernier, hommage a été rendu à la mémoire de notre ami Jean-Louis Signoret lors d'une réunion amicale et chaleureuse dont tous les participants gardent un souvenir ému.

Cette année se tiendra la première des *Journées de Neuropsychologie Jean-Louis Signoret* à caractère scientifique. Chaque Journée annuelle, présidée par une personnalité de réputation internationale, comportera un thème précis, et sera prioritairement consacrée à l'étude détaillée de cas, argumentés par un discutant qui animera le débat général. Les communications feront l'objet d'une publication sous forme de monographie.

La Journée de Neuropsychologie Jean-Louis Signoret 1992 aura lieu le **lundi 9 novembre** à la Salpêtrière. Elle aura pour thème les *Aspects Neuropsychologiques des atrophies focales progressives*. Elle sera présidée par Marsel Mesulam de Boston.

BULLETIN D'INSCRIPTION/REGISTRATION FORM

Date limite d'inscription : 15 septembre/Deadline for registration : September 15

Nom/Family Name

Prénom/First Name

Spécialité/Speciality

Adresse/Mailing address

Ville/City Pays/Country

Téléphone/Telephon

Télécopie/Fax

Institution

Inscription à la réunion/Registration to the meeting : 200 F []

Inscription au déjeuner/Registration for lunch : 100 F []

(Joindre un chèque du montant total à l'ordre du Centre de Recherches Neurologiques de la Salpêtrière).

Inscription à retourner à : Brigitte ARRANGER, secrétaire de la JOURNÉE JEAN-LOUIS SIGNORET, Service de Neurologie et de Neuropsychologie du Pr CHAIN, Hôpital de la Salpêtrière, 47-83, boulevard de l'Hôpital, 75651 PARIS Cedex 13.
Tél. : (1) 45.70.27.51.

Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant

1992
TARIFS D'ABONNEMENT
(1 an • 4 numéros)
Les frais de port sont inclus dans ce tarif

	PARTICULIERS	INSTITUTIONS	ÉTUDIANTS*
FRANCE	450 F	580 F	300 F
AUTRES PAYS	600 F	720 F	390 F

* Tarif étudiant consenti sur présentation de photocopie R^o/V^o de la carte d'étudiant en cours de validité.

BULLETIN D'ABONNEMENT ANNUEL (à remplir en cochant les cases ou mentions utiles)

Veillez m'abonner au tarif :

	PARTICULIERS	INSTITUTIONS	ÉTUDIANTS*
FRANCE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AUTRES PAYS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Soit..... FF

Je joins : un chèque bancaire à l'ordre d'ANAE un chèque postal.

Veillez me faire parvenir une facture

(les abonnements individuels — particuliers, étudiants — doivent être payés à l'avance).

Nom de l'abonné.....
en caractères d'imprimerie

Spécialité

Adresse complète

.....

Date Signature

ADRESSER CE BULLETIN A : John Libbey Eurotext, 6, rue Blanche, 92120 Montrouge, France

Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'enfant

- La revue ANAE aborde des domaines extrêmement variés tels que la pédagogie appliquée aux enfants, les mécanismes des fonctions cognitives (mémoire, langage, perceptions visuelles et auditives) et les anomalies de leur développement ou de leur détérioration.
- Réalisée par des spécialistes en neuropsychologie, ANAE offre la possibilité aux chercheurs, biologistes et aux spécialistes (psycholinguistes, psychiatres, pédiatres...) et cliniciens de confronter leurs réflexions et leurs observations. Par l'intermédiaire d'articles originaux, en français ou en anglais, de cas cliniques, d'analyses d'articles et de livres, ANAE ouvre de nouvelles perspectives pour une meilleure compréhension des processus d'apprentissages chez l'enfant.

Septembre 1992
numéro 3
volume 4



JL John Libbey
EUROTEXT

BULLETIN D'ABONNEMENT ANNUEL-TARIF 1992 - 4 NUMEROS

Particuliers Institutions Etudiants (1)	France	Etranger	Prix au numéro 150 FF
	<input type="checkbox"/> 450 FF	<input type="checkbox"/> 600 FF	
	<input type="checkbox"/> 580 FF	<input type="checkbox"/> 720 FF	
	<input type="checkbox"/> 300 FF	<input type="checkbox"/> 390 FF	

Les frais de port sont inclus dans ces tarifs.

(1) Tarif étudiant consentis sur présentation de la photocopie de la carte d'étudiant R°/V° en cours de validité.

Veillez m'abonner à ANAE au tarif coché ci-dessus, soit
Je joins un chèque bancaire un chèque postal FF

Nom _____ Adresse _____

Date _____ Signature _____

Ce bulletin est à renvoyer à :
John Libbey Eurotext, 6, rue Blanche, 92120 Montrouge, France.



JL John Libbey
EUROTEXT