

LA RECHERCHE SUR L'ÉTAT INITIAL : QUELQUES RÉFLEXIONS

J. MEHLER, J. BERTONCINI *

RÉSUMÉ

L'auteur décrit les capacités cognitives du nouveau-né et du nourrisson, qui sont impliquées dans le traitement du langage. Il fait une revue étendue des travaux modernes de psychologie cognitive portant sur ce sujet. Le bébé, pour percevoir le langage, doit être capable de construire un espace sonore, dans lequel il puisse localiser les sons du langage et les distinguer de l'arrière-fond sur lequel ils sont produits. Il doit découper la chaîne continue du discours en éléments et structurer la parole qu'il perçoit. Il doit, enfin, identifier des chaînes parlées comme identiques, malgré la variabilité de leurs réalisations physiques, donc reconnaître des invariants. Les recherches actuelles permettent dans ce domaine d'approcher la définition d'un état initial de représentation de la parole. Ce type de recherches, surtout développées dans le champ de la psycho-linguistique, pourrait s'étendre à d'autres aspects des facultés cognitives (logique, mathématiques, connaissance du monde physique).

SUMMARY

A discussion of the research into an initial state. — The author describes the cognitive capacities of the neonate and infant involved in speech processing. He presents an extensive review of recent work in cognitive psychology in this area. In order to be able to process speech, the infant must be capable of constructing a spatial system of sound in which he is able to localize the sounds of language and distinguish them from the surrounding background noise. He needs to be able to divide the continuous chain of speech into elements. He also needs to be able to identify spoken sequences as identical despite the variability in their physical configuration, i.e. he must be able to recognise the invariable elements. Current research in this field is developing a definition of an initial state of the representation of speech sounds. This type of research, which has developed in particular in the field of psycho-linguistics, could be extended to other aspects of cognitive function (logic, mathematics, knowledge about the physical world).

MOTS-CLÉS : Capacités linguistiques - Dominance hémisphérique - Ecoute dichotique - Nouveau-né.

Avant les années soixante, les psychologues n'ont pas accordé d'intérêt particulier à l'étude des capacités cognitives du nouveau-né. Mais depuis, cette étude s'est constituée comme un nouveau chapitre de la psychologie, à la fois grâce aux progrès méthodologiques et au développement

de modèles en psychologie cognitive, en biologie et en informatique. Précisément, les structures stables sous-tendant la représentation du monde chez l'être humain, enfant ou adulte, peuvent être décrites grâce à des modèles de traitement de l'information. Cependant, cette approche est, à certains égards, insuffisante puisqu'elle concerne seulement les structures qui peuvent être décrites comme stables tout au long du développement. Ainsi, pour expliquer les changements de structure au cours du développement mental, il est nécessaire d'avoir recours aux modèles biologiques.

La recherche des capacités cognitives du nouveau-

Les recherches décrites dans ce texte ont été rendues possibles par un contrat du CNET (N° 83/7 B 0200) un contrat avec l'INSERM et un ATP N° 955208.

* Centre d'Etude des Processus Cognitifs et du langage, Paris.

Tirés à part : J. Mehler, Centre d'Etude des Processus Cognitifs du langage, 54, Bd Raspail, 75006 PARIS.

Colloque national de la Société Française de Psychiatrie de l'Enfant et de l'Adolescent organisé sur le thème : « La genèse et la psychopathologie du langage chez l'enfant », Brest, 21 mai 1983.

é offre un paradigme prometteur à la fois pour la neuropsychologie et la psychologie cognitive. Les neuropsychologues tentent de relier les facultés mentales et les comportements aux structures et mécanismes neurologiques, l'essentiel de leurs données provenant de la pathologie cérébrale. Cette approche a cependant des limites quant à la possibilité d'extraire des corrélations significatives entre comportements et lésions cérébrales dans un système d'une complexité inégalée. Néanmoins, cette approche pourrait être enrichie par l'établissement de corrélations entre comportements en développement et maturation cérébrale, en abordant sous un nouvel angle la relation entre cerveau et comportement.

La psychologie cognitive s'intéresse aux capacités du nouveau-né dans la mesure où elles mettent en lumière les propriétés fondamentales de facultés supérieures telles que le langage, les mathématiques, ou la logique. Les linguistes, par exemple, ont essayé de déduire des propriétés universelles de la faculté de langage à partir de la structure du langage. De nombreux mathématiciens et logiciens se sont engagés dans une voie similaire. De ces recherches nous avons hérité certains des modèles les plus riches et les plus productifs de la psychologie cognitive (Chomsky [19]). Cependant, les psychologues ne se sont jamais accordés sur les universaux proposés par les formalistes. Sur ce point, les études sur le nouveau-né pourraient également apporter des données critiques, bien que certaines propriétés psychologiques fondamentales ne puissent être testées chez le nouveau-né, comme par exemple celles concernant la structure et l'utilisation du langage.

En étudiant les capacités cognitives du nouveau-né, on se trouve confronté à la question de la spécificité des capacités psychologiques. Existe-t-il un module spécifique pour le traitement du langage, un autre pour la musique, et ainsi de suite, ou au contraire, y a-t-il un dispositif général, sous-tendant toutes les facultés mentales ? Les psychologues, en faveur d'une description modulaire du système mental (Fodor [32]) caractérisent chaque faculté selon sa fonction propre ; ainsi la faculté de langage est décrite comme « toute pièce de la machinerie, qui fonctionne pour médiatiser l'assimilation et l'utilisation des capacités verbales » (Fodor [32]). Les psychologues défendant une position empiriste, toute aussi influente, pensent que les processus sont homogènes d'un domaine à l'autre, que le système mental fonctionne comme un tout indifférencié. L'étude des capacités cognitives du nouveau-né permet d'aborder la question de l'autonomie de certaines facultés, et de l'influence des stimulations environnementales sur celles-ci.

Dans les paragraphes suivants nous examinerons quelques-unes des capacités que l'on s'accorde à reconnaître au tout jeune enfant, et qui sont susceptibles de nous informer sur son état mental, à la naissance ou peu après. En particulier, nous exposerons des données sur l'organisation de l'espace acoustique, ainsi que sur la discrimination et la représentation des stimuli verbaux.

NOTIONS D'ESPACE DANS LA PRIME ENFANCE

La construction de l'espace est un problème classique en philosophie et en psychologie. Les psychologues ont étudié les mécanismes, capables de traiter les indices spatiaux dans chaque modalité perceptive, auditive et/ou visuelle. Il est intéressant de comparer les résultats obtenus sur plusieurs modalités perceptives, afin de déterminer si la perception de l'espace résulte d'un traitement propre à chaque modalité, plutôt que d'un dispositif plus abstrait, indépendant des modalités perceptives, chargé d'organiser les percepts selon un espace tridimensionnel.

En vision, l'organisation perceptive dans un espace à trois dimensions nécessite la prise en compte de certains indices de profondeur. Dans une série d'expériences très élégantes, Held et ses collaborateurs [38] n'ont pas observé de vision stéréoscopique chez des enfants de moins de 20 semaines. En l'absence de vision stéréoscopique, la perception de la profondeur ne peut reposer sur l'utilisation des indices binoculaires. Held soutient que la vision stéréoscopique ne devient possible qu'après l'organisation en colonnes de la couche 4c du cortex visuel. Des données neurologiques indiquent que cette organisation n'apparaît que plusieurs semaines après la naissance (environ 6 semaines, chez le chat et le singe) ; les données sur le cerveau humain sont parcellaires, toutefois deux mois après la naissance, cette organisation semble encore absente. Au cours de cette période, les indices binoculaires ne sont pas utilisables dans le traitement de la profondeur, car l'information concernant l'œil d'où provient tel message ne peut être conservée. Néanmoins, malgré l'impossibilité d'utiliser des indices stéréoscopiques, le tout jeune bébé pourrait percevoir la profondeur à travers d'autres indices. Selon Yonas [79], les bébés n'utiliseraient pas des indices picturaux, mais plutôt des indices de mouvement pour estimer la profondeur. Seules des recherches supplémentaires pourront déterminer si les enfants peuvent s'appuyer sur d'autres types d'indices avant d'être en mesure de traiter les indices picturaux et stéréoscopiques.

Certains résultats suggèrent que les structures

conceptuelles, sous-tendant les notions de profondeur et d'espace, font partie de l'équipement cognitif du nouveau-né. Bower [11], et plus récemment Spelke (1982), ont étudié les propriétés fondamentales de la représentation de l'espace, en considérant la façon dont l'enfant structure l'espace visuel et les objets qui s'y trouvent. Spelke [72] (sous presse) suggère que l'essentiel de la perception visuelle se construit sur la base de la notion d'*objet*, qu'elle décrit ainsi :

« Dans le monde, il y a des choses faites de substances qui sont totalement interconnectées et séparées des autres substances : ces choses bougent continuellement dans l'espace et le temps, et elles persistent, en maintenant leur unité interne et leurs frontières externes, au cours de ces mouvements. »

Bien que cette définition de la notion d'objet laisse certaines autres notions fondamentales telles que « monde », « substances », « connexité »..., dans la nécessité d'une définition préalable, les travaux de Spelke suggèrent que les bébés utilisent la notion d'objet comme une notion première conjointement à celle de la tridimensionnalité, ainsi que certaines notions naïves sur les propriétés physiques de l'environnement. En effet, il est difficile de concevoir qu'un organisme pourrait considérer la tridimensionnalité des objets sans aucune notion de l'espace à trois dimensions. Pour Spelke, les bébés percevaient les objets en analysant les arrangements tridimensionnels et les mouvements de surfaces. Sa description selon laquelle « nous percevons presque toujours chaque objet comme une unité, séparé des surfaces qui l'entourent, et persistant dans le temps », souligne l'importance des frontières entre objets, pour leur ségrégation, plutôt que celle de leur aspect physique. Spelke soutient que l'expérience et certains principes perceptifs déterminent le fait qu'un ou plusieurs objets soient perçus, mais considère, cependant, que le principe gestaltiste de la bonne forme n'est pas opérationnel chez le nouveau-né. Elle invoque plutôt d'autres principes impliqués essentiellement dans la perception des objets chez l'adulte.

Ainsi, certains travaux suggèrent que même avant le complet développement de certains mécanismes visuels, comme la vision stéréoscopique, l'enfant pourrait organiser sa perception des objets dans un espace structuré en trois dimensions, selon des principes similaires à ceux qui fonctionnent chez l'adulte. Les recherches sur la modalité visuelle suggèrent que l'enfant possède très précocement une représentation de l'espace et de la profondeur, de même en perception auditive, il semble que le bébé puisse situer les événements sonores dans un espace à trois dimensions.

Pour organiser les stimulations auditives qu'il reçoit, l'enfant doit structurer l'espace acoustique et localiser les sources sonores dans cet espace. Pour traiter la parole, par exemple, celle-ci doit être distinguée du bruit de fond. En outre, quand plusieurs sons apparaissent simultanément, ils doivent être distingués en fonction de la source qui les émet. Si ces conditions n'étaient pas remplies, les nourrissons seraient plongés dans une confusion et un chaos de sensations tels, qu'ils auraient les plus grandes difficultés à établir une perception organisée du monde qui les entoure.

Notre équipe s'intéresse particulièrement à la représentation de la parole chez les bébés, et en conséquence, à la façon dont ils organisent leurs percepts auditifs dans l'espace. Nous savons que l'audition est tout à fait fonctionnelle dès la naissance (Eisenberg [27], Aslin, Pisoni et Jusczyk [4]). De plus, Lenard, von Bernuth et Hutt [44] ont établi que les bébés sont particulièrement sensibles aux fréquences les plus caractéristiques de la parole. Aslin et collaborateurs suggèrent qu'entre autres les mécanismes sous-jacents à la discrimination de la fréquence et de l'intensité sont très similaires chez le nourrisson et chez l'adulte. En résumé, les recherches montrent que le traitement auditif chez les très jeunes enfants est très performant.

Les premiers indices des capacités de localisation des sons dans l'espace, reposent sur l'observation de réponses d'orientation, chez le nouveau-né. André-Thomas [3] et Peiper [63] ont été parmi les premiers à rechercher systématiquement de tels comportements d'orientation chez le nouveau-né. Cependant, bon nombre de ces premières recherches ne comportaient pas de contrôles méthodologiques. Plus récemment, des données expérimentales montrent que les nouveau-nés et les nourrissons ont tendance à orienter leur tête vers une source sonore (Wertheimer [77], Turkewitz, Birch et Cooper [74], Muir et Field [61]). Il faut signaler cependant que certains échecs dans les réponses d'orientation de la tête ou du regard ont été observés (Butterworth et Castillo [15], McGurk, Turnure et Creighton [48]). Mais Muir, Campbell, Low, Killen, Galbraith et Karchmar [61] font observer que les temps de latence des réponses d'orientation peuvent être extrêmement longs. Comme le soulignent Aslin et collaborateurs [4] ceci pourrait expliquer certains résultats négatifs, dans le cas où le délai accordé à l'enregistrement des réponses aurait été trop bref.

Récemment, Alegria et Noirot [1] ont observé des réponses d'orientation aux sons de la voix humaine, chez les nouveau-nés, quelques heures après leur naissance. Les réponses observées consistent en des mouvements asymétriques de la

ouche. Les auteurs signalent, par ailleurs, des différences dans les réponses des bébés nourris au sein et ceux nourris au biberon. D'après eux :

Les expériences liées à la situation d'allaitement conduisent les bébés à intégrer dans leur cadre spatial un nouvel objet qui semble occuper une place définie par l'emplacement de la voix... La relative facilité avec laquelle des pressions de l'environnement modifient le comportement, a été considérée comme une indication de la « prédisposition » de l'organisme à intégrer l'information (p. 396)».

certaines études sur la perception du nourrisson tentent de déterminer la métrique et la structure que l'enfant applique à l'espace, sur la base d'indices acoustiques. L'hypothèse de travail qui a été permise de préciser un certain nombre de questions : les nouveau-nés situent les stimuli acoustiques dans un cadre spatial grâce à un système de pointeurs. Ces pointeurs spécifient l'endroit d'où proviennent les événements acoustiques, qui sont attribués à des sources, plus ou moins compactes ou diffuses. De plus, des pointeurs orientés différemment indiquent différents événements acoustiques et/ou différentes sources ; plusieurs événements sonores peuvent être attribués à une même source, pourvu que chacun ait une cohérence interne et qu'il se différencie des autres. Enfin, une source en mouvement pourrait être signalée par des pointeurs séquentiels.

Certains résultats mentionnés plus haut semblent indiquer que l'enfant réagit comme l'adulte à des stimuli sonores émanant d'une source unique, mais il n'en va pas de même dans le cas où deux sons proviennent de sources différentes. En effet, les adultes déclarent n'entendre qu'un seul son en provenance de la source qui a délivré le premier son (pour des intervalles temporels relativement importants). Ce phénomène est connu sous le nom d'*effet de précedence*. Clifton, Morrongiello, Kulig and Dowd [20] n'observent pas ce phénomène chez les jeunes enfants, et attribuent ce résultat à l'état de maturation du cortex auditif, incompatible avec l'utilisation de certains indices de disparité. Néanmoins, les différences de volume et de phase entre les sons provenant à chacune des oreilles, pourraient servir très précocement, à la localisation des sources sonores et à l'orientation vers elles. Selon Clifton et collaborateurs, l'orientation vers les sons impliquerait des mécanismes subcorticaux, alors que l'effet de précedence nécessiterait l'intervention de structures corticales. Par ailleurs, alors que les très jeunes bébés sont capables de s'orienter vers un son, il semble que cette capacité décline vers l'âge de trois mois (Field, Muir, Pilon, Clair et Dodwell [31], Clifton et collaborateurs

[20], Morrongiello et collaborateurs [59] pour réapparaître ensuite¹.

Les résultats de Clifton et collaborateurs, sur l'absence de l'effet de précedence chez le bébé, et ceux de Held et de ses collaborateurs sur l'absence de vision stéréoscopique, sont à rapprocher en ce qui concerne l'âge des sujets examinés. Ainsi, les très jeunes enfants seraient incapables d'utiliser des indices acoustiques ou visuels de disparité pour organiser leur perception de l'espace. Il semble néanmoins, que même si l'état maturationnel de certaines structures cérébrales exclut l'utilisation de certains indices spatiaux, le bébé puisse avoir recours à d'autres indices pour appliquer à l'espace une structure en trois dimensions. Les résultats mentionnés plus haut suggèrent ainsi que les bébés se représentent l'espace de façon cohérente quelque soit la modalité perceptive considérée.

ORGANISATION DES PERCEPTS AUDITIFS

Tout comme en vision, la façon dont le bébé organise perceptivement les événements sonores semble très similaire à celle de l'adulte. Ainsi, par exemple, certains principes gestaltistes rendent compte aussi bien des données recueillies chez le bébé que chez l'adulte pour la perception de stimuli acoustiques. Miller, Weir, Pastore, Kelly et Dooling [56] ont montré que deux sons différents simultanés, dont les débuts sont légèrement décalés dans le temps, sont perçus en fonction des trois catégories suivantes : le son X précède le son Y, le son Y précède le son X, le son X et le son Y débutent simultanément. Les valeurs frontières séparant ces trois catégories, en termes d'asynchronie des débuts des sons, semblent correspondre aux valeurs observées dans les expériences sur la perception catégorielle des sons de la parole. De plus, les nouveau-nés classent ces séquences en utilisant les mêmes catégories que l'adulte (Jusczyk et collaborateurs [40]).

Mehler et Bertoncini [53] ont réalisé une expérience sur la perception de triplets de sons, chez les nourrissons. Ils ont utilisé trois tops sonores identiques ; le premier et le troisième top étaient séparés par un intervalle constant de 600 millisecondes, alors que l'intervalle entre le premier et le deuxième top variait entre 240 et 360 millisecondes. Les résultats indiquent que les nourrissons organisent leurs perceptions selon

¹ L'effet de précedence est certainement lié à la maturation du cortex auditif, comme pourrait l'être l'incapacité temporaire des enfants de trois mois à s'orienter vers des stimuli sonores. Comme Mehler [50, 51] l'indique, cette chute des performances pourrait aussi être due à des changements dans le traitement, changements en termes de stratégies et de représentations de la connaissance.

trois catégories (1 : XXX, 2 : XXX, 3 : XXX) déterminées par le moment d'apparition du second top. Sur la base des résultats disponibles à ce jour, les nourrissons semblent organiser ces sons de la même façon que les adultes, puisque ce sont approximativement les mêmes valeurs d'intervalles qui caractérisent les frontières entre catégories perceptives pour les enfants et pour les adultes.

Demany, McKenzie et Vurpillot [24] ont montré que les très jeunes nourrissons peuvent discriminer des séquences de sons sur la seule dimension du rythme. Ces auteurs interprètent explicitement leurs résultats comme une conséquence des principes gestaltistes de proximité temporelle. D'autres expérimentateurs, Allen, Walker et Marcell [2] et Chang et Trehub [16] sont parvenus à des conclusions similaires.

D'autres travaux de Demany [25], offrent également une parfaite démonstration du fait que les bébés organisent leur perception des sons selon les mêmes principes que les adultes. Les musiciens depuis longtemps, et plus récemment les psychologues, ont découvert que les séquences sonores sont organisées en flux, selon leur qualité, leur périodicité, etc. (Bregman [12, 13]). Bregman soutient que cette organisation repose sur les lois explicitées par les gestaltistes, et a décrit les principes régissant la ségrégation structurale et spatiale des sons. L'un de ces principes, par exemple, la *proximité spectrale*, stipule que les sons sont regroupés s'ils ont des propriétés spectrales similaires. Demany a réalisé une expérience afin de déterminer si le principe de proximité spectrale pouvait aussi rendre compte de la ségrégation perceptive chez le bébé. Considérons les séquences stimuli utilisées par Demany, représentées dans la figure 1 :

— pour la séquence A, les adultes déclarent entendre deux flux séparés, l'un est *abc, abc, abc,...* et l'autre *d, d, d* ;

— pour B, les adultes entendent deux flux *ac, ac,...* et *bd, bd* ;

— enfin pour C, les adultes entendent la même chose qu'en A.

Si l'ordre des sons est inversé, les flux entendus sont, pour A *cba* et *d*, ce qui est aisément discriminé de la séquence non inversée, et pour C l'inversion a la même conséquence que pour A. Pour B, les deux flux perçus demeurent invariants malgré l'inversion, puisque après quelque temps, des répétitions de *ab* ne peuvent être distinguées des répétitions de *ba*. Demany a découvert que, comme les adultes, les bébés discriminent les séquences A et C de leurs inversions, mais ne réagissent pas à l'inversion de la séquence B. Ces résultats suggèrent que les très jeunes nour-

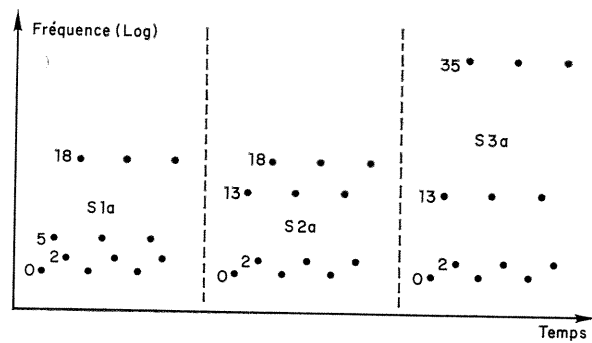


Fig. 1. — Trois tests séquentiels : S1a, S2a et S3a. Les sons constituant les séquences sont représentés par des carrés. Les carrés sont disposés verticalement, proportionnellement aux intervalles musicaux formés par les sons. Les nombres expriment en demi-tons les distances entre les sons, à partir de :

E_1 : 0 = E_1 = 330 Hz ; 2 = $F \sharp_4$ = 370 Hz ; 5 = A_1 = 370 Hz ; 13 = F_2 = 698 Hz ; 18 = $A \sharp_6$ = 932 Hz ; 35 = $D \sharp_7$ = 2 489 Hz. Si l'on inverse l'axe des ordonnées, la figure représente alors les tests séquentiels S1b, S2b et S3b. En ce cas, les nombres doivent être décodés de la façon suivante :

0 = $A \sharp_5$; 2 = $G \sharp_3$ = 831 Hz ; 5 = F_3 ; 13 = A_1 ; 18 = E_1 ; 35 = B_2 = 123 Hz. ($A \sharp_5$ devient la note de référence ; les intervalles musicaux demeurent de même taille, mais leurs directions sont inversées).

A = la ; B = si ; D = ré ; E = mi ; F = fa ; 6 = sol.

rissons organisent ces séquences de sons en flux, sur la base des mêmes principes que les adultes.

Les résultats rapportés par Demany sont compatibles avec l'affirmation de Bregman, selon laquelle : « il doit y avoir des processus auditifs qui permettent « d'analyser » le « mixage » des sons, afin que les traits corrects soient assignés à chaque source sonore. Le trait « emplacement » serait facile à assigner si, chaque signal reçu était un son pur... En décidant du « quoi » et du « ou » nous devons aussi décider du « combien ». » (Bregman et Steiger [14]).

D'autres données, indirectes, suggèrent que les bébés analysent les sons et s'orientent vers les sources quand ils écoutent de la parole, et sont capables de reconnaître les voix humaines. Les bébés doivent donc être capables d'organiser les sons en flux, et de distinguer la voix humaine du bruit ambiant. En effet, pour reconnaître une voix indépendamment de son expression, son intonation, son intensité et de sa localisation spatiale, l'enfant doit extraire un paramètre physique caractéristique de cette voix, bien qu'il soit difficile de définir lequel. De plus, il ne doit pas prendre en compte certaines dimensions normalement variables entre différentes productions. Pour cela, il est nécessaire que l'enfant effectue une ségrégation des sons, et localise les sources sonores dans l'espace.

Plusieurs études ont montré que les bébés distinguent et reconnaissent la voix de leur mère. Miles et Melhuish [55] l'ont montré en utilisant

la technique de succion non nutritive, puis dans une expérience similaire, Mehler et collaborateurs [52] ont montré que les bébés réagissaient différemment à la voix de leur propre mère et à celle d'une autre femme, seulement quand leur discours était correctement intonné. Dans ces expériences, les bébés testés avaient plus d'un mois, mais plus récemment de Casper et Fifer [1980] ont montré que les bébés âgés de 12 heures seulement pouvaient modifier leur taux de succion de façon à obtenir un renforcement avec la voix de leur mère. On peut invoquer deux mécanismes possibles pour interpréter ces données : soit un lien qui s'établit très rapidement avec la mère (du type de l'empreinte), soit une transmission effective de la voix de la mère in utero, si l'enfant est capable de la percevoir au cours des dernières semaines de gestation. Les données physiologiques montrent qu'à cette période, les récepteurs sont dans un état fonctionnel. Querleu et Renard (1981) sont parvenus à enregistrer les sons qui peuvent atteindre le fœtus in utero, et il semble que la voix de la mère puisse être entendue, sans distorsion majeure.

Les capacités d'organisation perceptive que possède le tout jeune enfant lui permettent de structurer les stimulations sonores, visuelles... qui lui sont transmises par ses organes récepteurs. En ce qui concerne le traitement des sons et de la parole, qui ont une valeur particulière pour l'être humain, il est nécessaire de postuler l'existence de structures spécialisées. Le nouveau-né présente-t-il des dispositions pour appliquer une organisation, adéquate au traitement des signaux de parole ? La mise en évidence de telles dispositions doit reposer à la fois sur des données neuropsychologiques et comportementales.

PREUVES NEUROPSYCHOLOGIQUES DES DISPOSITIONS POUR LA PAROLE

Depuis les découvertes de Broca, reliant le langage articulé à l'hémisphère gauche, et plus précisément à la zone du lobe frontal aujourd'hui désignée comme l'*aire antérieure du langage*, d'autres auteurs comme Wernicke et Geschwind ont décrit d'autres aires impliquées dans le langage. Comme Lecours, et Rosen et Galaburda (sous presse) le précisent, la plupart des recherches suggèrent que le langage est représenté essentiellement dans l'hémisphère gauche, au moins chez les droitiers. De plus, Rosen et Galaburda proposent plusieurs mécanismes hypothétiques pour expliquer cette asymétrie. Geschwind et Behan [35] ont suggéré que la croissance des hémisphères pendant la gestation est régulée par les effets de la testostérone qui seraient responsables de la latéralisation, mais

pourraient également intervenir dans les troubles de l'apprentissage et dans certains désordres immunitaires. Ce type de travaux peut fournir de précieuses indications sur la relation entre une fonction et un site. Ainsi ces auteurs postulent que la latéralité manuelle droite (et la latéralisation du langage à gauche) est déterminée génétiquement, bien que l'expression des gènes puisse être modifiée par des événements intra-utérins, d'ordre hormonal ou métabolique, qui produiraient des déviations par rapport à la norme. Les recherches de Galaburda et de ses collaborateurs sur des cerveaux de dyslexiques, présentant un développement anormal de certaines cellules corticales dans les aires du langage de l'hémisphère gauche, suggèrent que les processus normaux de latéralisation cérébrale peuvent être altérés par de tels effets hormonaux.

Cependant, l'association stricte de l'hémisphère gauche avec les fonctions grammaticales repose essentiellement sur des données concernant l'effet des lésions cérébrales chez l'adulte lettré occidental. Il est plus difficile d'évaluer si cette association privilégiée de l'hémisphère gauche et des fonctions grammaticales est innée, ou si elle s'installe avec l'utilisation du langage. Après une étude approfondie de l'aphasie chez de jeunes enfants et des effets de l'hémisphérectomie sur le comportement linguistique, Lenneberg [45] concluait que chez les enfants, les deux hémisphères sont équipotentiels quant à leur aptitude à soutenir le langage. D'après Lenneberg, l'hémisphère gauche devient associé, de manière irréversible et exclusive, au comportement linguistique plusieurs années après que l'enfant ait commencé à parler. Cette conclusion a été longtemps acceptée, néanmoins certains autres faits peuvent être avancés en faveur d'un point de vue différent. Par exemple, Geschwind et Levitsky [34], ainsi que Wada, Clark et Hamm [76] ont trouvé que le planum temporale gauche était significativement plus grand que le droit. Wada et collaborateurs, de même que Wittelson et Pallie [78] signalent que les cerveaux de fœtus de 29 semaines présentent déjà cette différence. De plus en plus les neurologues s'accordent sur l'idée que les asymétries sont déterminées génétiquement et que l'association de l'hémisphère gauche avec le langage est innée. Comme nous le verrons plus loin, les données comportementales vont également dans ce sens, et montrent une latéralisation fonctionnelle extrêmement précoce.

Récemment, Dennis [26] et ses collaborateurs ont étudié des enfants hémisphérectomisés gauches et droits, et ont montré que seuls les enfants ayant subi une hémisphérectomie gauche montrent un déficit permanent au niveau des capacités linguistiques. Cependant, leur déficit ne se manifeste qu'au cours de tests sophistiqués alors que

dans la conversation leur performance linguistique générale reste proche de la normale. En outre, il est difficile d'expliquer pourquoi les hémisphérectomisés droits et gauches, de cette étude, se distinguent sur certains tests et pas sur d'autres. Bishop [10] a récemment soulevé un problème méthodologique à propos des résultats de Dennis. En effet, le nombre des sujets était très réduit, et aucune comparaison n'a été faite avec les performances d'un groupe d'enfants non lésés aux mêmes tests. Par conséquent, les résultats de Dennis pourraient être dus à des artefacts d'échantillonnage. De fait, Bishop a soumis des enfants normaux aux mêmes tests et a trouvé que la variabilité de leurs résultats était du même ordre que celle des résultats de Dennis. Les résultats de Bishop appuient la position de Lenneberg, et montrent qu'il n'y a pas de différence sensible dans les performances linguistiques des enfants ayant subi une hémisphérectomie droite ou gauche, si celle-ci a été pratiquée très précocement. Il est évident que d'autres recherches sont nécessaires pour lever une telle contradiction.

En particulier, les recherches sur les asymétries fonctionnelles chez les nouveau-nés, devraient permettre de résoudre certaines questions à propos de l'établissement de la latéralisation, et de la relation entre le soubassement neurologique et les aptitudes comportementales.

Segalowitz [68] soutient que les asymétries fonctionnelles sont présentes dès la naissance. Il discute certains modèles pouvant expliquer comment la latéralisation apparaît et pourquoi elle peut changer avec l'âge. Trois modèles sont à considérer :

- il y a des différences perceptives précablées pour les procédures de traitement exécutées dans l'hémisphère droit et dans l'hémisphère gauche ;
- ces mêmes différences précablées sont présentes, et en outre, les capacités cognitives deviennent latéralisées du fait d'une association privilégiée avec une modalité sensorielle, elle-même latéralisée ;
- les capacités cognitives sont elles-mêmes latéralisées, indépendamment de la modalité qui leur est associée.

Avant de passer en revue les travaux sur les indices comportementaux d'une asymétrie précoce, signe d'une prédisposition au traitement de la parole, il faut signaler les données électrophysiologiques, recueillies récemment sur le nouveau-né.

Molfese [57] et ses collègues ont étudié les réponses corticales asymétriques, grâce aux potentiels évoqués. Ils affirment que l'hémisphère gauche est spécialisé dans le traitement de la

parole, tandis que l'hémisphère droit est plus apte à traiter d'autres stimuli acoustiques. Barnett, Vincentini et Campos [8] ont trouvé des résultats similaires. Neville [62] (sous presse) présente une revue complète des résultats obtenus au moyen des potentiels évoqués.

Cependant, aucun indice du fonctionnement asymétrique des lobes cérébraux ne peut être fondé sur cette seule méthode, les potentiels évoqués auditifs n'étant pas adaptés pour localiser, d'une manière précise, l'activité électrique. Il est donc indispensable d'utiliser aussi des mesures d'indices comportementaux, pour s'assurer de la validité des résultats sur la latéralisation fonctionnelle précoce.

RECHERCHES SUR L'ECOUTE DICHOTIQUE

L'écoute dichotique est souvent utilisée pour évaluer les asymétries fonctionnelles chez les locuteurs adultes. Cependant nombre de chercheurs s'inquiètent de ce qu'on a tiré des conclusions non justifiées sur l'architecture corticale à partir des effets de supériorité d'oreille. Par exemple, Bertelson [5] a fait la mise en garde suivante :

« Il est nécessaire de tenir compte de tous les processus, qui médient une performance et certains de ces processus peuvent n'avoir qu'une relation éloignée, ou pas de relation du tout, avec l'asymétrie cérébrale » (p. 202-203).

Cependant, depuis que Kimura [41] a trouvé qu'il y avait une dominance de l'oreille droite pour les stimuli de parole, et non pour les autres stimuli acoustiques, on interprète généralement les résultats de l'écoute dichotique en termes de différences hémisphériques. Les effets de l'écoute dichotique pourraient révéler une asymétrie au niveau des connexions et des structures cérébrales, mais beaucoup d'autres facteurs peuvent interférer qui nuisent à la stabilité des résultats. Ainsi, bien que cette méthode soit la plus largement utilisée pour explorer les asymétries fonctionnelles, il faut considérer ses résultats comme des indices, et non comme des preuves, d'un effet de la structure sous-jacente.

La technique de l'écoute dichotique a été largement utilisée chez les enfants (Gilbert et Climan [36], Piazza [64]) et elle a été récemment adaptée à l'étude des bébés. En effet, Entus [3] a combiné cette technique avec la procédure d'habituation de la succion non nutritive. Une paire de syllabes est présentée dichotiquement à des bébés, durant la période d'habituation. Ensuite, les sujets reçoivent une paire de syllabes composée d'une syllabe nouvelle et d'une syllabe déjà présentée pendant l'habituation. Entus a observé

que les bébés de 1 à 3 mois réagissaient significativement plus quand la nouvelle syllabe était présentée dans l'oreille droite, que lorsque le changement survenait à gauche. Entus a également rapporté une supériorité de l'oreille gauche pour des paires de stimuli musicaux. Elle a interprété ces résultats en termes d'asymétrie de l'organisation cérébrale chez les bébés dès l'âge de 3 mois. Cependant, peu de temps après, Vargha-Khadem et Corballis [75] ont réalisé une expérience similaire avec les mêmes stimuli et la même procédure, en introduisant un certain nombre de contrôles méthodologiques dont l'expérience de Entus était dépourvue. Leurs résultats ne montraient pas de différence entre les réponses des sujets à un changement de syllabe dans l'oreille droite et dans l'oreille gauche.

Le fait d'obtenir des résultats aussi contradictoires ne peut tenir seulement à la suppression de certaines difficultés méthodologiques. En effet, les deux études sont sujettes aux mêmes sources potentielles de variabilité. Tout d'abord, l'âge des sujets entre 1 et 3 mois, était trop variable, les bébés constituant l'échantillon pouvant se trouver à des stades maturationnels très différents. De nombreuses études montrent, en effet, de nettes discontinuités dans le comportement entre 1 et 3 mois (Clifton et coll. [20, 21]; Maratos [47]). En second lieu, les changements de stimulus dans les deux parties de l'expérimentation ne sont pas équivalents quant au nombre de traits phonétiques modifiés. Enfin, les deux syllabes de chaque paire dichotique étant prononcées par la même voix, elles peuvent fusionner et être perçues centralement. En ce cas, il n'y aurait pas de raison de s'attendre à des effets de supériorité d'oreille.

Devant l'incompatibilité des résultats de ces deux études, et vu l'importance de la question, Bertoncini, Lokker, Morais et Mehler (en préparation) [7] ont tenté une nouvelle réédition de l'expérience de Entus, afin de déterminer si les nouveau-nés sont fonctionnellement latéralisés. Leur procédure était pour l'essentiel, identique à celle de Vargha-Khadem et Corballis, sauf sur deux points :

- tous les bébés étaient âgés de 3 à 5 jours ;
- les changements de stimulus étaient équivalents en nombre de traits phonétiques.

De plus, Bertoncini et collaborateurs ont testé un groupe contrôle pour valider un indice de discrimination. Les sujets du groupe contrôle et du groupe expérimental étaient traités de la même façon, jusqu'à ce que le critère d'habituation soit atteint. Ensuite le groupe expérimental recevait une nouvelle paire de syllabes tandis que pour le groupe contrôle la présentation

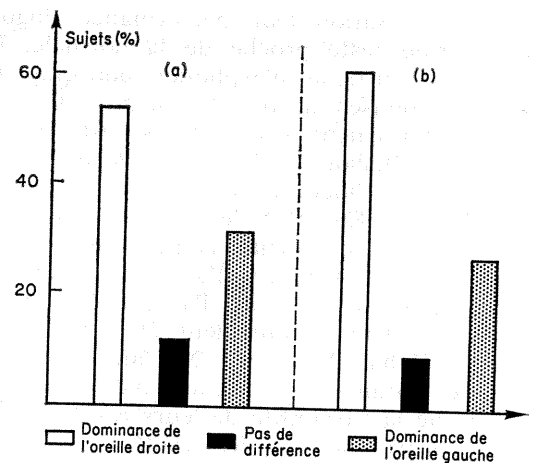


Fig. 2. — Proportion des sujets montrant une asymétrie auditive sur les 40 sujets d'expérience et sur les sujets sélectionnés ($N = 29$).

des syllabes d'habituation se poursuivait au cours de la phase test.

Les résultats rapportés par Bertoncini et collaborateurs, montrent que les bébés distinguent les changements survenant dans une seule syllabe d'une paire présentée dichotiquement, quelque soit l'oreille où se produit le changement. Les auteurs appuient leur conclusion sur les différences significatives issues des comparaisons entre le groupe expérimental et le groupe contrôle. De plus, bien qu'il n'apparaisse pas de supériorité globale de l'oreille droite pour ces stimuli syllabiques, les résultats de cette dernière expérience montraient une tendance notable en faveur de l'oreille droite. Ces derniers résultats se situaient donc entre ceux de Entus, montrant une nette supériorité de l'oreille droite, et ceux de Vargha-Khadem et Corballis, ne signalant aucune différence entre les réponses consécutives à un changement à droite ou à gauche. On peut voir les résultats obtenus dans la figure 2 a.

Bertoncini et collaborateurs signalent en outre, que l'analyse des résultats telle que Entus, et Vargha-Khadem et Corballis l'ont effectuée, ne tient pas compte du caractère « tout ou rien » des réponses de discrimination qu'on peut observer à partir des taux de succion. De cette façon, des bébés ayant réagi aux deux changements peuvent être affectés à la même classe que des bébés qui n'ont manifesté de réaction à aucun des changements, et pour lesquels l'interprétation en termes de supériorité d'oreille n'est pas justifiée. Studdert-Kennedy et Shankweiler [73] ont émis des remarques similaires à propos des résultats obtenus en situation d'écoute dichotique chez l'adulte. Bertoncini et collaborateurs ont proposé d'utiliser les scores du groupe contrôle

comme référence, afin d'établir un score « seuil », qui différencie significativement le groupe expérimental du groupe contrôle, et à partir duquel on serait en droit de considérer qu'un sujet du groupe expérimental a discriminé le changement. 29 sujets expérimentaux (sur 40) ont été ainsi sélectionnés pour avoir produit au moins une réponse de discrimination. Sur ces 29 sujets, une différence significative ($p < .05$) apparaît puisque 18 sujets (62 %) manifestent une réaction plus importante à la présentation d'une nouvelle syllabe dans l'oreille droite qu'à un changement équivalent dans l'oreille gauche, 8 sujets (18 %) seulement montrent une supériorité de l'oreille gauche (fig. 2 b).

Ainsi, les résultats de Bertoncini et collaborateurs suggèrent que les nouveau-nés de 4 jours présentent une supériorité de l'oreille droite pour des stimuli syllabiques, présentés dichotiquement. Des études ultérieures sont néanmoins nécessaires pour corroborer ces résultats, sur des sujets aussi jeunes et en utilisant des indices comportementaux.

Ce résultat, s'il est confirmé, suggère que les très jeunes bébés présentent une dominance de l'hémisphère gauche, tout comme les adultes. Cependant, Bertoncini et collaborateurs n'ont utilisé que des stimuli verbaux, de ce fait on ne peut décider si la dominance gauche observée est spécifique à la parole, ou si elle est générale pour tout stimulus acoustique. D'autres travaux ont traité plus précisément de cette question.

Best, Hoffman et Glanville [9] ont étudié la dominance auditive chez des bébés âgés de 2, 3 et 4 mois, en utilisant des stimuli verbaux et des stimuli musicaux. Ils ont mesuré la réponse de décélération cardiaque dans un paradigme expérimental d'habituation-déshabituation. Les bébés de 2 mois font preuve d'une supériorité de l'oreille gauche pour la musique, mais ne montrent pas d'asymétrie pour les stimuli de parole. C'est à 3 et 4 mois, qu'ils montrent à la fois une supériorité de l'oreille gauche pour la musique et une supériorité significative de l'oreille droite pour la parole. Ainsi, des asymétries fonctionnelles semblent pouvoir être mises en évidence très précocement, à partir d'indices comportementaux. De plus les résultats de Best et collaborateurs [9] sont à rapprocher de l'observation neuroanatomique selon laquelle le développement de l'hémisphère droit est en avance sur celui de l'hémisphère gauche. Cependant, Bertoncini et collaborateurs [7] semblent montrer une supériorité de l'oreille droite pour la parole, chez des nouveau-nés âgés seulement de 4 jours, alors que Best et collaborateurs, n'observent pas cette supériorité chez des enfants de 2 mois. Si de nouvelles expériences confirment ces résultats,

cette discontinuité pourrait refléter une tendance développementale, marquée par un fléchissement momentané des performances.

Une dominance gauche a également été observée chez les très jeunes enfants, grâce à des techniques différentes (pour une revue complète, voir Gruber et Segalowitz [37]). Par exemple, Segalowitz et Chapman [68] ont mesuré les tremulations des membres inférieurs chez des nouveau-nés qui avaient été exposés à des stimuli de parole ou à des stimuli musicaux. Leurs résultats suggèrent que même quelques heures après la naissance l'hémisphère gauche est plus actif quand les nouveau-nés écoutent des stimuli verbaux, et l'hémisphère droit plus actif quand ils entendent de la musique.

On peut donc noter que la plupart des résultats suggèrent une activité prépondérante de l'hémisphère gauche, quand les bébés sont exposés à la parole, et ce dès la naissance ou peu de temps après. Cependant, tous les résultats présentés ici, ont été recueillis avec des techniques différentes, il est donc difficile de les comparer, et d'en tirer une conclusion ferme. Il serait souhaitable de tester des bébés d'un mois avec la méthode expérimentale, et la procédure d'analyse utilisées par Bertoncini et collaborateurs, avant d'accepter ces résultats comme tout à fait valables. Il est évident que beaucoup d'expériences sont encore nécessaires avant d'apporter une réponse claire au problème de l'asymétrie fonctionnelle précoce. Mehler, Morton et Jusczyk [54] ont passé en revue certains des problèmes surgissant lorsqu'il s'agit de relier des modèles de traitement aux structures nerveuses sous-jacentes.

REPRESENTATION DE L'INFORMATION PHONOLOGIQUE

Seule l'espèce humaine possède une disposition spécifique pour l'acquisition de la parole, très probablement du fait de l'existence d'un « module langage ». Lenneberg [45] a développé cet argument dans son ouvrage « *Fondements biologiques du langage* ». Dans une série d'expériences très connues, Eimas [29] et ses collaborateurs ont essayé de montrer que le traitement de la parole est spécifique à l'homme et fait partie de son équipement de base. Eimas et ses collègues soutiennent que la parole est traitée par un système de transduction spécialisé, dont une des manifestations caractéristiques est la perception catégorielle. Ce système de transduction serait constitué d'analyseurs spécialisés répondant aux traits distinctifs du langage. Si le langage est traité par un module spécifique, propre à l'espèce humaine, même au

niveau des capacités de perception des sons de parole on devrait trouver des différences entre l'homme et les autres vertébrés. Les travaux de Kuhl et de ses collègues [42] (sous presse) suggèrent au contraire que le fonctionnement sensoriel et perceptif d'autres vertébrés est similaire à celui de l'homme même pour les stimuli de parole.

Actuellement, les chercheurs accordent plus d'intérêt à la représentation de la parole, qu'aux processus psychophysiques qui sous-tendent la perception. Kuhl (sous presse) a étudié en particulier le problème des constances perceptives. Comment l'invariance est-elle préservée malgré les variations des paramètres de base; par exemple, comment une voyelle conserve-t-elle ses caractéristiques malgré les changements de voix, de volume, etc.? La constance perceptive, l'extraction d'invariants, la catégorisation permettent d'expliquer comment le système perceptif stabilise les percepts dans un monde continuellement changeant. Kuhl distingue les recherches sur la perception catégorielle de celles sur la catégorisation des sons de la parole. Les premières essaient de déterminer comment une syllabe, ou un mot, est entendu comme identique dans des réalisations acoustiques différentes. Les secondes concernent la façon dont les sons, qui sont discriminables, sont néanmoins attribués à la même catégorie. Kuhl affirme que seules les recherches sur la catégorisation peuvent indiquer comment les sujets pondèrent les dimensions des sons de parole pour construire des catégories.

Les résultats de Kuhl suggèrent que les bébés peuvent catégoriser des segments linguistiques suivant les traits phonétiques qu'ils comportent. Pour Kuhl, les bébés perçoivent les segments de parole comme des faisceaux analysables de traits phonétiques, plutôt que comme des composés non analysables. Par exemple, dans l'une de ses expériences basées sur les réponses à l'orientation de la tête, les bébés répondent de façon équivalente aux syllabes contenant un *d*/, quelle que soit la position de ce phonème dans les syllabes et quel que soit le contexte vocalique. Dans une expérience similaire, Hillenbrand [39] montre que les enfants peuvent former une classe avec les consonnes occlusives, et une classe avec les nasales même sur de nouveaux exemplaires. Ces derniers résultats ne concordent pas avec beaucoup de données en psycholinguistique chez l'enfant et l'adulte (Mehler [50, 51]). Les résultats de notre équipe indiqueraient plutôt que le premier produit du dispositif de segmentation est l'unité syllabique. Le dispositif opère de manière équivalente pour les mots et les logatomes (Segui et coll. [70]). Bien que la nature de l'unité sub-lexicale, exploi-

tée par le dispositif de segmentation, puisse différer selon la langue (Cutler et coll. [22]), tous les locuteurs accèdent aux traits distinctifs après avoir traité des unités plus larges. D'après le modèle proposé par Mehler [49] et Segui et Frauenfelder [70, 71] au cours de la première étape du traitement de la parole une unité globale est extraite de la chaîne parlée. Cette unité globale, disons la syllabe, est immédiatement analysée en ses constituants de base. Un aspect important du modèle est que la syllabe est traitée avant ses constituants. Ce modèle peut rendre compte d'un nombre important de résultats d'expériences, ainsi que de certains faits du développement. Rappelons que selon Kuhl, les traits phonétiques sont utilisés, même par les tous jeunes bébés, pour établir des classes, formuler des hypothèses et les confirmer ou les rejeter par induction.

Cependant certains résultats semblent peu compatibles avec la position de Kuhl. Tout d'abord, Liberman et coll. [46], de même que Morais et coll. [58] ont constaté que des enfants, avant l'apprentissage de la lecture, ainsi que des adultes illettrés, sont incapables de réussir une tâche de répétition de séquences syllabiques en prélevant la consonne initiale, ils n'ont cependant pas de difficulté dans une tâche similaire portant sur la syllabe. La tâche proposée par Kuhl aux enfants de 6 mois n'est pas très différente, et il est assez surprenant de voir que ces derniers réussissent là où échouent des enfants d'âge préscolaire et des adultes. Cette situation paradoxale demande une meilleure compréhension de la nature de chacune des tâches avant de décider laquelle des positions est correcte.

Bertoncini, Jusczyk et Mehler [6] (en préparation) ont utilisé un paradigme expérimental d'habituation de la succion non nutritive pour déterminer si la représentation de la syllabe, chez le nouveau-né de 4 jours, consiste en un faisceau de phonèmes et de traits ou si elle correspond à une unité globale non analysée. Dans une première expérience, les nouveau-nés entendent 4 syllabes différentes pendant la phase d'habituation, soit */bi/*, */si/*, */li/* et */mi/*. Chacune des syllabes est présentée isolément au cours d'un renforcement, l'ordre de présentation est aléatoire, de façon que toutes les syllabes apparaissent aussi fréquemment. Quatre groupes expérimentaux ont été testés ainsi que deux groupes de contrôle. Chaque groupe reçoit la même série de 4 syllabes jusqu'à la fin de la période d'habituation. Au cours du test les sujets expérimentaux continuent de recevoir les quatre mêmes syllabes, plus une nouvelle. Cette dernière est différente pour chaque groupe expérimental. Un groupe reçoit la syllabe */ma/*, un autre */di/*, le troisième */da/*, et le dernier */di/*. Quant aux

deux groupes de contrôle, l'un a reçu exactement les mêmes stimuli au cours de l'habituation et du test, pour l'autre les mêmes syllabes ont été présentées, mais un changement dans leur fréquence d'apparition a été introduit au cours du test. On observe une récupération significative du taux de réponse de succion, seulement dans les groupes qui ont reçu une nouvelle syllabe comportant une nouvelle voyelle (/ma/, /da/, et /dI/). Lorsque la nouvelle syllabe présente la même voyelle /i/ que les syllabes familières, les nouveau-nés ne réagissent pas à l'introduction de cette nouvelle syllabe.

Ce résultat peut être interprété de plusieurs manières. Si les nouveau-nés traitent les syllabes comme des unités globales non analysées, alors les changements de voyelle sont plus remarquables, le poids de la voyelle étant plus important que celui de la consonne sur une échelle de similitude des syllabes. Selon une autre interprétation, les nouveau-nés feraient des inférences et testeraient continuellement des hypothèses, ce point de vue est défendu par Hillenbrand et Kuhl. Les sujets entendant les syllabes /bi/, /si/, /li/ et /mi/ peuvent déduire que différentes séquences CV sont présentées qui partagent la même voyelle /i/, dans ce cas, l'introduction d'une nouvelle syllabe comme /di/ ne provoquera pas de réaction. Au contraire, sans tenir compte de la consonne, si la nouvelle syllabe comporte une voyelle différente comme dans /ma/, l'enfant réagira car sa déduction est maintenant réfutée. Pour sélectionner l'une de ces deux interprétations, notre équipe a réalisé une autre expérience en collaboration avec Jusczyk.

La procédure est identique à celle décrite plus haut, mais les quatre syllabes présentées au cours de l'habituation sont : /bo/, /ba/, /bi/ et /bae/. Au cours du test, chaque groupe expérimental reçoit en plus une nouvelle syllabe, soit /du/, soit /bu/, ou /da/. A nouveau, seuls les groupes recevant une nouvelle syllabe qui contient une nouvelle voyelle, /du/ et /bu/, manifestent une récupération significative du taux de succion. Le groupe auquel la nouvelle syllabe /da/ est présentée ne manifeste aucune réaction. Si les bébés élaborent des hypothèses au cours de l'habituation, il faudra expliquer pourquoi ils formulent des hypothèses fondées sur les voyelles, sans parvenir à en formuler en termes de consonnes.

Plutôt que d'interpréter ces résultats en supposant que les bébés formulent des hypothèses logiques, on peut avancer qu'ils opèrent à l'aide d'un modèle de prototype syllabique. Quand le bébé entend un groupe de syllabes, il peut évaluer chaque exemplaire sur une échelle de similarité, où la voyelle serait l'attribut prépondérant. D'après cette hypothèse, le bébé, testé quelque

temps après avoir entendu une syllabe, se souviendra de la voyelle et de la structure de la syllabe : si elle contient une consonne, dans la position initiale ou finale, etc. Pour tester plus directement cette hypothèse, une nouvelle série d'expériences est en cours. Pour commencer, la position des constituants syllabiques est-elle représentée ? Des nouveau-nés reçoivent quatre syllabes différentes : /bi/, /mi/, /li/ et /si/, la nouvelle syllabe introduite au moment du test correspond à l'inversion d'une de ces syllabes, par exemple /is/. Si les bébés manifestent une réaction à ce changement, c'est qu'ils stockent une information concernant l'ordre des segments phonétiques de la syllabe. Même si la voyelle est l'élément critique dans la représentation des sons de parole, chez l'enfant, cette représentation comporte probablement aussi une information sur la distribution des autres segments phonétiques. Sur ce point, de plus amples recherches ont été entreprises par les équipes de Eimas, Jusczyk, Miller et Mehler.

Le fait que les résultats de Kuhl, et de Bertoncini et collaborateurs, soient si différents, peut tenir à plusieurs raisons. Tout d'abord, l'âge des sujets est très différent dans les deux études, 4 à 6 mois dans un cas, 4 jours dans l'autre. De plus, les procédures expérimentales varient, Bertoncini et collaborateurs utilisent la succion non nutritive, alors que Kuhl utilise l'orientation de la tête. Les tâches demandées aux bébés sont également différentes, dans un cas le sujet doit comparer au fur et à mesure, un nouveau stimulus à celui présenté juste avant, dans l'autre situation le sujet entend d'abord plusieurs syllabes un grand nombre de fois, puis doit juger ensuite si une nouvelle syllabe est différente de toutes celles qu'il a déjà reçues. Cette comparaison doit être effectuée dans un « buffer » où les syllabes sont représentées. Puisqu'il s'écoule plusieurs minutes entre l'habituation et le test, il est peu probable que ce traitement puisse être exécuté sur la seule base de traces sensorielles non encodées. Il semblerait plutôt qu'une forme encodée des syllabes serve à la comparaison. Dans les expériences classiques où une seule syllabe est présentée au cours de l'habituation, une nouvelle syllabe différant sur un seul trait phonétique est discriminée au cours du test (Eimas et coll. [28], Jusczyk et coll. [40], Mehler et coll. [53], etc.). Un changement identique pourrait passer inaperçu lorsque plusieurs syllabes sont présentées au cours de l'habituation. Certaines procédures sont mieux adaptées à l'étude des représentations abstraites des sons de parole, et d'autres à l'étude des capacités de discrimination chez le jeune bébé.

Les recherches sur la représentation de la

parole chez le très jeune enfant ne font que commencer, mais elles ont déjà fourni un certain nombre de données intéressantes. L'étude de la représentation de la parole, chez le jeune enfant, apportera des indications sur la façon dont il acquiert les règles phonologiques, et les utilise dans des programmes de production et de compréhension. Bien que ces recherches s'intéressent à des comportements tout à fait périphériques par rapport à la composante grammaticale du langage, elles peuvent, en dernière analyse, nous aider à comprendre la façon dont le système de performance est acquis.

CONCLUSION

Ce qui ne relève pas de l'apprentissage

Après avoir démontré que le système mental humain n'est pas seulement le produit de l'apprentissage, les psychologues se sont intéressés aux capacités du nouveau-né pour spécifier les déterminants de la structure de l'esprit humain. Si le système mental était le produit des régularités physiques de l'environnement, personne n'étudierait les capacités d'un système qui n'a pas encore eu d'échanges avec l'environnement. Au contraire, si le système, en son état initial, est structuré pour organiser les événements sensoriels et perceptifs dans des représentations, alors la recherche sur l'état initial permettra de découvrir les universaux cognitifs fondamentaux. Dans cette option théorique, le système initial est doté de capacités cognitives aussi bien que de capacités sensorielles et comportementales. Par exemple, Chomsky soutient que l'enfant doit naître avec une grammaire universelle, c'est-à-dire un certain nombre de compétences spécifiques pour le traitement du langage. La théorie linguistique formule des hypothèses sur l'état initial, compatibles avec la capacité d'apprendre toute langue naturelle. Les psychologues s'intéressent en outre au dispositif permettant l'acquisition du langage. Les intérêts des psychologues et des linguistes sont complémentaires : pour déterminer la nature du dispositif d'acquisition, il est nécessaire de connaître à la fois la structure des langues naturelles et les capacités de traitement de l'information, propres à l'homme. Il est possible que de semblables convergences émergent dans d'autres domaines cognitifs, tels que la logique, les mathématiques et la connaissance du monde physique.

A la naissance, toutes les capacités ne sont pas nécessairement dans leur état initial, il faudra pour certaines que les structures neurologiques sous-jacentes aient atteint un stade de matura-

tion plus avancé. Cette approche de l'état initial incite donc à une étroite collaboration avec les chercheurs des disciplines neurologiques.

Maturation et développement

La neuropsychologie a deux objectifs, l'un purement théorique, vise à établir les relations entre le système psychique et les mécanismes biologiques sous-jacents, l'autre pragmatique, tend à définir les relations entre comportements pathologiques et accidents neurologiques qui peuvent en être la cause. Les données de la neuropathologie peuvent être complétées, avec profit, par des données sur le développement psychologique en relation avec la maturation du système nerveux central. L'étude des mécanismes physiologiques qui accompagnent la maturation cérébrale doit spécifier les déterminants du développement des réseaux neuronaux. Cependant, la signification fonctionnelle de ces changements restera obscure tant qu'on ne disposera pas d'une description des changements psychologiques correspondants. Quand le développement des fonctions cognitives et de l'organisation corticale sera compris, de nouvelles hypothèses pourront être proposées sur la nature de l'interaction entre cerveau et fonctions psychologiques.

Etant donné les évidentes potentialités de la neuropsychologie du développement, les recherches expérimentales sur les processus cognitifs chez le nourrisson devraient connaître une importante expansion, en restant en étroite connexion avec la biologie. De fait, les théories d'apprentissage n'ont pas fourni d'explications aux changements observés au cours du développement (Fodor et coll. [33], Chomsky [18]). Mehler (1974) affirme que le seul type d'apprentissage explicable psychologiquement, est l'apprentissage par perte des potentialités initiales. Ainsi, le modèle biologique peut seul fournir une explication causale des changements comportementaux. Changeux (sous presse) examine plusieurs modèles biologiques qui mériteraient une plus ample exploration de la part des psychologues.

Enfin, il est intéressant de rattacher la neuropsychologie du nouveau-né aux disciplines de l'intelligence artificielle. En effet, des chercheurs de cette dernière discipline proposent maintenant une approche computationnelle générale pour l'étude du système mental. Il reste à établir un pont entre les disciplines de l'intelligence artificielle et de la biologie pour l'élaboration de modèles productifs du développement psychologique.

Etude de la représentation

La plupart des recherches en psychologie du nourrisson ont insisté sur l'exploration des capacités

sensori-motrices et perceptives. Des domaines fondamentaux, relatifs à la représentation de la connaissance et, en général, aux potentialités computationnelles de l'organisme, sont restés en grande partie inexplorés. Il en va ainsi pour la mémoire, l'imagerie mentale, les dispositions linguistiques et d'autres facultés centrales du système mental du nourrisson. Récemment, les psychologues ont montré un intérêt accru pour l'étude de la cognition chez le nouveau-né, en

élaborant des méthodes expérimentales pour l'étude des facultés centrales, qui devrait occuper une place de plus en plus importante.

L'absence de certains domaines de recherche sur le nourrisson dans notre revue ne signifie pas qu'ils soient dépourvus d'intérêt. Cela engage plutôt notre choix en faveur du seul domaine de l'étude du nourrisson qui a une solide base expérimentale.

ÜBERLEGUNGEN ÜBER DIE ERFORSCHUNG EINES INITIALZUSTANDES

Der Autor beschreibt die kognitiven Fähigkeiten des Neugeborenen und des Säuglings, die bei dem Sprachverständnis eingreifen. Er bringt eine ausführliche Übersicht der modernen Arbeiten der Kognitivpsychologie, die sich auf dieses Thema beziehen. Um die Sprache zu erfassen, muss das Baby fähig sein, einen sonoren Raum aufzustellen, in dem es die Laute der Sprache lokalisieren und sie von dem Hintergrund, auf dem sie entstehen, unterscheiden kann. Es muss die kontinuierliche Kette der Rede in signifikative Elemente aufschneiden und die Sprache, die es erfasst, in Gesamtheiten unterschiedlicher Züge anderer Kombinationen aufbauen. Es muss schließlich die gesprochenen Ketten als identisch identifizieren, trotz der Veränderlichkeit ihrer physikalischen Realisierungen, d.h. es muss die unveränderlichen Elemente erkennen. Die derzeitigen Forschungen auf diesem Gebiet gestatten, die Definition eines Initialzustandes der Sprache aufzustellen. Dieser Forschungstyp, der sich vor allem auf dem Gebiet der Psycholinguistik entwickelt hat, könnte sich auf weitere Aspekte der kognitiven Fähigkeiten (Logik, Mathematik, Weltkenntnisse, Physik) ausdehnen.

REFLEXIONES SOBRE LA INVESTIGACIÓN DE UN ESTADO INICIAL

El autor describe las capacidades cognitivas del recién nacido y del lactante, las que se implican en el tratamiento del lenguaje. Hace una extensa revista de los trabajos modernos de psicología cognitiva tratando de este problema. El bebé, para percibir el lenguaje, tiene que ser apto para construir un espacio sonoro, en el cual puede localizar los sonidos del lenguaje y distinguirlos del trasfondo en el cual se fueron produciendo. Tiene que recortar la cadena continua del discurso en elementos y estructurar la palabra, que percibe. Por fin, tiene que identificar unas cadenas habladas como idénticas, a pesar de la variabilidad de sus realizaciones físicas, por lo tanto reconocer unos invariantes. Las investigaciones actuales permiten en este campo el aproche de la definición de un estado inicial de representación de la palabra. Ese tipo de investigaciones, sobre todo desarrolladas en el campo de la psicolingüística, pudiera extenderse a otros aspectos más de las facultades cognitivas (lógica, matemáticas, conocimiento del mundo físico).

RÉFÉRENCES

1. Alegria, Noirot. — Oriented mouthing activity in neonates : early development of differences related to feeding experiences. In : J. Mehler, E. Walker, M. Garrett, *Perspectives on mental representation*. Hillsdale, New Jersey, Larry Erlbaum Associates, 1982.
2. Allen T.W., Walker K., Marcell M. — Intrasensory and intersensory perception of temporal sequences during infancy. *Dev. Psychol.*, 1977, 13, 225-229.
3. Andre-Thomas A., St. A. Dargassies S. — *Etudes neurologiques sur le nouveau-né et jeune nourrisson*. Paris, Masson, 1952.
4. Aslin R.N., Pisoni D.B., Jusczyk P. — *Auditory development and speech perception in infancy*. Technical Report, n° 4, Psychology Department, University of Indiana, 1983.
5. Bertelson P. — Lateral differences in normal man and lateralization of brain function. *Int. J. Psychol.*, 1982, 17, 173-210.
6. Bertoncini J., Jusczyk P., Mehler J. — (in preparation).
7. Bertoncini J., Lokker D., Morais J., Mehler J. — (in preparation).
8. Barnet A.B., Vincentini M., Campos S. — *EEG Sensory evoked responses (ERS) in early infancy malnutrition*. Paper presented at Society for Neuroscience, St. Louis, Missouri, 1974.
9. Best C., Hoffman H., Glanville B. — Development of infant ear asymmetry for speech and music. *Percept. Psychophys.*, 1982, 31, 75-85.
10. Bishop D.V.M. — Linguistic impairment after left-hemidecortication for infantile hemiplegia? A reappraisal. *Q. J. Exp. Psychol.*, 1983, 35 A, 199-207.
11. Bower T.G.R. — *Development in infancy*. San Francisco, California, Freeman, 1974.
12. Bregman A.S. — Auditory Streaming : Competition among alternative organizations. *Percept. Psychophys.*, 1978, 23, 391-398.
13. Bregman A.S. — The formation of auditory streams. In : J. Requin, *Attention and Performance VII*. Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum, 1978.
14. Bregman A., Steiger S. — Auditory stream and cortical localization : Interdependence of « what » and « where » decisions in audition. *Perception and Psychophysics*, 1980, 28, 539-546.
15. Butterworth G., Castillo M. — Coordination of auditory and visual space in newborn human infants. *Perception*, 1976, 5, 155-160.
16. Chang H.W., Trehub S.E. — Auditory processing of relational information by young infants. *J. Exp. Child Psychol.*, 1977, 24, 331.
17. Changeux J.P. — Remarks on the complexity of the nervous system and its ontogenesis. In : J. Mehler, *Neonate Cognition : beyond the blooming, buzzing confusion*. Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1984.
18. Chomsky N. — *Reflections on Language*. New York, Pantheon Books, 1975.
19. Chomsky N. — On the representation of form and function. In : J. Mehler, E. Walker, M. Garrett, *Perspectives on Mental Representation*. Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1982.
20. Clifton R.K., Morrioniello B.A., Kulig J.W., Dowd J.M. — Developmental changes in auditory localization in infancy. In : R.N. Aslin, J.R. Albert, M.R. Peterson, *Development of perception : psychobiological perspectives, vol. 1*. New York, Academic Press, 1981.
21. Clifton R.K., Morrioniello B.A., Kulig J.W. and Dowd J.M. — Newborns' orientation toward sound : possible implications for cortical development. *Child Dev.*, 1981, 53, 833-839.
22. Cutler A., Mehler J., Norris D., Segui J. — A language specific comprehension strategy. *Nature*, 1983, 304, 5922, 159-160.
23. Decasper A.J., Fifer W.P. — Of human bonding : newborns prefer their mother's voices. *Science*, 1980, 208, 1174-1176.
24. Demany L., McKenzie B., Vurpillot E. — Rhythm perception in early infancy. *Nature*, 1977, 266, 718-719.
25. Demany L. — Auditory stream segregation in infancy. *Infant Behav. Dev.*, 1982, 5, 261-276.
26. Dennis M. — Capacity and strategy for syntactic comprehension after left to right hemidecortication. *Brain Lang.*, 1980, 10, 282-317.
27. Eisenberg R.B. — *Auditory competence in early life*, Baltimore, Md., University Park Press, 1976.

28. Eimas P.D., Siqueland E., Jusczyk P., Vigorito J. — Speech perception in infants. *Science*, 1971, 171, 303-306.
29. Eimas P. — Infant Speech Perception: Issues and Models. In: J. Mehler, E. Walker, M. Garrett, *Perspectives on Mental Representation*. Hillsdale, New Jersey, Larry Erlbaum Associates, 1982.
30. Entus A.K. — Hemispheric asymmetry in processing of dichotically presented speech and nonspeech stimuli in infants. In: S. Segalowitz, F.A. Gruber, *Language Development and Neurological Theory*. New York, Academic Press, 1977.
31. Field J., Muir D., Pilon R., Sinclair M., Dodwell P. — Infants' orientation to lateral sounds from birth to three months. *Child Dev.*, 1980, 50, 295-298.
32. Fodor J. — *Modularity of the Mind*. Montomery, Vt. Bradford, 1983.
33. Fodor J., Garrett M.F., Brill S.L. — Pi ka pu: The perception of speech sounds by prelinguistic infants. *Percept. Psychophys.*, 1975, 18, 74-78.
34. Geschwind N., Levitsky W. — Human brain: left-right asymmetris in temporal speech region. *Science*, 1968, 161, 186-187.
35. Geschwind N., Behan P. — Left-handedness: association with immune disease, migraine and developmental learning disorder. *PNAS*, 1982, 79, 5097-5100.
36. Gilbert J.H.V., Climax I. — *Dichotic studies in 2-3 year olds: A preliminary report*. Speech communication seminar, Stockholm, 1974.
37. Gruber F.A., Segalowitz S.J. — Some issues and methods in the neuropsychology of language. In: S.J. Segalowitz, F.A. Gruber, *Language Development and Neurological Theory*. New York, Academic Press, 1977.
38. Held R. — Binocular Vision. In: J. Mehler, *Neonate Cognition: beyond the blooming, buzzing confusion*. Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1984.
39. Hillenbrand J.M. — *Perceptual organization of speech sounds by young infants*. Unpublished doctoral dissertation, University of Washington, Seattle, Washington, 1980.
40. Jusczyk P., Pisoni D.B., Walley A., Murray. — Discrimination of relative onset time of two-component tones by infants. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1980, 67, 262-270.
41. Kimura D. — Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Can. J. Psychol.*, 1961, 15, 106-171.
42. Kuhl P. — Organization of speech by infants. In: J. Mehler, *Neonate Cognition: beyond the blooming, buzzing confusion*. Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1984.
43. Lecours A.R., Joannette Y. — Keeping your brain in mind. In: J. Mehler, *Neonate Cognition: beyond the blooming, buzzing confusion*. Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1984.
44. Lenard H.G., Von Bernuth H., Hutt S.J. — Acoustic evoked responses in newborn infants: the influence of pitch and complexity of the stimulus. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 1969, 27, 121-127.
45. Lenneberg E. — *Biological Foundations of Language*, New York, Wiley, 1967.
46. Liberman A.M., Cooper F.S., Shankweiler D.P., Studdert-Kennedy. — Perception of the speech code. *Psychol. Rev.*, 1967, 74, 431-461.
47. Maratsos O. — *The origin and development of imitation in the first 6 months of life*. Ph D. Thesis, University of Geneva, 1973.
48. McGurk H., Turnure C., Creighton S.J. — Auditory-visual coordination in neonates. *Child Dev.*, 1977, 48, 138-143.
49. Mehler J. — The role of syllables in speech processing: infant and adult data. *Philosoph. Trans. Royal Soc.*, 1981, B295, 333-352.
50. Mehler J. — Dips and Drops. A theory of cognitive development. In: T.G. Bever, *Regressions in mental development: basic phenomena and theories*. Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1982.
51. Mehler J. — Studies in the development of cognitive processes. In: S. Strauss, V - *Shaped Behavioral Growth*. New York, Academic Press, 1982.
52. Mehler J., Bertoncini J., Barrière M. — Infant perception of mother's voice. *Perception*, 1978, 7, 5.
53. Mehler J., Bertoncini J. — Infants' perception of speech and other acoustic stimuli. In: J. Morton, J. Marshall, *Psycholinguistics Series II*. London, Elek Books, 1979.
54. Mehler J., Morton J., Jusczyk P. — *On reducing language to biology*. Submitted for publication, 1984.
55. Miles M., Melhuish E. — Recognition of mother's voice in early infancy. *Nature*, 1974, 252, 123-4.
56. Miller J.D., Weir C.C., Pastore R.E., Kelly W.U., Dooling R.J. — Discrimination and labeling of noise and buzz sequences with varying noise-lead rimes: An example of categorical perception. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1976, 60, 410-417.
57. Molfese D. — Infant cerebral asymmetry. In: S.J. Segalowitz, F.A. Gruber, *Lang. dev. neurol. theor.* New York, Academic Press, 1977.
58. Morais J. — The two sides of cognition. In: J. Mehler, E. Walker, M. Garrett, *Perspectives on mental representation*. Hillsdale, New Jersey, Larry Erlbaum Associates, 1982.
59. Morrongiello B.A., Kulig J.W., Clifton R.K. — Newborn cardiac and behavioral orienting responses to sound under varying precedence effect conditions. *Infant behavior and development*, 1982, 5, 249-259.
60. Muir D., Campbell D., Low J., Killen H., Galbraith R., Karchmar J. — Neonatal assessments of intrauterine growth in retarded premature and asphyxiated infants: Group differences and predictive value. Paper presented at the Canadian Psychological Association, 1978.
61. Muir D., Field J. — Newborn infants orient to sounds. *Child Dev.*, 1979, 50, 431-436.
62. Neville H. — Effects of early sensory and perceptual development implications for infant cognition. In: J. Mehler, *Neonate cognition: beyond the blooming, buzzing confusion*. Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1984.
63. Peiper A. — *Cerebral function in infancy and childhood*. New York, Consultants Bureau, 1963.
64. Piazza D.M. — Cerebral lateralization in young children as measured by dichotic listening and ringer tapping tasks. *Neuropsychologia*, 1977, 15, 417-425.
65. Querleu D., Renard K. — Les perceptions auditives du fœtus humain. *Med. Hyg.*, 1981, 39, 2102-2110.
66. Rosen G.D., Galaburda A.M. — Development of Language: a question of asymmetry and deviation. In: J. Mehler, *neonate cognitions: beyond the blooming puzzling confusion*. Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1984.
67. Segalowitz S.J. — Cerebral asymmetries for speech in infancy. In: *Language Functions and Brain Organization*. New York, Academic Press, 1983.
68. Segalowitz S.J., Chapman J.S. — Cerebral asymmetry for speech in neonates: a behavioral measure. *Brain Lang.*, 1980, 9, 281-288.
69. Segui J., Frauenfelder U., Mehler J. — Phoneme monitoring; syllable monitoring and lexical access. *Br. J. Psychol.*, 1981, 72, 471-477.
70. Segui J., Dommergues J.Y., Frauenfelder U., Mehler J. — Perceptual integration of sentences: syllabic and semantic aspects. In: J.F. Le Ny, W. Kintsch, *Language and Comprehension*, Amsterdam, North Holland, 1982.
71. Segui J., Mehler J., Frauenfelder U., Morton J. — The word frequency effect in lexical access. *Neuropsychologia*, 1982, 20, 615-627.
72. Spelke E. — Perception or unity persistence and identity: thoughts on infants' conceptions of objects. In: J. Mehler, *Neonate cognition: beyond the blooming, buzzing confusion*. Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1984.
73. Studdert-Kennedy M., Shankweiler D. — Hemispheric specialization for language processes. *Science*, 1981, 211, 960-961.
74. Turkewitz G., Birch H.G., Cooper K. — Responsiveness to simple and complex auditory stimuli in the human newborn. *Dev. Psychol.*, 1972, 5, 7-19.
75. Vargha-Khadem F., Corballis M. — Cerebral asymmetry in infants. *Brain Lang.*, 1979, 8, 1-9.
76. Wada J.A., Clark R. and Hamm A. — Cerebral hemispheric asymmetry in humans. *Arch. Neurol.*, 1975, 32, 239-246.
77. Wertheimer M. — Psychomotor coordination of auditory and visual space at birth. *Science*, 1961, 134, 1692.
78. Witelson S.F., Pallie W. — Left hemisphere specialization for language in the newborn: Neuroanatomical evidence of asymmetry. *Brain*, 1973, 96, 641-646.
- Yonas A., Granrud C.E. — Development of visual space perception in young infants. In: J. Mehler, *Neonate Cognition: beyond the blooming, buzzing confusion*. Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1984.