

Dyslexie développementale : déficit phonologique spécifique ou trouble sensorimoteur global ?

F. Ramus, laboratoire de sciences cognitives et psycholinguistique, EHESS/CNRS, Paris

La diversité des traitements proposés pour la dyslexie est une source d'inquiétude légitime pour les praticiens et leur clientèle. Au-delà des entraînements classiques basés sur la conscience phonologique, que penser des rééducations auditives à base de parole modifiée, des traitements basés sur la musique, de l'occlusion d'un œil, du port de lunettes ou de lentilles teintées, de l'entraînement à un meilleur équilibre, de la répétition de mouvements de réflexes archaïques ou de l'absorption d'acides gras polyinsaturés ? Bien entendu, dans tout secteur médical, le clinicien et le patient doivent se méfier du charlatanisme. Le problème est que, dans le domaine de la dyslexie, la confusion existerait même en faisant abstraction des remèdes miracles d'origine douteuse. En effet, les traitements listés ci-dessus ne sont pas le fait de charlatans, mais de scientifiques honnêtes et de bonne foi. Comment est-ce possible ?

Il va de soi que les traitements que les chercheurs proposent découlent directement de l'idée qu'ils se font de la pathologie. Or justement, la nature profonde du problème des dyslexiques reste un sujet de vive controverse [1]. Une revue de la littérature scientifique sur la dyslexie permet de s'en rendre compte aisément.

On peut voir les recherches sur la dyslexie comme une série d'études du type : tel chercheur postule que les dyslexiques souffrent d'un trouble d'une capacité X ; évalue cette hypothèse en testant la capacité X sur un groupe de dyslexiques et sur un groupe de sujets contrôles ; trouve que le groupe dys-

lexique est significativement moins bon que le groupe contrôle sur la capacité X ; et en déduit qu'un déficit de X est la cause du retard de lecture des dyslexiques. Il n'est donc pas étonnant que diverses théories aient vu le jour et aient engendré des traitements multiples et variés.

Bien entendu, il s'agit là d'une caricature injuste de l'état de l'art. Un effort minimal de synthèse permet de regrouper les recherches en deux grandes tendances. L'une est de considérer que la dyslexie est un trouble spécifique de la parole (la théorie phonologique) ; l'autre la voit au contraire comme un syndrome aux manifestations multiples, dans les domaines sensoriels et moteur notamment (théorie du traitement auditif temporel, théories magnocellulaire ou cérébelleuse).

Au cours des vingt-cinq dernières années, la théorie phonologique s'est imposée comme la théorie « classique » de la dyslexie. Elle repose sur l'idée que l'apprentissage d'un système alphabétique nécessite d'établir des liens entre les représentations mentales des lettres et des sons de la parole, ou phonèmes. Si un enfant a des représentations des phonèmes dégradées, ou plus difficilement accessibles, il lui sera plus difficile d'apprendre la correspondance entre celles-ci et les lettres, d'où des difficultés d'apprentissage de la lecture. Plus généralement, l'hypothèse est que la cause de la dyslexie est un dysfonctionnement des représentations phonologiques. A l'appui de cette hypothèse, des dizaines d'études ont documenté les difficultés qu'ont les dyslexiques dans de nombreuses tâches impliquant les représentations phonologiques. Notamment, les tâches de « conscience phonologique » testent la capacité du sujet à prêter attention aux phonèmes et à les manipuler consciemment. Les tâches de mémoire verbale à court terme et les tâches de dénomination rapide montrent par ailleurs que le problème phonologique est plus profond qu'une simple difficulté d'accès conscient [2]. Curieusement, malgré la masse de données documentant le déficit phonologique, sa nature précise n'est toujours pas bien comprise [3]. Mais ce n'est pas là l'objet de cet article.

Personne ne conteste qu'un déficit phonologique ne soit la cause directe de la plupart des difficultés de lecture. En revanche, de nombreux chercheurs contestent l'idée selon laquelle la dyslexie est un trouble spécifique de la phonologie. Ils pensent au contraire que, au-delà de la phonologie, il existe un dysfonctionnement plus général, qui affecte la perception auditive et visuelle, et la motricité.

Ainsi, selon Tallal et al. [4], le système auditif des dyslexiques n'aurait pas une assez bonne résolution temporelle, entraînant donc des difficultés dans la perception des sons brefs et des transitions rapides. Or la perception de ces éléments rapides est cruciale dans la paro-

le, car ils permettent de différencier de nombreux phonèmes. Par exemple, les sons /b/ et /d/ diffèrent par une transition spectrale durant seulement 40 ms. L'hypothèse est donc qu'un déficit auditif assez général est à la base du déficit phonologique. Cette idée est confortée par un certain nombre d'études qui ont montré que les enfants dyslexiques (et dysphasiques) ont, en moyenne, des difficultés dans des tâches auditives [5].

Dans le domaine visuel, une longue tradition remontant à Pringle-Morgan [6] et Orton [7], et reprise par Lovegrove [8] et Stein [9] suggère que les dyslexiques souffrent d'une légère instabilité de la fixation oculaire, qui engendrerait des distorsions, des mouvements apparents et des superpositions de lettres et de mots. Des études psychophysiques suggèrent que ce trouble trouverait son origine dans un dysfonctionnement des voies magnocellulaires du système visuel. Ainsi, un déficit visuel constituerait, au-delà de la phonologie, une cause indépendante de troubles de lecture. Nicolson et al. [10] insistent, eux, sur le fait que les dyslexiques sont des gens relativement maladroits, ayant des problèmes d'équilibre et de coordination motrice. Ces symptômes les ont conduit à proposer qu'une déficience du cervelet serait à l'origine de la dyslexie. Ils s'appuient pour cela sur de nombreuses données illustrant les troubles moteurs d'enfants dyslexiques [11].

Enfin, Stein [12, 13] a proposé d'unifier les hypothèses auditives, visuelles et motrices au sein de la théorie magnocellulaire, qui postule qu'une anomalie neurologique unique (concernant les magnocellules de toutes les voies sensorielles) est à l'origine à la fois des troubles auditifs et visuels et, de manière secondaire, des troubles phonologiques (via les troubles auditifs) et moteurs (via le cortex pariétal et le cervelet).

En somme, alors que la théorie phonologique donne de la dyslexie l'image d'un trouble relativement circonscrit, la théorie magnocellulaire en donne plutôt l'image d'un syndrome sensorimoteur général, dont une des multiples

manifestations serait le retard de lecture. Ces divergences théoriques sont pour le moins embarrassantes, dans la mesure où les méthodes de rééducation de la dyslexie qui sont proposées reflètent les théories épousées par leurs auteurs.

Pour ma part, ma lecture de la littérature scientifique et mes propres résultats m'incitent à adopter une version assez stricte de la théorie phonologique, en tant que théorie causale de l'apparition des troubles de lecture.

Revenons à ma caricature des recherches sur la dyslexie pour mieux cerner les deux écueils principaux de l'interprétation des données. Premièrement, le fait que deux groupes de sujets soient statistiquement différents sur la mesure X n'indique pas quelle proportion des sujets contribue à la différence. Il suffit souvent que, par exemple, un quart des dyslexiques soient très mauvais au test X, pour rendre les moyennes des deux groupes significativement différentes selon les tests statistiques usuels, alors même que les trois quarts restants ont une performance normale. Que doit-on conclure de ce genre de cas ? Que les dyslexiques, dans leur ensemble, ont un déficit de X, qui est partiellement occulté par des erreurs de mesure et du bruit statistique ? Ou bien que seule une fraction des dyslexiques ont un déficit de X, les autres étant normaux ? La réponse n'est pas toujours évidente. Dans tous les cas, il est crucial de regarder les données individuelles et pas seulement les moyennes de groupes. Le deuxième écueil réside dans le rôle causal à attribuer à un déficit. Quand bien même 100 % des dyslexiques auraient le problème X, cela n'impliquerait pas nécessairement qu'il s'agit là de la cause des troubles de lecture. Il est en effet possible, par exemple, que la véritable cause, Y, engendre à la fois X et les troubles de lecture, de telle sorte qu'ils soient systématiquement associés sans que l'un soit la

cause de l'autre. D'autres considérations indépendantes sont donc nécessaires pour établir des liens de causalité.

Avec ces quelques remarques à l'esprit, un examen critique de la littérature (et notamment des études montrant les données individuelles) permet de dégager les généralités suivantes :

□ selon les études, la proportion de dyslexiques présentant des troubles auditifs va de 0 à 50 % (y compris dans les travaux de Tallal [5], voir aussi [14-21]) ;

□ la proportion de dyslexiques présentant des troubles visuels s'échelonne de 0 à 25 % [18, 20-24] ;

□ la proportion de dyslexiques présentant des troubles moteurs varie de 0 à 80 % [11, 18, 20, 25-30] ;

□ la proportion de dyslexiques présentant des troubles phonologiques varie de 75 à 100 % [18, 26, 30].

L'examen des données individuelles révèle donc que si les troubles phonologiques concernent tous ou presque tous les dyslexiques, les troubles sensorimoteurs ne concernent qu'une fraction plus ou moins grande d'entre eux. On ne peut donc attribuer aux troubles sensorimoteurs une explication générale de la dyslexie. Il s'agit maintenant de s'intéresser plus précisément au rôle causal des différents troubles.

Le rôle causal direct de la phonologie dans la lecture est bien sûr incontestable (et incontesté). Il a été montré à maintes reprises que la conscience phonologique était un préalable essentiel à l'apprentissage de la lecture et que les capacités phonologiques du jeune enfant étaient le meilleur prédicteur de ses compétences futures en lecture [31-33].

La question la plus débattue est de savoir si le déficit phonologique a lui-même pour cause un déficit auditif. La réponse semble être négative. En effet, dans les études sus-citées, les dyslexiques présentaient souvent un déficit phonologique sans troubles auditifs. De plus, les performances auditives ne prédisent pas les performances phonologiques [16, 19, 34, 35], mais elles leur imposent éventuellement une limite supérieure [18]. Autrement dit, un déficit phonologique peut survenir en l'absen-

ce complète de troubles auditifs ; mais lorsque ces derniers sont présents, ils peuvent aggraver le déficit phonologique. Il est par ailleurs de plus en plus clair que les troubles auditifs, lorsqu'ils sont présents, ne peuvent pas être caractérisés simplement comme des troubles de traitement temporel rapide [18, 19, 21, 35-38], contrairement à l'hypothèse de Tallal [4] et de Stein [12].

La question suivante concerne le rôle additionnel potentiellement joué par un déficit visuel. En ce qui concerne les troubles visuels de type magnocellulaire postulés par Stein, leur impact sur la lecture n'a pour l'instant pas été établi. Une autre hypothèse semble plus prometteuse : le stress visuel [39]. Il s'agit de symptômes similaires à la migraine apparaissant du fait du fort contraste entre l'encre noire et le papier blanc. Ils peuvent engendrer des déformations visuelles qui nuisent à la fluidité de la lecture. Les cas les plus graves remplissent parfois les critères diagnostiques de la dyslexie. Le stress visuel est indépendant du déficit phonologique et, plus curieusement, n'a rien à voir non plus avec un dysfonctionnement magnocellulaire [40]. Il semble pouvoir donc être une cause indépendante de retard de lecture, chez une petite proportion de dyslexiques.

Enfin, les troubles moteurs ne semblent pas jouer de rôle déterminant dans l'acquisition de la phonologie et de la lecture [26, 41-43].

En résumé, hormis un petit nombre de cas de stress visuel, un déficit phonologique semble être la cause quasi exclusive des troubles de lecture. Chez certains sujets, le déficit phonologique est pur, sans aucun symptôme visuel, auditif ou moteur [18, 20]. Chez d'autres, un syndrome sensorimoteur accompagne le déficit phonologique, avec peu de conséquences sur la lecture, si ce n'est une possible aggravation du

déficit phonologique par les troubles auditifs.

On peut se demander pourquoi ce syndrome sensorimoteur est régulièrement associé à la dyslexie, mais dans des proportions variables selon les études. Il faut premièrement remarquer que ce syndrome n'est pas l'apanage de la dyslexie, mais se retrouve en fait dans un grand nombre de troubles développementaux, comme la dysphasie, la dyspraxie, l'autisme, les troubles d'attention, le syndrome de Williams [44-46]... Cela confirme que les troubles sensorimoteurs ne sont pas spécifiquement reliés à la lecture mais à des troubles plus généraux du développement. Par ailleurs, il y a une grande comorbidité entre les troubles développementaux ; notamment, 30 à 50 % des dyslexiques sont aussi dysphasiques et une proportion similaire sont dyspraxiques ou ont des troubles d'attention [47-49]. Enfin, il semble que le syndrome sensorimoteur soit plus fréquent parmi les individus qui présentent cette comorbidité entre deux ou plusieurs troubles développementaux, notamment entre dyslexie et dysphasie [17] et entre dyslexie et troubles d'attention [50, 51], que parmi les dyslexiques purs. Compte tenu de ces considérations, il me semble que les différences entre études peuvent s'expliquer simplement par des biais de recrutement : dans mes propres travaux, j'ai constaté que la proportion de troubles sensorimoteurs était nettement plus élevée dans une population d'enfants dyslexiques scolarisés dans une institution spécialisée (dans laquelle on trouve beaucoup de cas cumulant plusieurs troubles et posant problème à divers titres) que dans une population tout aussi dyslexique, mais scolarisée normalement et suivant éventuellement des cours du soir [20, 26].

La prise en compte de tous ces aspects permet également de répondre à certains cliniciens qui tirent de leur pratique l'impression que le syndrome sensorimoteur est indissociable de la « vraie » dyslexie. En particulier en France où la dyslexie n'est pas systématique-

ment dépistée, les cliniciens ne voient en fait qu'une fraction assez biaisée de la population dyslexique, au sein de laquelle les cas les plus sévères et les cas comorbides sont sur-représentés.

Pour revenir à la question du traitement de la dyslexie, l'accumulation de données allant à l'encontre d'une origine sensorimotrice du problème suggère la plus grande prudence en ce qui concerne les nouvelles méthodes basées sur la rééducation sensorielle ou motrice.

En particulier, la rééducation auditive la plus médiatisée, basée sur l'entraînement à percevoir les transitions rapides [52], est extrêmement controversée : si cette méthode a réellement des effets bénéfiques sur les enfants dyslexiques et dysphasiques (ce qui reste contesté), il y a de bonnes raisons théoriques et empiriques de croire que cela n'est en rien dû à une amélioration perceptive concernant les transitions rapides, mais plutôt à l'entraînement phonologique classique qui est également inclus dans le programme.

En ce qui concerne le stress visuel, des études sérieuses ont montré que l'utilisation de transparents de couleur, de lentilles ou de lunettes teintées amélioreraient le confort de lecture [53]. Il semble par ailleurs que la couleur précise de la prothèse soit cruciale, et dépende de chaque individu. Ce traitement n'est bien entendu recommandé que pour la fraction des enfants qui souffrent réellement de stress visuel, et absolument pas comme remède général à la dyslexie.

Plus généralement, il ne s'agit pas bien sûr de contester tout effet positif des rééducations sensorielles ou motrices. En particulier, dans le cas où, par exemple, un enfant dyslexique souffre également d'un problème moteur diagnostiqué comme tel, une rééducation motrice peut lui être bénéfique, en premier lieu sur le plan moteur bien sûr. En cas de succès du traitement, un gain de confiance en soi peut induire des béné-

fices indirects, y compris en lecture (c'est sans doute l'interprétation la plus plausible des effets des traitements comme celui de McPhillips et al. [54]). Mais encore une fois, cela n'implique pas qu'une rééducation motrice puisse être préconisée comme traitement général pour la dyslexie.

En résumé, la dyslexie semble être avant tout un déficit spécifique aux représentations phonologiques. Dans une partie des cas, il est accompagné d'une constellation de troubles sensoriels et/ou moteurs, qui joue peu ou pas de rôle dans les problèmes de lecture. Il s'ensuit que, dans l'état actuel des

connaissances, la stratégie de remédiation la plus adaptée en règle générale, reste celle basée sur l'entraînement de la conscience phonologique et sur un enseignement de la lecture adapté. Lorsque le profil neuropsychologique de l'enfant l'exige, d'autres traitements peuvent néanmoins être utiles. □

Références

- [1] RAMUS F. : « Dyslexia - Talk of two theories », *Nature*, 2001 ; 412 : 393-5.
- [2] SNOWLING M.J. : *Dyslexia*, 2nd ed., Oxford, Blackwell, 2000.
- [3] RAMUS F. : « Outstanding questions about phonological processing in dyslexia », *Dyslexia*, 2001 ; 7 : 197-216.
- [4] TALLAL P., MILLER S., FITCH R.H. : « Neurobiological basis of speech : a case for the preeminence of temporal processing », *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1993 ; 682 : 27-47.
- [5] TALLAL P. : « Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children », *Brain and Language*, 1980 ; 9 (2) : 182-98.
- [6] PRINGLE-MORGAN W. : « A case of congenital word blindness » *British Medical Journal*, 1896 ; 2 : 1378.
- [7] ORTON S. : *Reading, writing and speech problems in children*, New York, Norton, 1937.
- [8] LOVEGROVE W.J., BOWLING A., BADCOCK B., BLACKWOOD M. : « Specific reading disability : differences in contrast sensitivity as a function of spatial frequency », *Science*, 1980 ; 210 (4468) : 439-40.
- [9] STEIN J.F., FOWLER M.S. : « Visual dyslexia », *Trends in Neuroscience*, 1981 ; 1 : 77-80.
- [10] NICOLSON R.I., FAWCETT A.J., DEAN P. : « Dyslexia, development and the cerebellum », *Trends Neurosci.*, 2001 ; 24 (9) : 515-6.
- [11] FAWCETT A.J., NICOLSON R.I., DEAN P. : « Impaired performance of children with dyslexia on a range of cerebellar tasks », *Annals of Dyslexia*, 1996 ; 46 : 259-83.
- [12] STEIN J. : « The magnocellular theory of developmental dyslexia », *Dyslexia*, 2001 ; 7 (1) : 12-36.
- [13] STEIN J., WALSH V. : « To see but not to read : the magnocellular theory of dyslexia », *Trends Neurosci.*, 1997 ; 20 (4) : 147-52.
- [14] HEATH S.M., HOGBEN J.H., CLARK C.D. : « Auditory temporal processing in disabled readers with and without oral language delay », *J. Child Psychol. Psychiatry*, 1999 ; 40 (4) : 637-47.
- [15] HILL N.I., BAILEY P.J., GRIFFITHS Y.M., SNOWLING M.J. : « Frequency acuity and binaural masking release in dyslexic listeners », *J. Acoust. Soc. Am.*, 1999 ; 106 (6) : L53-8.
- [16] MARSHALL C.M., SNOWLING M.J., BAILEY P.J. : « Rapid auditory processing and phonological ability in normal readers and readers with dyslexia », *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 2001 ; 44 (4) : 925-40.
- [17] MCARTHUR G.M., HOGBEN J.H. : « Auditory backward recognition masking in children with a specific language impairment and children with a specific reading disability », *J. Acoust. Soc. Am.*, 2001 ; 109 (3) : 1092-100.
- [18] RAMUS F., ROSEN S., DAKIN S.C., DAY B.L., CASTELLOTE J.M., WHITE S., FRITH U. : « Theories of developmental dyslexia : insights from a multiple case study of dyslexic adults » (soumis).
- [19] ROSEN S., MANGANARI E. : « Is there a relationship between speech and non-speech auditory processing in children with dyslexia ? » *J. Speech Lang. Hear. Res.*, 2001 ; 44 (4) : 720-36.
- [20] WHITE S., RAMUS F., ROSEN S., MILNE E., HANSEN P.C., SWETTENHAM J., FRITH U. : « Sensorimotor processing in children with dyslexia » (en préparation).
- [21] WITTON C., TALCOTT J.B., HANSEN P.C., RICHARDSON A.J., GRIFFITHS T.D., REES A., STEIN J.F., GREEN G.G. : « Sensitivity to dynamic auditory and visual stimuli predicts nonword reading ability in both dyslexic and normal readers », *Curr. Biol.*, 1998 ; 8 (14) : 791-7.
- [22] CORNELISSEN P., RICHARDSON A., MASON A., FOWLER S., STEIN J. : « Contrast sensitivity and coherent motion detection measured at photopic luminance levels in dyslexics and controls », *Vision Res.*, 1995 ; 35 (10) : 1483-94.
- [23] VICTOR J.D., CONTE M.M., BURTON L., NASS R.D. : « Visual evoked potentials in dyslexics and normals : failure to find a difference in transient or steady-state responses », *Vis. Neurosci.*, 1993 ; 10 (5) : 939-46.
- [24] JOHANNES S., KUSSMAUL C.L., MUNTE T.F., MANGUN G.R. : « Developmental dyslexia : passive visual stimulation provides no evidence for a magnocellular processing defect », *Neuropsychologia*, 1996 ; 34 (11) : 1123-7.
- [25] KRONBICHLER M., HUTZLER F., WIMMER H. : « Dyslexia : verbal impairments in the absence of magnocellular impairments », *Neuroreport*, 2002 ; 13 (5) : 617-620.
- [26] RAMUS F., PIDGEON E., FRITH U. : « The relationship between motor control and phonology in dyslexic children », *Journal of Child Psychology and Psychiatry* (sous presse).
- [27] VAN DAAL V., VAN DER LEIJ A. : « Developmental dyslexia : related to specific or general deficits ? » *Annals of Dyslexia*, 1999 ; 49 : 71-104.
- [28] WIMMER H., MAYRINGER H., LANDERL K. : « Poor reading : a deficit in skill-automatization or a phonological deficit ? », *Scientific Studies of Reading*, 1998 ; 2 (4) : 321-40.
- [29] YAP R.L., VAN DER LEIJ A. : « Testing the automatization deficit hypothesis of dyslexia via a dual-task paradigm », *J. Learn. Disabil.*, 1994 ; 27 (10) : 660-5.
- [30] VELLUTINO F.R., SCANLON D.M. : « The pre-eminence of phonologically based skills in learning to read », in BRADY S.A., SHANKWEILER D.P. : *Phonological processes in literacy : a tribute to Isabelle Liberman*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum, 1991 ; p. 237-52.
- [31] GALLAGHER A., FRITH U., SNOWLING M. : « Precursors of literacy delay among children at genetic risk of dyslexia », *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 2000 ; 41 : 203-13.
- [32] LUNDBERG L., OLOFFSSON Å., WALL S. : « Reading and spelling skills in the first school years predicted from phonemic awareness skills in kindergarten », *Scandinavian Journal of Psychology*, 1980 ; 21 : 159-73.
- [33] SCARBOROUGH H.S. : « Very early language deficits in dyslexic children », *Child Dev.*, 1990 ; 61 (6) : 1728-43.
- [34] MODY M., STUDDERT-KENNEDY M., BRADY S. : « Speech perception deficits in poor readers : auditory processing or phonological coding ? », *J. Exp. Child Psychol.*, 1997 ; 64 (2) : 199-231.
- [35] SCHULTE-KÖRNE G., DEIMEL W., BARTLING J., REMSCHMIDT H. : « Auditory processing and dyslexia : evidence for a specific speech processing deficit », *NeuroReport*, 1998 ; 9 : 337-40.
- [36] MCANALLY K.I., STEIN J.F. : « Auditory temporal coding in dyslexia », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1996 ; 263 : 961-5.
- [37] NITTROUER S. : « Do temporal processing deficits cause phonological processing problems ? » *J. Speech Lang. Hear. Res.*, 1999 ; 42 (4) : 925-42.
- [38] REED M.A. : « Speech perception and the discrimination of brief auditory cues in reading disabled children », *Journal of Experimental Child Psychology*, 1989 ; 48 : 270-92.
- [39] WILKINS A.J. : *Visual stress*, Oxford, Oxford University Press, 1995.
- [40] SIMMERS A.J., BEX P.J., SMITH F.K.H., WILKINS A.J. : « Spatiotemporal visual function in tinted lens wearers », *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2001 ; 42 (3) : 879-84.
- [41] COSSU G. : « The role of output speech in literacy acquisition : evidence from congenital anarthria », *Reading and Writing : An Interdisciplinary Journal* (sous presse).
- [42] FOURCIN A.J. : « Speech perception in the absence of speech productive ability », in O'CONNOR N. : *Language, cognitive deficits and retardation*, London, Butterworths, 1975 ; p. 33-43.
- [43] LENNEBERG E.H. : « Understanding language without ability to speak : a case report », *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 1962 ; 65 (6) : 419-25.
- [44] ATKINSON J., KING J., BRADDICK O., NOKES L., ANKER S., BRADDICK F. : « A specific deficit of dorsal stream function in Williams' syndrome », *Neuroreport*, 1997 ; 8 (8) : 1919-22.
- [45] O'BRIEN J., SPENCER J., ATKINSON J., BRADDICK O., WATTAM-BELL J. : « Form and motion coherence processing in dyspraxia : evidence of a global spatial processing deficit », *Neuroreport*, 2002 ; 13 (11) : 1399-402.
- [46] SPENCER J., O'BRIEN J., RIGGS K., BRADDICK O., ATKINSON J., WATTAM-BELL J. : « Motion processing in autism : evidence for a dorsal stream deficiency », *Neuroreport*, 2000 ; 11 (12) : 2765-7.
- [47] KADESJÖ B., GILLBERG C. : « The comorbidity of ADHD in the general population of Swedish school-age children », *J. Child Psychol. Psychiatry*, 2001 ; 42 (4) : 487-92.
- [48] KAPLAN B.J., WILSON B.N., DEWEY D., CRAWFORD S.G. : « DCD may not be a discrete disorder », *Human Movement Science*, 1998 ; 17 : 471-90.
- [49] MCARTHUR G.M., HOGBEN J.H., EDWARDS V.T., HEATH S.M., MENGLER E.D. : « On the "specifics" of specific reading disability and specific language impairment », *J. Child Psychol. Psychiatry*, 2000 ; 41 (7) : 869-74.
- [50] DENCKLA M.B., RUDEL R.G., CHAPMAN C., KRIEGER J. : « Motor proficiency in dyslexic children with and without attentional disorders », *Arch. Neurol.*, 1985 ; 42 (3) : 228-31.
- [51] WIMMER H., MAYRINGER H., RABERGER T. : « Reading and dual-task balancing : evidence against the automatization deficit explanation of developmental dyslexia », *Journal of Learning Disabilities*, 1999 ; 32 (5) : 473-8.
- [52] TALLAL P., MILLER S.L., BEDI G., BYMA G., WANG X., NAGARAJAN S.S., SCHREINER C., JENKINS W.M., MERZENICH M.M. : « Language comprehension in language-learning impaired children improved with acoustically modified speech », *Science*, 1996 ; 271 : 81-3.
- [53] BOULDOUKIAN J., WILKINS A.J., EVANS B.J. : « Randomised controlled trial of the effect of coloured overlays on the rate of reading of people with specific learning difficulties », *Ophthalmic Physiol. Opt.*, 2002 ; 22 (1) : 55-60.
- [54] MCPHILLIPS M., HEPPEL P.G., MULHERN G. : « Effects of replicating primary-reflex movements on specific reading difficulties in children : a randomised, double-blind, controlled trial », *Lancet*, 2000 ; 355 (9203) : 537-41.