

parce qu'ils doivent consacrer beaucoup d'énergie à cette tâche. La lenteur des interprétations phonologiques est caractéristique des groupes de dyslexiques compensés. Pour mieux comprendre ce phénomène, nous avons étudié le cerveau de ces dyslexiques par des techniques d'imagerie médicale.

Le modèle phonologique suppose, nous l'avons vu, que chacune des opé-

rations en œuvre lors de l'identification d'un mot soit réalisée par un réseau spécifique de cellules nerveuses. Cependant, encore récemment, on comprenait mal comment ces réseaux étaient organisés dans le cerveau humain. Contrairement à de nombreuses autres fonctions physiologiques, la lecture ne peut être étudiée chez l'animal, et, pendant longtemps,

les neurobiologistes ont localisé les centres cérébraux des opérations cognitives supérieures en étudiant des patients ayant survécu à des lésions cérébrales. Cette approche ne permettait pas d'identifier les régions cérébrales activées lors de la lecture, et nous avons espéré beaucoup de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), mise au point à la fin des

Se jouer des difficultés d'apprentissage

La dyslexie est le plus fréquent des troubles de l'apprentissage. Les enfants qui ont des difficultés d'apprentissage sont au centre d'une industrie florissante depuis 1968, année où les autorités américaines ont commencé à attribuer des crédits importants pour les aider. Aux États-Unis, le nombre d'enfants diagnostiqués comme ayant des difficultés d'apprentissage est passé de 780 000 en 1976 à 2,3 millions en 1993. Plus de 50 milliards de francs sont consacrés chaque année, au diagnostic, au traitement et à l'étude de ces difficultés.

La définition et les critères diagnostiques des troubles de l'apprentissage sont souvent subjectifs ou ambigus ; leurs causes sont parfois obscures ou controversées. Par exemple, le psychologue Gérald Coles, de l'Université de Rochester, conteste que 20 pour cent des enfants soient dyslexiques. Les psychophysiologistes et les éducateurs ne croient pas tous à une explication phonologique (ou même bio-

logique) de la dyslexie. En conséquence, l'intérêt des divers traitements est également très controversé. Au cours des années, les éducateurs et les parents ont essayé toutes sortes de techniques qui promettaient d'aider les enfants à surmonter leurs difficultés d'apprentissage, et ils ont été souvent déçus. Néanmoins, les résultats des recherches actuelles sont encourageants.

Les groupes de Paula Tallal, à l'Université Rutgers, et de Michael Merzenich, à l'Université de San Francisco, ont récemment mis au point un traitement intéressant afin d'aider les dyslexiques et aussi, plus généralement, les enfants qui souffrent de troubles du langage. Tous les enfants ayant des troubles du langage ne sont pas dyslexiques, et tous les dyslexiques n'ont pas nécessairement des déficits linguistiques, mais il existe quand même un recouvrement important entre les deux groupes : jusqu'à huit pour cent des enfants auraient des troubles du langage et, parmi eux, plus de 85 pour cent sont également dyslexiques.

P. Tallal est depuis longtemps convaincue que les troubles du langage résultent d'une incapacité à traiter l'information auditive à une vitesse suffisante. Alors que la plupart des enfants sont capables de traiter des phonèmes dont la durée est inférieure à 40 millisecondes, ceux qui ont des déficits linguistiques auraient besoin de 500 millisecondes. Ces derniers sont incapables de faire la distinction entre le mot «pull» et le mot

«bulle». Cette hypothèse serait compatible avec le modèle du déficit phonologique de la dyslexie, mais elle met plus l'accent sur le rôle de la chronologie du traitement des informations dans le cerveau.

P. Tallal pense que les déficits linguistiques sont plus souvent dus à un déficit organique qu'à des facteurs environnementaux ; l'imagerie par résonance magnétique du cerveau a révélé des dif-

férences cérébrales claires entre les personnes qui ont des capacités linguistiques normales et celles qui ont des troubles du langage.

Il y a deux ans, elle s'est associée avec M. Merzenich et quelques autres afin de mettre au point une rééducation assistée par ordinateur pour les enfants souffrant de troubles du langage : un logiciel de traitement du langage permet aux chercheurs de modifier l'amplitude et la durée de sons enregistrés.

Dans l'un des logiciels, dont le thème est le cirque, un clown émet deux phonèmes

proches, comme [p] et [d]. La durée de ces phonèmes a été allongée de manière que l'enfant les comprennent plus facilement. Lorsque l'enfant fait correctement la distinction entre les deux sons, le clown le félicite.

Lorsque les enfants distinguent bien les phonèmes d'une durée donnée (par exemple, 400 millisecondes), on leur passe des phonèmes plus rapides et plus réalistes. Les enfants écoutent aussi des enregistrements étirés de mots entiers, de phrases et d'histoires. Aidés de ce logiciel, les enfants entraînés ont acquis l'équivalent de deux années d'apprentissage linguistique en un mois seulement. Un groupe de contrôle recevant une thérapie identique, mais sans les phonèmes allongés, n'avait progressé que de l'équivalent de six mois.

La Société *Scientific Learning Principles* commercialise aujourd'hui un CD-ROM interactif qui contient ce logiciel d'exercice. En 1997, le prototype sera testé par quelque 500 enfants qui souffrent de déficits linguistiques, de dyslexie, de troubles de l'attention et d'autres difficultés d'apprentissage.

De nombreuses personnes doutent de la théorie de P. Tallal, mais cette dernière, qui admet que de nombreuses questions théoriques restent ouvertes, pense que seule la recherche empirique produira des améliorations tangibles de la lecture.

John HORGAN



UNE ENFANT DE CINQ ANS interagit avec un programme ludique d'apprentissage du langage.

années 1980. Cette technique mesure les changements d'activité métabolique du cerveau lors d'une tâche cognitive. Non invasive, elle permet l'exploration des capacités cognitives des enfants.

La neurobiologie de la lecture

Depuis 1994, avec plusieurs collègues de l'Université Yale, nous avons analysé le fonctionnement cérébral de la lecture sur plus de 200 enfants et adultes dyslexiques ou non. Aujourd'hui, nous pouvons proposer un schéma cérébral de la lecture. L'identification de lettres active des sites dans le cortex extra-strié du lobe occipital. Le traitement phonologique a lieu dans la circonvolution frontale inférieure et l'accès à la signification sollicite des régions des circonvolutions temporales moyenne et supérieure.

À notre surprise, nous avons observé que la représentation des mots lus s'effectue en des sites différents selon le sexe : chez les hommes, le traitement phonologique met en œuvre uniquement la circonvolution frontale inférieure gauche, tandis que, chez les femmes, il active aussi la circonvolution frontale droite. Ces différences de latéralisation, pressenties à la suite d'études du comportement, n'avaient jamais été démontrées ; c'est même la première preuve concrète de différences liées au sexe pour l'organisation cérébrale d'une fonction cognitive. La bilatéralité des traitements phonologiques chez la femme expliquerait pourquoi, après un accident vasculaire cérébral touchant le côté gauche du cerveau, les femmes ont moins souvent que les hommes des déficits graves de leurs capacités linguistiques, et pourquoi elles compensent mieux leur dyslexie que les hommes.

L'identification des sites cérébraux dévolus au traitement phonologique de la lecture nous donne maintenant une «signature» neurale possible de la lecture : nous pourrions désormais diagnostiquer la dyslexie par imagerie, et nous pourrions également tester les effets des traitements sur les systèmes neuraux responsables de la lecture.

Le déficit linguistique des dyslexiques est souvent accompagné de bonnes capacités de raisonnement, d'une pensée critique et d'un vocabulaire important. Les dyslexiques compensés, tels que Gregory, peuvent ainsi



LES MATHÉMATICIENS

Pour comprendre le processus de la création mathématique, il faut saisir ce qui fait l'originalité d'un mathématicien. Cet ouvrage réunit les portraits de quinze grands mathématiciens. Leurs rapports avec leur époque, le regard qu'ils portent sur leur activité sont plus qu'anecdotiques : ils révèlent la genèse des idées nouvelles et mettent en lumière le caractère audacieux, dynamique et imaginaire de l'invention mathématique.

Voir bon de commande p. 98

POUR LA
SCIENCE
DIFFUSION BELIN