

Particularités articulatoires de la dyslexie développementale phonologique

Muriel Lalain, Didier Demolin, Michel Habib, Noël Nguyen, Bernard Teston

Laboratoire parole et langage, CNRS ESA 6057

Université de Provence, Aix-en-Provence

muriel.lalain@lpl.univ-aix.fr

ABSTRACT

This study is concerned with the articulatory and acoustic characteristics of speech in dyslexic children. We asked to what extent developmental phonological dyslexia is associated with potential disorders in the fine-grained control of articulatory movements in speech. Aerodynamic and acoustic data were simultaneously gathered in a reading task and a sentence-repetition task for 10 dyslexic children and 2 groups of control children. The results revealed specific segmental error patterns, as well as subtle differences in the articulatory/acoustic structure of stops, for the dyslexic children compared to the control groups. Implications for the potential origin of developmental phonological dyslexia are discussed.

1 INTRODUCTION

La dyslexie, trouble de l'apprentissage du langage écrit touche environ 10% de la population. Aujourd'hui, la possibilité d'attribuer au trouble une origine neurologique est communément admise : les travaux en neurologie et dans le domaine de la perception de la parole font état de particularités aux niveaux neuroanatomique (latéralisation hémisphérique, taille du corps calleux, ectopies) et neurofonctionnels (déficits visuel, temporel, de conscience phonologique) [Hab98]. Les quelques travaux menés en production mettent en évidence les relations entre Dyslexie et langage oral, mais révèlent surtout le rôle primordial des mécanismes articulatoires dans la genèse du trouble [Ale91].

Cette évaluation des capacités articulatoires de dix enfants atteints de dyslexie développementale phonologique, lors de l'exercice de lecture et lors d'une tâche de répétition tente de préciser l'implication de ces mécanismes dans la dyslexie de développement. Menée auprès de trois groupes de sujets, cette analyse comparative a ainsi permis d'obtenir une description, à partir de données acoustiques et aérodynamiques, des profils articulatoires des sujets dyslexiques et contrôles, qui révèlent des particularités caractéristiques du trouble.

2 METHODOLOGIE

2.1 Sujets

Trois groupes de sujets ont participé à cette étude comparative : un groupe de sujets dyslexiques (D) et deux

groupes de sujets contrôles (T1 et T2) respectivement appariés au premier sur la base de l'âge de lecture (D-T1) et sur la base de l'âge chronologique (D-T2). Chacun des

trois groupes est constitué de dix enfants ; les enfants du groupe Dyslexique sont âgés de 10 ans 7 mois à 13 ans 10 mois mais ont un âge de lecture qui correspond à l'âge chronologique des enfants du groupe T1, c'est-à-dire 7 à 8 ans. Les enfants du groupe T2 sont âgés de 11 à 12 ans, ce qui correspond approximativement à l'âge chronologique des sujets Dyslexiques. Au moment des enregistrements, les enfants du groupe Dyslexique sont pensionnaires au centre de rééducation « Les Lavandes » à Orpierre (Sisteron), mais sont, pour la plupart, originaires de la région des Bouches du Rhône. Tous les sujets Dyslexiques ont été sélectionnés par les spécialistes du centre à l'aide de différents exercices neuropsychologiques : répétition de mots difficiles, épreuve de verlan portant sur des pseudo-mots, épreuve de jugement de rimes, épreuve de suppression du premier son de mots, épreuve de segmentation phonémique, transcription de pseudo-mots de structure phonémique simple et complexe. Aucun des dix sujets ne présentait à l'examen neuropsychologique, de trouble déficitaire de l'attention. Ces exercices ont ainsi permis d'obtenir un groupe, le plus homogène possible, d'enfants présentant tous une dyslexie développementale phonologique. Les sujets des groupes T1 et T2 ont été enregistrés à Bruxelles (Belgique). Les dix meilleurs lecteurs de chaque niveau de lecture ont été sélectionnés par leur enseignante.

2.2 Corpus

Le corpus utilisé pour l'ensemble de cette étude est composé de phrases (tâche « phrases ») et d'un texte (tâche « texte »), qui ont été construits selon différents critères : l'ensemble du corpus est ludique et d'un niveau de difficulté adapté à des enfants de première année de lecture. D'après les descriptions d'erreurs considérées comme caractéristiques du trouble [Noe76], les enfants dyslexiques présentent des difficultés dans la distinction du voisement, des lieux et des modes d'articulation, des difficultés à distinguer l'ordre de succession des lettres, des difficultés de décodage des graphèmes complexes. Il a paru intéressant de confronter ces enfants à ces difficultés déjà associées au trouble, afin d'essayer de mieux les comprendre et les décrire à partir d'une analyse des paramètres acoustiques et aérodynamiques de leur production de parole.

Les phrases sont au nombre de six, présentent toutes la même structure [CVCV di CVCV $\tilde{\alpha}k\sigma\beta$]; les consonnes sont des occlusives bilabiales soit sourdes [p] soit sonores [b] les voyelles sont [a], [i] ou [u].

Le texte comporte sur le plan phonétique, la plupart des consonnes et voyelles du français ; il contient en outre des structures syllabiques simples de type CVC (« école ») et complexes de type CCV (« février »), des graphèmes complexes dont la conversion en phonème nécessite un recours à des règles contextuelles précises (« déguisée », « enfant »).

2.3 Matériel

La station de travail EVA (Evaluation Vocale Assistée), utilisée pour le recueil des données, permet l'enregistrement simultané de données acoustiques et aérodynamiques ; elle est composée d'un PC, de différents capteurs et instruments de mesure. Le programme destiné à l'étude aérodynamique de la parole offre la possibilité d'étudier les corrélations entre le signal acoustique et les variations aérodynamiques, ce qui permet de faire des inférences sur les gestes articulatoires.

Les débits d'air inspiré et expiré aux lèvres (débit d'air buccal ou DAB) et aux narines (débit d'air nasal ou DAN) ont été recueillis par l'intermédiaire d'un masque et d'embouts en silicone, placés respectivement à l'entrée du conduit vocal et des narines. La pression intra-orale (PIO) a été enregistrée par l'intermédiaire d'une sonde buccale d'un diamètre extérieur de 3.5mm.

La résolution est de 12 bits pour les données acoustiques et aérodynamiques, leur fréquence d'échantillonnage est respectivement de 6250 Hz et 1560 Hz.

Les différents paramètres à enregistrer (signal, débits, pression) ont été calibrés. Les masques, sondes et embouts utilisés lors de l'enregistrement des données aérodynamiques ont été stérilisés.

2.4 Protocole expérimental

Les sujets dyslexiques ont été enregistrés en lecture (DL) puis en répétition (DR). Suite à des contraintes d'ordre temporel, les sujets contrôles ont été enregistrés en lecture uniquement. Les enregistrements ont duré environ ¼ d'heure par sujet.

Pour le test de lecture, l'ensemble du corpus a été présenté, phrase après phrase sur des feuilles A4 tenues face à l'enfant à hauteur d'yeux par l'expérimentateur dans un souci d'adaptation aux difficultés potentielles des différents groupes.

En ce qui concerne le test de répétition, le corpus avait été enregistré au préalable sur une cassette audio par un locuteur de sexe masculin, âgé de 57 ans, d'origine méridionale ; un intervalle d'environ 10 s a été laissé entre chaque phrase et la suivante afin de permettre la répétition.

Des contraintes techniques n'ont pas permis un recueil simultané de tous les paramètres aérodynamiques. Ainsi, la tâche « phrases » a été utilisée pour le recueil du signal acoustique, du DAB et de la PIO, tandis que la tâche « texte » a servi de base d'enregistrement du signal acoustique, du DAB et du DAN.

Lors du recueil des données, au début de chaque enregistrement, des explications sur le déroulement de la séance ainsi que sur le fonctionnement de la station ont été données à chacun des enfants. Pendant la calibration des paramètres, ils ont également pu se familiariser avec le masque et les embouts aux narines ainsi qu'avec la sonde buccale. Enfin, pendant l'enregistrement, nous avons veillé à ce que les embouts utilisés avec la station EVA restent bien en place afin d'obtenir les meilleurs tracés possibles.

2.5 Traitement des données

Une première transcription phonétique (API) de l'ensemble des données a été opérée. Puis, les données acoustiques et aérodynamiques ont été analysées à partir du logiciel Phonedit. Les différents segments phonétiques ont été identifiés à partir des critères de segmentation habituellement utilisés [Cal89]. Une étiquette a ensuite été attribuée à chacun des segments identifiés. Enfin, suite à l'identification des différents segments, des précisions ont pu être apportées à la transcription initiale, précisions qui ont permis de noter le caractère subtil des particularités observées ; afin de rendre compte de ces particularités, une signification particulière a été attribuée à certains symboles ; ainsi, [Φ], [β], [τ], ont été utilisés pour rendre compte plus de l'absence d'occlusion complète (présence de fuite d'air) que pour transcrire des fricatives ou approximantes canoniques, tandis que [\square] reflète la présence de segments proches des semi-voyelles mais pour lesquels nous n'avons pu déterminer avec précision les caractéristiques articulatoires. C'est cette seconde transcription qui a été utilisée pour l'élaboration d'un tableau de production pour chacun des trois groupes et par type de tâche.

Plusieurs analyses ont été effectuées : au cours de l'analyse des erreurs de production, la transcription des productions de chacun des différents sujets a été comparée avec une transcription prototypique du corpus. Au cours de cette analyse, seules ont été étudiées les erreurs de type phonologique (et non les erreurs de type sémantique ou de conversion). Un segment a été considéré comme erroné lorsque sa réalisation ne correspondait pas au prototype ou lorsqu'il avait été omis ou déplacé. Un tableau d'erreurs par groupe et par type de tâche a ensuite été constitué, où apparaissent le segment prototype, les différentes réalisations et leur nombre pour chaque sujet.

	non continu		continu	
	voise	non voise	voise	non voise
Sujets dyslexiques : réalisations en lecture				
[b]	56,70%	8,30%	26,70%	
Sujets dyslexiques : réalisations en répétition				
[b]	53,30%	5,80%	36,70%	
Sujets témoins 1 : réalisations en lecture n				
[b]	61,10%	24,10%	10,20%	
Sujets témoins 2 : réalisations en lecture				
[b]	88,30%	0,80%	10%	

Enfin différentes mesures ont été effectuées, uniquement à partir de la tâche « phrases » pour les trois groupes ; des contraintes méthodologiques ont rendu inexploitable les données recueillies à partir de la tâche « texte ». Les mesures effectuées à partir de la tâche « phrases » ont ainsi constitué la base des analyses des paramètres acoustiques et aérodynamiques du corpus ; elles concernent la durée : des voyelles en position préconsonantique (V/-C), de la tenue des consonnes intervocaliques (C/V-V), du VOT sur [p] et [k], ainsi que les maxima de PIO sur [p] et [b], et les maxima de DAB sur tous les segments vocaliques et consonantiques.

3 RESULTATS

3.1 Analyse des erreurs de production

Cette étude a concerné la fréquence d'apparition des types d'erreurs les plus largement représentés dans les trois groupes (plus de 10%) pour les tâches « phrases » et « texte ».

Au sein du groupe Dyslexique, pour la tâche « phrases », on observe une quantité d'erreurs nettement plus importante en répétition qu'en lecture en ce qui concerne les segments [p] (54.2% et 26.7%) et [b] (46.7% et 43.3%). Des erreurs sur les segments vocaliques ont été observées en lecture uniquement. L'apico-dentale sonore [d] est réalisée [ɹ] quand cette consonne est placée avant la voyelle [i] (d-i) : 46,7% en répétition, 47,5% en lecture.

Si l'on compare ensuite les groupes Dyslexique, T1 et T2, le pourcentage de réalisations correctes des phonèmes cibles est en accord avec le niveau de lecture des différents groupes. Cependant, si l'on observe pour tous les enfants, des erreurs de voisement asymétriques (les voisées sont réalisées non-voisées et non l'inverse), elles apparaissent en nombre moins important dans le groupe Dyslexique qui montre une tendance nette à produire des fricatives bilabiales sonores [β] ou des réalisations [ɸ] pour l'occlusive bilabiale sonore [b] (11.7% et 15%). De même, la réalisation [ɹ] pour le segment [d] est nettement plus fréquente chez les sujets dyslexiques que chez les sujets T1 et T2 : 47.5% contre des pourcentages inférieurs à 10%.

La tâche « texte » permet d'observer des erreurs de voisement pour les trois groupes, des omissions pour les groupes T1 et T2, des occlusions incomplètes pour le groupe Dyslexique.

3.2 Analyse des données acoustiques

Cette analyse, en cours à l'heure actuelle, n'a concerné jusqu'à présent que les segments identifiés comme conformes au modèle ; les résultats concernant les segments sur lesquels portent les erreurs pourront être présentés lors de la conférence.

Réalisée à partir de la tâche « phrases » pour les segments correctement produits, cette étude révèle dans un premier temps que les durées de la tenue des consonnes intervocaliques [p] et [b] (C/V-V) sont de façon générale plus importantes en lecture qu'en répétition chez les sujets du groupe Dyslexique. Les durées moyennes du VOT, sont, elles, équivalentes dans les deux conditions. De même, aucune différence entre les deux conditions de production n'est à noter en ce qui concerne les durées des segments vocaliques V/-C.

Une comparaison des trois groupes Dyslexique, T1 et T2 permet d'observer que les durées de la tenue des segments [p], [b] et [d] en position intervocalique sont plus importantes pour les sujets du groupe T1, puis pour les sujets du groupe Dyslexique, enfin ceux du groupe T2 présentent les durées les plus brèves. En revanche, le groupe Dyslexique présente les durées les plus brèves pour le segment [k]. Les durées moyennes du Vot sont plus longues en lecture pour les sujets du groupe Dyslexique que pour les sujets des groupes T1 et T2. En ce qui concerne les durées des voyelles en position intervocalique V/-C, on peut remarquer une différence très nette entre les trois groupes en lecture : les sujets du groupe T1 se distinguent par des durées importantes alors que les sujets du groupe T2 se caractérisent par des durées brèves, les sujets du groupe D étant en position intermédiaire.

3.2 Analyse des données aérodynamiques

Les mesures de DAB ainsi que les mesures de Pio sont équivalentes chez les sujets du groupe Dyslexique quelle que soit la condition de production.

En revanche, la comparaison des résultats des groupes D, T1 et T2 en lecture permet de noter que ces mêmes sujets présentent par rapport aux sujets des deux groupes contrôles, des valeurs de PIO significativement moins élevées pour les segments [p] et [b].

La figure 1 illustre les particularités acoustiques et articulatoires observées chez un enfant dyslexique, en lecture de phrase, pour la séquence [padipa].

4 DISCUSSION

La dyslexie depuis sa première description en 1896, est définie comme un trouble spécifique et durable de l'acquisition du langage écrit. Pourtant on trouve dans la littérature plusieurs travaux qui mettent ce déficit en relation avec le langage oral. Ceux qui ont essentiellement

porté sur la perception de la parole ont mis en évidence un trouble subtil de la perception chez le dyslexique qui pourrait être responsable du déficit de conscience phonologique [Mor91]. Les quelques travaux menés en production de la parole [Hei96] ont pour leur part conduit à penser qu'un trouble subtil pouvait entraîner une mauvaise mise en place des processus du langage oral, ce qui conduirait à des difficultés sévères et durables dans l'acquisition de la lecture. Enfin, les travaux d'imagerie cérébrale [Pau96] ont mis en évidence le rôle de l'aire de Broca (motricité) dans des tâches silencieuses de lecture ou de manipulation phonémique, ce qui permet d'affirmer l'implication des systèmes de production dans le déficit.

L'analyse multiparamétrique des productions des sujets dyslexiques apporte des arguments supplémentaires en faveur de ces différentes données : on pourrait situer l'origine du déficit au moment de l'acquisition du langage oral puisque les erreurs de production sont plus nombreuses en répétition qu'en lecture. Ce déficit, auparavant décrit par le biais d'erreurs de type catégoriel [Noe76], est observable au niveau infra phonémique, ce qui révèle peut-être un déficit au niveau de la réalisation articulaire des segments, plus qu'au niveau de leur encodage : les erreurs concernent en effet la structure interne des consonnes, touchant de façon inter dépendante le mode ou le voisement. Par exemple le segment [b] est réalisé [p] (voisement) ou [β] (absence d'occlusion) on a donc soit une absence de voisement qui va de pair avec une occlusion correctement réalisée, soit le voisement est conservé alors que l'occlusion est incomplète. Ce phénomène est d'un point de vue articulaire explicable par des contraintes aérodynamiques : il est difficile de maintenir un différentiel de pression, entre la pression sous glottique (PSG) et la pression intra orale (PIO), nécessaire à la vibration des cordes vocales alors que l'occlusion a pour effet d'équilibrer ces deux pressions de part et d'autre de la glotte. De plus, les valeurs de PIO des segments [p] et [b], même si il s'agit de mesures effectuées sur des segments correctement réalisés, viennent confirmer cette difficulté articulaire puisqu'elles suggèrent l'existence d'une fuite potentielle.

Cette étude préliminaire des productions articulaires des enfants atteints de dyslexie développementale phonologique apporte ainsi des arguments supplémentaires en faveur de l'idée que l'origine du déficit en lecture se situerait au moment de l'acquisition du langage oral. En revanche cette étude ne permet pas de

déterminer à quel niveau se situe ce déficit : s'agit-il d'une difficulté dans la programmation articulaire, dans la coordination des gestes ou encore dans la boucle sensori-motrice (feed-back). Si ces données montrent bien l'implication, d'un point de vue causal, des systèmes de production dans la genèse du trouble, d'autres analyses articulaires complétées par une étude en perception par exemple, ou encore la mise en relation des particularités articulaires observées avec l'intensité, le degré de gravité du trouble pourraient permettre de mieux comprendre leur implication causale éventuelle.

BIBLIOGRAPHIE

- [Ale91] Alexander A.W. Andersen H.G. Heilman P.C. Voeller K Torgesen J.K. (1991), Phonological awareness training and remediations of analytic decoding deficits in a group of severe dyslexics, *Ann. Dyslexia*,41, pp. 193-206.
- [Cal89] Calliope (1989), La parole et son traitement automatique, Masson
- [hab97] Habib M. (1997), Dyslexie: le cerveau singulier, coll. Neuropsychologie, Marseille, Solal.
- [Hei96] Heilman K.M. Voeller K. & Alexander A.W. (1996), Developmental dyslexia: a motor articulatory feed-back hypothesis, *Ann. Neurologique*, 39, pp. 407-412.
- [Lec85] Lecocq P. (1985), Apprentissage de la lecture et dyslexie, Ed. Mardaga, Paris.
- [Mo81] Montgomery D. (1981), Do dyslexics have difficulty accessing articulatory information, *Psychologie Res.*, 43, pp. 235-243.
- [Mor91] Morais J. (1991), Constraint on the development of phonemic awareness, In Brady S.A. & Shankweiler D.P. (Eds), *Phonological processes in literacy, A tribute to Isabelle Y. Liberman*, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, pp. 67-83.
- [Noe76] Noël J.M. (1976), La dyslexie en pratique éducative, Ed. Doin, Paris.
- [Pau96] Paulesu E. & al. (1996), Is developmental dyslexia a disconnection syndrome? Evidence from PET scanning Language comprehension in language learning impaired children improved, *Brain*, 119, pp.143-157.

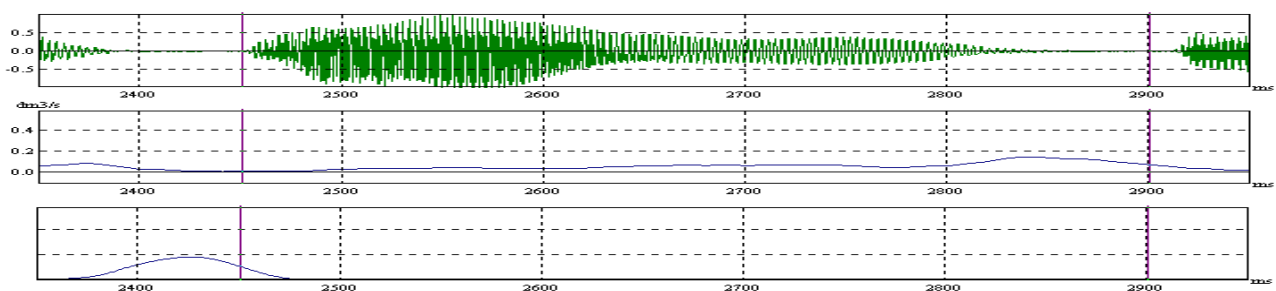


Figure 1 : signal acoustique, DAB et PIO pour la séquence [padipa] par un sujet dyslexique en lecture tâche « phrases ».