

RÉSUMÉ :

Différents types de résultats montrent l'importance des capacités phonologiques pour l'acquisition du langage écrit. La dyslexie se caractérise en général par un déficit de la voie phonologique de lecture ainsi que par différents autres troubles au niveau de la conscience phonémique, de la mémoire à court terme phonologique et de la perception de la parole. A la recherche du noyau de ces troubles phonologiques, le déficit de perception catégorielle des dyslexiques offre un intérêt particulier. Ce déficit se caractérise non seulement par une discriminabilité réduite entre phonèmes mais également par une discriminabilité accrue entre variantes d'un même phonème. Il provient donc, non pas d'une acuité perceptive réduite, mais bien d'un manque de cohérence interne des catégories phonémiques. De plus, il n'est pas de nature psychoacoustique, ni phonétique, mais bien spécifiquement phonologique. En effet, les enfants dyslexiques sont plus sensibles que les contrôles aux distinctions phonétiques universelles qui ne jouent pas de rôle lexical autonome dans la langue. Ceci suggère que la dyslexie provient d'un mode de perception "allophonique", caractérisé par l'absence de décodage phonémique. La perception allophonique offre une explication unitaire à différents types de déficits phonologiques (conscience, mémoire à court-terme, segmentation perceptive, perception catégorielle) et pourrait donc en constituer l'origine commune. Enfin, tout en ayant des conséquences limitées sur le langage oral, la perception allophonique semble avoir des répercussions importantes sur le développement du langage écrit. Elle répond ainsi parfaitement à la définition de la dyslexie et pourrait bien en constituer le noyau.

MOTS-CLÉS :

Dyslexie - Phonologie - Perception allophonique - Développement.

DYSLEXIE ET PERCEPTION PHONOLOGIQUE

par Willy SERNICLAES

SUMMARY : Dyslexia and phonological perception

Different types of results show the importance of phonological capacities for the acquisition of the written language. Dyslexia is, in most instances, characterized by a deficit of the phonological reading route and by various related troubles in phonemic awareness, phonological short-term memory and speech perception. In search of the core of these phonological troubles, the categorical perception deficit deserves special attention. This deficit is characterized by both a weaker discrimination between phonemes and a stronger discrimination between phoneme variants. It does not arise from a reduction in the discrimination performances but from a lack of internal consistency of phoneme categories. Further, it is neither psychoacoustic nor phonetic in nature but specifically phonological. Indeed, dyslexic children are more sensitive than controls to the universal phonetic distinctions that do not play a lexical role in the language. This suggests that dyslexia arises from an 'allophonic' mode of speech perception, characterized by the absence of phonemic decoding. Allophonic perception offers a single explanation to different kinds of phonological deficits (consciousness, short-term memory, perceptual segmentation, categorical perception) and it might therefore be at their common origin. Finally, though only having limited implications for the oral language, allophonic perception seems to have important implications for the development of the written language. It perfectly corresponds to the definition of dyslexia and is therefore likely to be the core deficit.

KEY-WORDS :

Dyslexia - Phonology - Allophonic perception - Développement.

Willy SERNICLAES
Chargé de Recherche
LEAPLE, UMR 3606, CNRS et
Université René Descartes (Paris 5)
Equipe Littéracie
Campus CNRS Hôpital de Villejuif
7 rue Guy Môquet, BP8, 94801
Villejuif Cedex, Paris, France
FAX: +331 49 58 38 36
Email: wsernic@tjf.cnrs.fr

IMPORTANCE DES CAPACITÉS PHONOLOGIQUES POUR L'APPRENTISSAGE DE LA LECTURE

La lecture permet de comprendre des messages codés sous forme linguistique à partir de symboles visuels. Les processus impliqués ne sont cependant pas essentiellement visuels, comme l'indiquent les recherches sur le lecteur expert*. Les recherches sur le développement cognitif de l'enfant montrent que les capacités phonologiques jouent un rôle décisif pour l'acquisition de la lecture. En ce qui concerne le français, les données recueillies au début de l'apprentissage de la lecture montrent que, en lecture à haute voix comme en écriture, les facteurs phonologiques (comme la régularité orthographique des mots) jouent un rôle beaucoup plus important que les facteurs lexicaux (comme la fréquence et la lexicalité)*. Dans une tâche de décision sémantique en lecture silencieuse, les pseudomots homophones de mots donnent lieu à plus de fausses reconnaissances que les intrus visuels qui préservent pourtant mieux la forme visuelle du mot que les pseudohomophones*. Enfin, les enfants prennent appui très tôt sur les transcriptions orthographiques des phonèmes ou "graphèmes", et non sur les lettres, ce qui suggère une mise en correspondance avec les phonèmes pour accéder au lexique. Des études longitudinales montrent que ces effets se retrouvent sur le long terme (de six ans et demi à dix ans) et que les capacités phonologiques initiales (lecture de pseudomots) sont les meilleurs prédicteurs du niveau ultérieur en lecture, y compris pour la lecture de mots irréguliers*.

Cet ensemble de résultats montre que le point de départ du processus d'acquisition consiste à greffer le traitement des caractères écrits sur les mécanismes utilisés pour la perception du langage oral. Ces mécanismes sont en général déjà bien rodés, quoique pas encore entièrement installés, aux environs de six ans, qui est l'âge traditionnellement choisi pour commencer l'apprentissage de la lecture. Ils peuvent dès lors servir de relais pour ouvrir la voie au lexique mental. Utiliser des structures existantes pour créer une nouvelle fonction participe d'un principe très général dans le développement cognitif*. Le greffage du décodage écrit sur l'oral est donc quelque chose de très naturel, qui ne devrait pas susciter de difficultés particulières. Une condition doit cependant être nécessairement remplie : les symboles écrits doivent être compatibles avec les unités utilisées pour accéder au lexique à partir des sons de la parole. Tout va donc dépendre à la fois de la nature de ces unités et de leur représentation dans le système d'écriture. La situation est simple si le système perceptif convertit les sons de la parole en phonèmes* pour accéder aux représentations lexicales et si l'apprentissage se fait dans le cadre d'un système d'écriture alphabétique transparent, dans lequel les symboles écrits, plus précisément les graphèmes**, sont en correspondance bi-univoque avec les phonèmes. Certaines théories de la perception de la parole s'accordent pour dire que l'accès lexical s'opère à l'aide d'unités phonémiques***, d'autres se fondent sur des unités plus larges comme la syllabe****. Mais admettons pour l'instant que le sujet perçoit spontanément la parole en phonèmes aux abords des six ans si le développement perceptif s'est déroulé normalement. Dans une langue avec orthographe transparente, comme l'italien p. ex., le recodage des graphèmes en phonèmes ne devrait alors pas soulever de grandes difficultés. Par contre, avec des écritures plus opaques on devrait s'attendre à plus de difficultés. De fait, plus l'orthographe est transparente, plus vite et mieux s'effectue l'apprentissage de la lecture*.

NATURE DU DÉFICIT PHONOLOGIQUE CHEZ LE DYSLEXIQUE

Mais il ne suffit pas de bénéficier d'un système d'écriture transparent pour apprendre à lire relativement facilement. Il faut également disposer d'un cerveau qui se prête à cet apprentissage. Un certain nombre d'enfants, entre 5 et 10 % de la population, selon dif-

*Pour une synthèse des études portant sur des lecteurs anglophones et francophones : Ferrand (2001) ; pour des données sur l'activation phonologique chez le lecteur expert en chinois : Perfetti et Zhang (1995)

*Sprenger-Charolles et coll. (1998a)

*Sprenger-Charolles et coll. (1998b)

*Pour une revue récente cf. Sprenger-Charolles et coll. (2003)

*Voir p.ex. Sussman et coll. (1998)

*Les phonèmes sont des unités phonologiques, les segments de parole les plus étroits permettant par combinaison de générer l'ensemble des mots d'une langue. Selon Jakobson (1973, reprenant une communication au Cercle linguistique de Prague en 1938) : « Nous délimitons les phonèmes d'une langue donnée en découpant dans la chaîne parlée les plus petites tranches phoniques susceptibles de différencier les significations des mots » (p.124).

**Le graphème est la transcription orthographique d'un phonème. Il se compose d'une ou de plusieurs lettres.

***McQueen et Cutler, 2001

****Mehler et coll., 1981 ; Klatt, 1979

*Pour une synthèse des comparaisons interlinguistiques voir Sprenger-Charolles (2003)

*Yule, Rutter, Berger et Thompson (1974)
**Sprenger-Charolles et coll. (2000)
***Shaywitz (1998)

*Rack et coll. (1992) ; Van Ijzendoorn, et coll., 1994 ; Sprenger-Charolles et Serniclaes, 2003.

*Pour une revue voir: Habib, Robichon, Démonet, 1996; Démonet, Taylor et Chaix, in press.
**Paulesu et coll., 2001.
***Paulesu et coll., 2001.
*Boatman, et coll. (1997).

*Reed, 1989; Masterson et coll., 1995; Mody et coll., 1997; Adlard et Hazan, 1998.

*Godfrey, et coll. 1981; Brandt et Rosen, 1981; Werker et Tees, 1987; Reed, 1989; Manis et coll., 1997; Joanisse et coll. 2000; Bogliotti, 2003.

**Godfrey, et coll. 1981; Brandt et Rosen, 1981; Werker et Tees, 1987; De Weirtdt, 1988; Reed, 1989; Serniclaes et coll., 2001; Bogliotti, 2003.

***Lieberman et coll., 1957.

*Le VOT (Voice Onset Time cf. Lisker et Abramson, 1964), principal indice acoustique de voisement, est l'intervalle de temps entre la détente de l'occlusion orale et le départ des vibrations laryngées (ou départ de la "voix"). Le VOT est respectivement négatif ou positif selon que le départ de la voix précède ou suit la détente.

**Bogliotti (2003)

*Boatman et coll. (1997)

**voir pour une revue: Serniclaes et Sprenger-Charolles (2003).

férentes études, transversales* ou longitudinales, ces dernières en français** ou en anglais***, rencontrent des difficultés spécifiques pour apprendre à lire et ce quel que soit le degré de transparence du système d'écriture. Ceux qui parmi ces sujets peuvent être qualifiés de dyslexiques, en raison d'un retard de lecture important et persistant, présentent un certain nombre de caractéristiques comportementales et neurologiques. C'est dans la plupart des cas la procédure phonologique de lecture, celle qui permet de lire des mots nouveaux, qui est déficitaire chez ces sujets, ce déficit étant sévère puisqu'il ressort y compris par rapport à des enfants plus jeunes qu'eux mais de même niveau de lecture*. Les dyslexiques présentent également des spécificités neuro-anatomiques et leur déficit phonologique se manifeste dans les données de neuro-imagerie, notamment par une activation plus faible dans des zones postérieures de l'hémisphère gauche lors de tâches de lecture*,**. Bien que le déficit des dyslexiques adultes soit plus ou moins prononcé selon le degré d'opacité du système d'écriture***, le dysfonctionnement neural est présent indépendamment du système. Le lobe temporal gauche est connu pour être le siège de processus de perception de la parole, en particulier dans la perception des consonnes*. Ceci va dans le sens des résultats de recherches basées sur des données comportementales qui montrent que les dyslexiques présentent, sinon des troubles, du moins des spécificités dans le traitement du langage oral.

Par rapport aux normolecteurs de même âge, les enfants dyslexiques présentent un déficit dans la discrimination de phonèmes. Les tests de paires minimales montrent que les dyslexiques commettent plus d'erreurs que les contrôles et ce de manière assez systématique* même si les différences ne sont pas toujours significatives. D'autres études montrent que les dyslexiques présentent également un déficit de Perception Catégorielle (PC) des phonèmes, et ce à partir de données d'identification* et de discrimination**. La perception est catégorielle lorsque seules les différences entre phonèmes sont discriminables et non les variantes acoustiques d'un même phonème***. Avant de voir en quoi consiste le déficit de PC des dyslexiques, il convient d'insister sur le fait que ce dernier n'est pas réductible au déficit de discrimination phonémique. Les phonèmes peuvent être parfaitement discriminables sans perception catégorielle, car la discriminabilité entre phonèmes ne permet pas de préjuger de l'absence de discriminabilité entre les variantes des phonèmes. Un enfant peut donc fort bien réussir un test de discrimination de paires minimales de phonèmes sans pour autant avoir de perception catégorielle dans la mesure où il montrerait également de bonnes performances de discrimination des allophones.

DÉFICIT DE PERCEPTION CATÉGORIELLE DES DYSLEXIQUES

La figure 1 fournit un exemple de différence de PC entre enfants dyslexiques et normolecteurs de même âge chronologique pour un continuum de voisement, dont les extrêmes sont perçus comme étant majoritairement /do/ ou /to/, et qui a été obtenu par modifications sélectives du VOT* en partant de syllabes naturelles**. La frontière phonémique correspond au VOT qui recueille 50 % de réponses /do/ et /to/. Elle se situe aux environs de 15 à 20 ms VOT pour les deux groupes d'enfants (figure 1a). On remarquera cependant que la pente de la fonction d'identification est plus faible pour les dyslexiques, c'est-à-dire que l'accroissement du score d'identification est plus faible pour la même différence de VOT, ce qui montre que la frontière est moins précise pour ces enfants. La précision de la frontière a été utilisée comme critère de PC dans différents travaux sur la dyslexie*,**. Plus la frontière est précise, moins les différences entre stimuli sur le même versant de la frontière seront discriminables et donc plus la perception sera catégorielle.

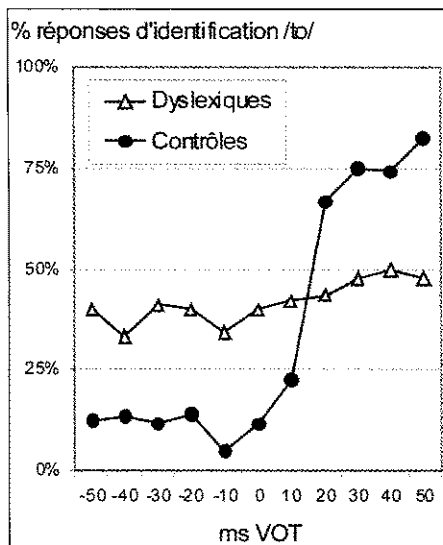


Figure 1a

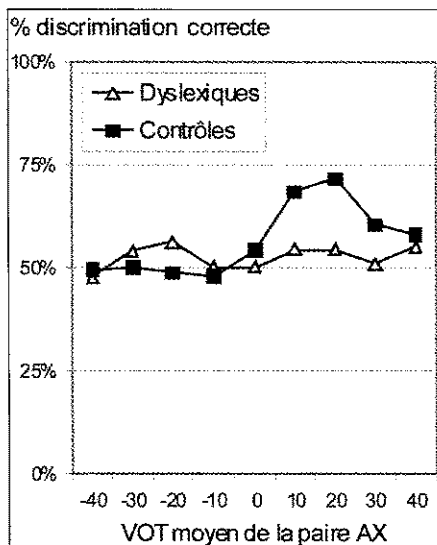


Figure 1b

Réponses d'identification (Figure 1a) et de discrimination (Figure 1b) d'enfants dyslexiques (avec un retard de lecture d'au moins 18 mois) et de contrôles normolecteurs de même âge chronologique (10 ans) à des stimuli variant le long d'un continuum VOT dont les extrémités correspondent aux syllabes /do/ (-50 ms) et /to/ (+50 ms). Les scores d'identification sont exprimés en pourcentages de réponses non-voisées (/to/). Les scores de discrimination sont exprimés en pourcentages de réponses correctes "même-différent". La fonction de discrimination des dyslexiques présente deux pics de discrimination, l'un situé à la frontière phonémique (vers +15 ms VOT) l'autre au voisinage d'une frontière allophonique (entre -30 ms et -20 ms VOT)*.

*Adapté de Bogliotti, 2003

La précision de la frontière n'est cependant pas le seul déterminant de la perception catégorielle. Celle-ci dépend également de facteurs non-phonémiques, notamment de la perceptibilité des différences acoustiques entre stimuli. Deux stimuli qui reçoivent exactement le même score d'identification ne sont généralement pas totalement indiscernables et leur degré de discriminabilité est également lié à la dyslexie. On peut obtenir une mesure globale de la PC, incluant à la fois les effets de précision de frontière phonémique et de discriminabilité infra-phonémique, en recueillant des réponses de discrimination. La PC peut alors être définie par l'écart entre le score de discrimination inter-catégoriel, correspondant à la paire de stimuli qui chevauche la frontière phonémique, et la moyenne des scores intra-catégoriels, ou "effet de frontière phonémique". L'examen de données de discrimination (Figure 1b), recueillies sur le même continuum VOT /do-to/ déjà utilisé pour les données d'identification présentées plus haut (Figure 1a) montre que les enfants dyslexiques se caractérisent par un effet de frontière phonémique plus faible, qui se dénote par un pic de discrimination moins élevé au voisinage de la frontière phonémique (paires avec VOT moyens de +10 et +20 ms).

Le déficit de perception catégorielle des dyslexiques est fiable pourvu que l'on se place dans des conditions méthodologiques appropriées. En effet, ce déficit se retrouve régulièrement dans les travaux consacrés à ce sujet pour autant que les performances de perception catégorielle des contrôles ne soient ni optimales (effet "plafond") ni extrêmement faibles (effet "plancher"). Dans les études basées sur les scores de discrimination*, le déficit de perception catégorielle était systématiquement présent dans ces conditions bien qu'il n'ait pas toujours été testé, et qu'il soit parfois marginalement significatif*. Par contre, ce déficit n'était pas toujours présent dans les expériences d'identification, et il n'a parfois été trouvé que pour les sous-groupes de dyslexiques les plus sévèrement atteints avec des déficits associés en langage oral. Notons à ce propos que, même avec des données de discrimination qui donnent pourtant une mesure plus globale et donc plus robuste du degré de PC, le déficit de PC n'a été mis en évidence que pour les comparai-

*Reed, 1989 ; Masterson et coll., 1995 ; Mody et coll., 1997 ; Alard et Hazan, 1998

*Le VOT (Voice Onset Time cf. Lisker et Abramson, 1964), principal indice acoustique de voisement, est l'intervalle de temps entre la détente de l'occlusion orale et le départ des vibrations laryngées (ou départ de la "voix"). Le VOT est respectivement négatif ou positif selon que le départ de la voix précède ou suit la détente.

*Manis et coll., 1997; Joanisse et coll. 2000.
 **Benoist, 2002; Boissel Dombreval et Bouteilly, 2003.

sons entre dyslexiques et contrôles de même âge chronologique. Les études visant à comparer les dyslexiques avec des enfants plus jeunes mais de même âge de lecture ont toutes jusqu'à présent abouti à des résultats négatifs, qu'il s'agisse de réponses d'identification* ou de discrimination**.

En résumé, le déficit de PC se retrouve systématiquement dans les études sur la dyslexie développementale pour autant que les conditions méthodologiques soient optimales (données de discrimination sans saturation des fonctions, cf. supra : performances ni optimales, ni extrêmement faibles), mais seulement par rapport à des contrôles d'âge chronologique, les quelques comparaisons avec des contrôles de même âge lecture s'étant jusqu'ici révélées négatives.

ARGUMENTS EN FAVEUR D'UN DÉFICIT DE PERCEPTION PHONOLOGIQUE

Le déficit de PC des dyslexiques ne se caractérise pas seulement par une diminution de la discriminabilité inter-catégorielle mais également dans un *accroissement* de la discriminabilité intra-catégorielle (Figure 1). Le fait que les dyslexiques discriminent mieux les différences acoustiques intra-phonémiques mérite une attention particulière car il montre que le déficit provient, non pas d'une acuité perceptive réduite, mais bien d'un manque de cohérence interne des catégories. Le problème ne se situe donc pas au niveau de la précision des processus d'extraction d'indices acoustiques mais bien dans leur utilisation à des fins cognitives. La question qui se pose dès lors est de comprendre en quoi ce fonctionnement cognitif particulier peut expliquer des difficultés spécifiques de lecture, sans cependant avoir de conséquences manifestes sur le développement du langage oral.

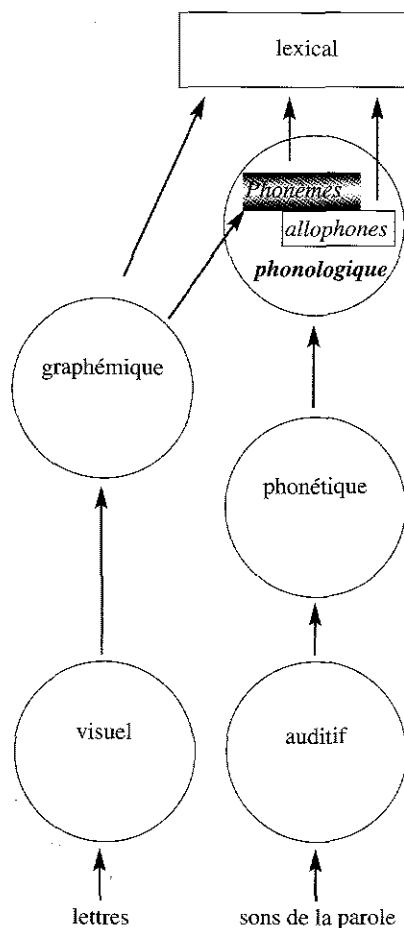


Figure 2. Modèle de perception du langage écrit (à gauche) et oral (à droite). L'utilisation d'unités allophoniques plutôt que phonémiques au cours de l'étape de traitement phonologique entraverait le développement du langage écrit sans répercussions importantes sur le langage oral.

On peut fournir des éléments de réponse à cette question en examinant les différentes étapes de la perception de la parole (figure 2). Le modèle générique de la perception de la parole comporte trois étapes : auditive, pour l'extraction d'indices complexes (comme les formants, le VOT,...); phonétique, pour l'extraction de traits universels (comme le lieu d'articulation, le voisement,...), indépendants de la langue ; phonologique, pour l'extraction de traits spécifiques à la langue*. L'étape phonologique se situant au terme du processus, le déficit du dyslexique ne se situe pas nécessairement à ce niveau. Il pourrait provenir d'effets en cascade à partir des niveaux psychoacoustique et phonétique, situés en amont. Mais, tout en n'étant pas exclus, des déficits à ces niveaux seraient assez difficiles à concilier avec l'absence de difficultés manifestes dans le traitement du langage oral. De plus, il y a des raisons spécifiques pour écarter chacun de ces deux déficits.

L'hypothèse d'un déficit spécifiquement psychoacoustique peut être écartée pour deux raisons. D'une part, ce déficit s'est révélé être plus faible voire absent avec des stimuli qui ne sont pas perçus comme de la parole*. D'autre part, le déficit psychoacoustique est peu fiable par rapport au déficit phonologique*.

*Serniclaes (2000).

*Mody et coll., 1997 ; Serniclaes et coll., 2001.

*Ramus et coll., 2003.

DÉFICIT PHONÉTIQUE OU PHONOLOGIQUE ?

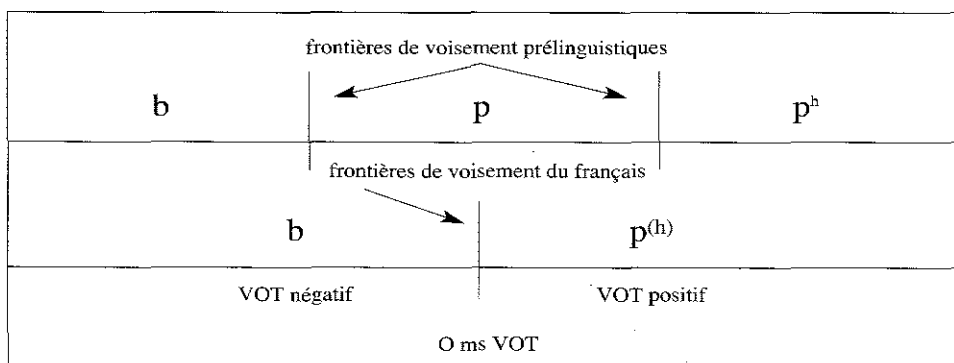
Le cœur du déficit n'étant visiblement pas de nature psychoacoustique, il doit se situer à l'un des deux niveaux de traitement linguistique : phonétique ou phonologique. On peut séparer expérimentalement ces deux niveaux en exploitant la différence entre, d'une part, des frontières perceptives phonologiques, mises en évidence chez l'adulte ou l'enfant au terme du développement linguistique, et, d'autre part, des frontières phonétiques universelles. Ces dernières sont indépendantes de la langue, et elles ont été mises en évidence en recueillant des réponses de discrimination chez l'enfant péri-linguistique*. La sensibilité à ces frontières, qui est déjà présente à la naissance, est révélatrice de prédispositions pour percevoir les traits susceptibles de contribuer à des distinctions lexicales dans l'une des multiples langues du monde. L'exposition à la langue maternelle a pour conséquence d'activer les prédispositions qui sont fonctionnelles pour cette langue et de désactiver les autres, et ce entre l'âge de 6 à 12 mois*. Il s'agit bien d'une désactivation fonctionnelle, ou autrement dit d'une "mise en veilleuse", et non pas d'une extinction neurale car la sensibilité aux frontières phonétiques non pertinentes dans la langue peut être mise en évidence dans certaines conditions chez les sujets adultes*. Par exemple, la distinction entre occlusives apicales et rétroflexes, qui est phonémique dans certaines langues (p. ex. en ourdou), est perceptible dans les langues où elle n'est pas phonémique (p. ex. en anglais) à condition que les stimuli de la paire minimale se succèdent de manière très rapide. Enfin, le recodage phonologique ne se limite pas à désactiver certaines prédispositions mais il s'accompagne également de COUPLAGES entre prédispositions*.

*pour une revue voir Hallé, 2000.

*Werker et Tees, 1984a.

*Werker et Tees, 1984b.

*Serniclaes, 1987.



Frontières perceptives entre catégories de voisement chez les enfants pré-linguistiques (en haut) et en français (en bas). Les frontières pré-linguistiques sont prévues pour percevoir les trois catégories potentielles dans les langues du monde (voisée comme pour /b/, non-voisée pour /p/ et aspirée pour /p^h/). Le français comporte seulement deux catégories de voisement (voisée et non-voisée légèrement aspirée) et qui ne recouvrent pas les catégories pré-établies, ce qui nécessite un couplage entre prédispositions pour obtenir la frontière perceptive adéquate.

*Abramson et Lisker, 1970.

*Aslin et coll., 1981; Lasky, Syrdal-Lasky, Klein, 1975.

*Aslin et coll., 1981; Lasky, Syrdal-Lasky, Klein, 1975.

*Coltheart et coll., 2001.

Un exemple de couplage est fourni par la perception du trait de voisement en français. Il y a trois catégories de voisement possibles dans les langues du monde, séparées par deux frontières perceptives de VOT, l'une vers -30 ms VOT et l'autre vers $+30$ ms* (figure 3). La frontière de VOT négatif correspond à la distinction classique de "voisement", la frontière de VOT positif à celle "d'aspiration". Différents travaux suggèrent que l'enfant péri-linguistique est sensible à ces deux frontières*. En français, où il n'y a que deux catégories de voisement, la frontière phonémique ne correspond pas aux frontières phonétiques mises en évidence chez le nourrisson. Elle se localise au voisinage de 0 ms VOT, ce qui vient du fait que les catégories de voisement présentes en français tendent à occuper la région de VOT laissée vacante par la troisième catégorie potentielle. Il faut bien voir que cette frontière, tout en répondant aux besoins de la langue, se situe à l'intérieur de l'une des catégories pré-établies et qu'elle a donc nécessité une modification profonde des processus de catégorisation au cours du développement perceptif. Cette frontière semble provenir d'un couplage entre les prédispositions à percevoir les oppositions de voisement et d'aspiration de manière catégorielle (figure 3). En effet, l'enfant péri-linguistique n'est pas sensible à cette frontière avant l'âge de 6 mois environ, même en milieu hispanophone où les catégories de voisement sont semblables au français*. La frontière de 0 ms doit donc être dérivée à partir des deux autres prédispositions par intégration ou "couplage" (ou encore "attraction" pour reprendre la terminologie connexionniste*).

Les couplages phonologiques ont un intérêt fonctionnel évident car ils génèrent des unités plus invariantes. Par exemple, la distinction de voisement est plus facile à produire dans certains contextes phonétiques (p. ex., avec des consonnes labiales devant des voyelles antérieures), celle d'aspiration dans d'autres contextes (p. ex., avec des consonnes palato-vélaires devant des voyelles fermées). Le couplage entre les deux distinctions permet de mettre l'emphase sur l'une ou l'autre distinction pour produire le même trait phonologique avec la même facilité dans différents contextes et donc de réduire les risques d'erreur de prononciation. Ces variations contextuelles correspondent aux cas classiques d'allophonie dans les contextes les plus favorables à la production de l'un ou l'autre trait. Le couplage ne se limite cependant pas à des distributions complémentaires de traits à travers les différents contextes phonétiques, ce qui est la définition de l'allophonie. Il se caractérise également par l'intégration des traits au sein de chaque contexte avec des pondérations qui dépendent des contraintes imposées par le contexte sur la production de chacun des traits (plus le voisement est facile à produire au détriment de l'aspiration, plus sa pondération relative sera élevée). Le couplage offre donc l'avantage d'une plus grande flexibilité dans la production et, par voie de conséquence, une plus grande invariance dans la perception. Mais l'acquisition du couplage au cours du développement perceptif se fait au prix d'une refonte complète de processus cognitifs mis en évidence chez l'enfant péri-linguistique.

ORIGINE PROBABLE DU DÉFICIT PHONOLOGIQUE AU COURS DU DÉVELOPPEMENT PERCEPTIF

Il serait étonnant que des modifications aussi profondes se déroulent toujours sans problèmes. On doit donc s'attendre à des déficits de couplage. Et ce particulièrement chez les enfants dyslexiques dont on sait qu'ils présentent un déficit de perception catégorielle. Nous avons apporté un début de preuve à l'hypothèse que le déficit de perception catégorielle du dyslexique trouve son origine dans l'absence de couplage phonologique, ou du moins dans un degré de couplage plus faible que celui des normolecteurs. Deux recherches indépendantes montrent en effet que des enfants présentant des retards de lecture sont plus sensibles que des contrôles de même âge à une frontière phonétique différente de la frontière phonémique. Les résultats d'une de ces deux études, réalisée avec des dyslexiques de 10 ans et des contrôles de même âge chronologique*, sont ceux présentés dans la Figure 1. On voit que les dyslexiques présentent un léger pic de discrimi-

*Bogliotti, 2003

nation au voisinage de - 30 ms à - 20 ms VOT, ce qui correspond approximativement à l'une des deux frontières phonétiques universelles. La seconde étude, réalisée avec des dyslexiques et contrôles de 9 ans, a permis de mettre en évidence un pic de discrimination à - 30 ms (figure 4).

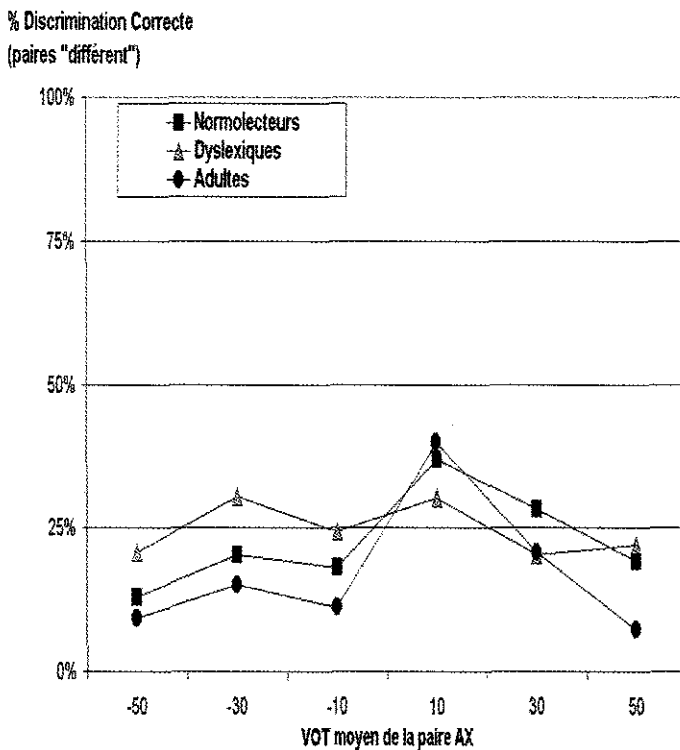


Figure 4. Réponses de discrimination d'enfants dyslexiques (avec un retard de lecture d'au moins 18 mois), de contrôles normolecteurs de même âge chronologique (9 ans) et de normolecteurs adultes à des stimuli variant le long de différents continua VOT dont les extrémités correspondent à des consonnes voisées (-60 ms) et non-voisées (+60 ms). Les valeurs d'abscisse correspondent aux VOT moyens des stimuli composant la paire AX (p. ex. - 50 ms pour des composants de - 60 et - 40 ms). Les scores de discrimination sont exprimés en pourcentages de réponses correctes "différent", seules les réponses aux paires de stimuli différents étant considérées ici, et ce contrairement à l'échelle de réponse choisie dans la Figure 1. La fonction de discrimination des dyslexiques présente deux pics de discrimination d'amplitude équivalente, l'un situé à la frontière phonémique (vers +10 ms VOT) l'autre à une frontière allophonique (-30 ms VOT). Ce second pic de discrimination est plus faible pour les enfants contrôles et encore plus faible pour les adultes*.

*Serniclaes et coll., soumis

IMPLICATION DU DÉFICIT DE COUPLAGE PHONOLOGIQUE : LA PERCEPTION ALLOPHONIQUE.

L'intérêt de ces résultats est qu'ils suggèrent que les dyslexiques présentent un déficit de couplage phonologique. Le développement phonologique se limiterait chez ces enfants à sélectionner les prédispositions phonétiques pertinentes dans la langue maternelle sans pour autant procéder aux couplages entre celles qui parmi ces prédispositions sont en redondance allophonique. Ce mode de perception peut être qualifié d'*allophonique* car se fonde sur des distinctions qui ne jouent normalement pas de rôle lexical autonome dans la langue du sujet.

Comme le couplage entre traits allophoniques permet d'optimiser le rapport entre flexibilité articulatoire et invariance perceptive (cf. supra), l'absence de couplage ne devrait pas être sans conséquences pour la communication parlée. La dépense d'énergie articulatoire devrait être plus élevée pour obtenir le même degré de clarté et le décodage perceptif devrait être plus dense en termes de quantité d'informations à traiter. La charge cognitive mise en œuvre serait donc plus lourde et davantage exposée aux effets de fatigue. Mais de tels effets sont probablement assez subtils et ils ne porteraient pas gravement à conséquence pour le développement du langage oral.

La perception allophonique semble correspondre à une étape du développement perceptif normal puisque le déficit de PC se retrouve également chez des enfants plus jeunes mais de même âge de lecture. Il s'agirait donc d'un retard développemental plutôt que d'une déviance et qui, tout en ayant des conséquences limitées sur le langage oral, a des répercussions importantes sur le langage écrit. Remarquons à ce propos que la présence d'un retard au début du développement de la lecture peut avoir des conséquences difficilement récupérables dans la mesure où il contribue à mettre en place un mode de lecture inapproprié.

RELATION ENTRE LA PERCEPTION ALLOPHONIQUE ET AUTRES DÉFICITS PHONOLOGIQUES

La perception allophonique a des implications évidentes pour la *conscience phonologique*, dont on sait qu'elle est déficitaire chez les dyslexiques*. Le sujet ne peut en effet avoir accès à des unités, en l'occurrence les phonèmes, qui n'existent pas dans son module de décodage phonologique. La contribution de la perception allophonique déficitaire en *mémoire à court terme phonologique***, est tout aussi évidente. En effet, le nombre d'unités de décodage est beaucoup plus élevé avec un système perceptif qui se fonde sur les allophones au lieu des phonèmes, et la charge en mémoire à court terme phonologique est donc plus lourde. Enfin, la perception phonologique pourrait également expliquer le déficit de *segmentation perceptive* des dyslexiques. Ce déficit a été mis en évidence en étudiant l'effet perceptif de l'allongement temporel d'une transition de formants dans des séquences vocaliques de type /ai/. L'allongement de la transition engendre des percepts tri-vocaliques (de type /aei/) tant chez les normolecteurs que chez les dyslexiques mais le seuil de perception de trois voyelles est plus long pour les dyslexiques* (figure 5). Ce dernier résultat suggère que l'accumulation d'information quant à la présence de plus de deux catégories s'opère plus lentement chez les dyslexiques. La perception allophonique peut expliquer ce résultat par le fait qu'avec un répertoire de voyelles plus dense entre /a/ et /i/, car incluant des catégories allophoniques, chaque voyelle occupe une région plus étroite de l'espace formantique et qui est dès lors traversée plus rapidement par la transition. Celle-ci devrait dès lors être allongée davantage pour que la quantité d'information présente dans l'une de ces régions franchisse le seuil de perceptibilité. Cette explication reçoit un début de confirmation dans le fait que les séquences /aei/ sont *mieux* perceptibles aux durées brèves chez les dyslexiques par rapport aux contrôles (figure 5). En effet, avec davantage de catégories la probabilité de détecter l'une d'entre elles est plus élevée lorsque la détectabilité est relativement faible, ce qui est le cas aux durées brèves.

En somme, la perception allophonique offre une explication unitaire à différents types de déficits phonologiques (conscience, mémoire à court-terme, segmentation perceptive, perception catégorielle) et pourrait donc en constituer l'origine commune.

*Lieberman et coll., 1974; Morais et coll., 1987; Brady et Shankweiler, 1991; Ramus, et coll., 2003.

*Lieberman et coll., 1982; Brady et coll., 1983; Mann et Liberman, 1984; Wagner, et coll., 1994.

**Il semble bien s'agir d'un déficit phonologique comme le suggèrent les indicateurs neurologiques (Démonet et coll., 1996).

*Messaoud-Galusi et Sprenger-Charolles, 2003.

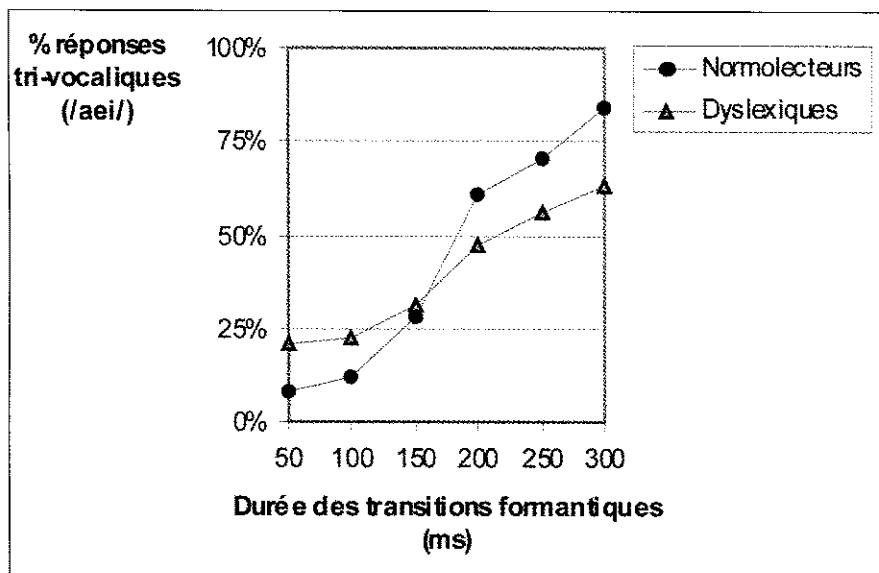


Figure 5. Réponses d'identification (pourcentages de réponses tri-vocaliques /aei/) d'enfants dyslexiques (avec un retard de lecture d'au moins 24 mois) et de contrôles normolecteurs de même âge chronologique (13 ans) à des stimuli variant le long d'un continuum de durée de transitions formantiques (F1, F2 et F3) dont les extrémités correspondent aux percepts bi-vocaliques (/ai/, transitions de 50 ms) et tri-vocaliques (/aei/, transitions de 300 ms). (adapté de Messaoud-Galusi et Sprenger-Charolles, 2003). On voit que le seuil de perception (50 % de réponses) de trois voyelles est plus long pour les dyslexiques (230 au lieu de 195 ms), ce qui peut s'expliquer par un répertoire de catégories plus dense entre /a/ et /i/.

IMPLICATIONS DE LA PERCEPTION ALLOPHONIQUE POUR L'ACQUISITION DU LANGAGE ÉCRIT

Afin de bien situer les implications probables de l'absence de perception phonologique sur l'acquisition de la lecture (et de l'écriture), il faut d'abord voir en quoi le fait de disposer de ce niveau de perception peut conditionner le développement du langage écrit. Pour ce faire, admettons d'abord que la perception phonologique opère par décodage en phonèmes. Nous verrons plus loin que cette hypothèse ne met pas en cause l'essentiel des conclusions auxquelles nous allons parvenir. L'utilisation d'un code phonémique pour accéder au lexique à partir du signal de parole est particulièrement propice au greffage du décodage écrit sur les processus de perception du langage oral, du moins dans les systèmes d'écriture alphabétique. La mise en place de règles de conversion graphèmes-phonèmes peut en effet alors s'opérer assez facilement sur la base des correspondances entre ces deux types d'unités, les phonèmes étant associés aux graphèmes par effet de boucle rétroactive lors de la lecture à voix haute. Avec, comme nous l'avons indiqué au début de cet article, des gradients de difficultés qui dépendront de la transparence du système alphabétique considéré. Ceci pour le début de l'apprentissage de la lecture et il y a consensus sur ce point entre les différentes théories.

Le développement ultérieur est plus controversé. L'hypothèse la plus simple dit que le décodage du langage écrit se détache progressivement de celui du langage oral en « court-circuitant » le recodage phonologique pour procéder par accès direct au lexique à partir des symboles écrits. C'est ce que dit le modèle « à double voie » : phonologique d'abord, orthographique ensuite*. Un certain nombre de données suggère cependant que la phonologie reste en quelque sorte « incrustée » dans les processus de lecture, même chez l'adulte*. Aussi, selon d'autres modèles dits « connexionnistes », le développement ultérieur de la lecture consiste à fusionner les régularités phonologiques avec celles présentes

*Coltheart et coll., 2001.

*Plaut et coll., 1996; Harm et Seidenberg, 1999.

*Les traits distinctifs sont des oppositions élémentaires entre sons de la parole permettant par combinaison de générer l'ensemble des mots d'une langue (Jakobson et coll., 1952).

*pour une revue récente cf. Sprenger-Charolles et coll. (2003)

dans le langage écrit. Ce dernier est, dans les écritures alphabétiques, le dépositaire de la structure phonologique de la langue, passée et présente. Il correspond peut-être aussi à une forme de phonologie particulière basée sur un codage en phonèmes. Ceci nous ramène à l'hypothèse du phonème en tant qu'unité de codage spontanée de la perception phonologique. Si cette hypothèse devait être réfutée, l'alternative la plus simple serait que la segmentation phonémique se développe lors de l'apprentissage de la lecture et de l'écriture. Ceci ne rend pas forcément le modèle de développement beaucoup plus compliqué. Il y a en effet un consensus assez général pour admettre que, même si la perception de la parole ne procède pas directement par découpage en segments phonèmes, elle se fonde sur des unités sub-segmentales appelées "traits distinctifs"*. Or ces derniers pourraient assez facilement s'agglutiner en phonèmes même si le sujet ne les utilise pas spontanément pour percevoir la parole. A une condition cependant : les traits impliqués doivent être spécifiquement phonémiques et non pas allophoniques. A défaut, le sujet ne disposera pas de représentation unitaire des traits dans les différentes syllabes et ne pourra pas (facilement) faire le "saut" entre unités syllabiques et phonémiques.

Même si le mode d'intégration entre unités phonologiques et graphiques n'est pas encore connu avec précision, les recherches montrent clairement que la médiation phonologique joue un rôle critique dans le développement précoce de l'écriture et de la lecture, ainsi que nous l'avons vu plus haut*. L'intégration grapho-phonologique se fera d'autant plus facilement que les correspondances entre les unités des deux domaines se rapprochent de correspondances bi-univoques. L'absence de couplage phonétique entre prédispositions phonétiques constitue de ce point de vue un facteur de complexité considérable car elle hypothèque la formation de relations grapho-phonémiques. Et ce, même dans un système alphabétique complètement transparent, car chaque graphème devra être associé à plusieurs unités différentes, de nature allophonique (figure 6).

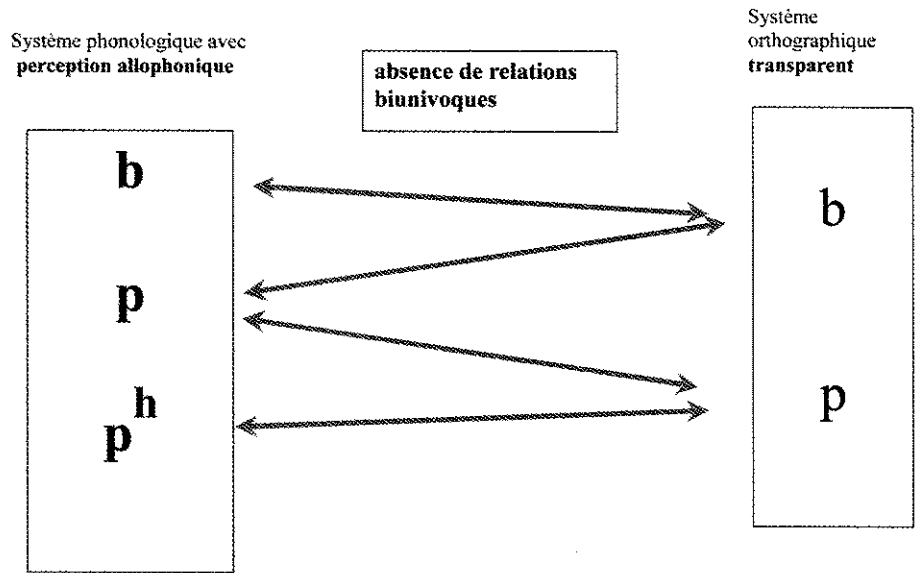


Figure 6. Le mode de perception allophonique, résultant de l'absence de couplage entre prédispositions, génère des relations non-biunivoques entre les unités du langage (allophones) oral et celles du langage écrit (graphèmes) et ce même dans un système orthographique entièrement transparent.

Ceci devrait engendrer des difficultés voire des problèmes importants, similaires à ceux que rencontrent les dyslexiques, dans l'apprentissage de la lecture. Les résultats de simulations connexionnistes tendent à confirmer cette hypothèse. Lors d'une simulation basée

sur le développement d'une phonologie à partir du langage écrit, on a pu montrer que le succès de l'apprentissage de la lecture dépend de la formation de couplages, ou « attraction » dans la terminologie connexionniste, entre traits phonétiques*. Dans la mesure où les dyslexiques présentent effectivement un déficit de couplage, les résultats de ces simulations suggèrent que ce déficit est effectivement à l'origine de leurs difficultés de lecture. Enfin, si le déficit de couplage phonologique a des implications directes pour l'acquisition du langage écrit, il n'a pas d'implications évidentes pour le développement du langage oral. Il répond ainsi parfaitement à la définition de la dyslexie et pourrait bien en constituer le noyau.

CONCLUSION

En conclusion, des résultats convergents suggèrent que les dyslexiques présentent un déficit de perception catégorielle des sons de la parole, qui se caractérise par une meilleure discriminabilité des différences allophoniques. La perception allophonique semble trouver son origine dans un déficit de couplage entre prédispositions phonétiques au cours du développement du langage oral. Tout en étant probablement sans conséquence majeure pour la communication parlée, la perception allophonique a vraisemblablement des implications importantes pour l'acquisition du langage écrit et elle pourrait expliquer différents autres déficits phonologiques liés à la dyslexie. Des recherches en cours devraient permettre de préciser les relations de cause à effet entre perception allophonique et difficultés spécifiques de lecture.

BIBLIOGRAPHIE

- ABRAMSON, A.S., LISKER, L. (1970). Discriminability along the voice onset time continuum: cross-language tests. In B. Hala, M. Romportl, P. Janota, P. (Eds.), *Proceedings of the 6th International Congress of Phonetic Sciences*. (pp.569-573). Prague: Academia.
- ADLARD, A., HAZAN, V. (1998). Speech perception in children with specific reading difficulties (Dyslexia). *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51a, 153-177.
- ASLIN, R.N., PISONI, D.B., HENNESSY, B.L., PERREY, A.V. (1981). Discrimination of voice onset time by human infants: New findings and implications for the effect of early experience. *Child Development*, 52, 1135-1145.
- BENOIST, L. (2002). *Une expérience de perception catégorielle de sons de parole chez des sujets dyslexiques*. Maîtrise de Psychologie. UFR LLSH. Laboratoire de Psychologie Expérimentale. Université de Savoie (Chambéry).
- BOATMAN, D., HALL, C., GOLDSTEIN, M. H., LESSER, R., GORDON, B. (1997). Neuroperceptual differences in consonant and vowel discrimination: as revealed by direct cortical electrical interference. *Cortex*, 33, 83-98.
- BOGLIOTTI, C. (2003). Relation between categorical perception of speech and reading acquisition. *15th International Congress of Phonetic Sciences*, Barcelona, August 2003, 885-888.
- BOISSEL DOMBREVAL, M., BOUTELLY, H., (2003). *Comparaison des performances de perception catégorielle de dyslexiques avec des contrôles de même âge chronologique et de même niveau de lecture*. Mémoire pour le certificat de capacité d'orthophoniste. UFR La Pitié-Salpêtrière. Université Paris 6.
- BRADY, S.A., SHANKWEILER, D. (1991). *Phonological processes in literacy*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- BRADY, S. A., SHANKWEILER, D., MANN, V. A. (1983). Speech perception and memory coding in relation to reading ability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 35, 345-367.
- BRANDT, J., ROSEN, J.-J. (1980). Auditory Phonemic Perception in Dyslexia: Categorical Identification and discrimination of stop consonants. *Brain and Language*, 9, 324-337.
- COLTHEART, M., RASTLE K., PERRY C., LANGDON, R., ZIEGLER, J. (2001). DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108, 204-256.
- DÉMONET, J.-F., FIETZ, J.A., PAULESU, E., PETERSEN, S.E., ZATORRE, R.J. (1996). PET studies of phonological processing: A critical reply to Poeppel. *Brain and Language*, 28, 352-385.
- DÉMONET, J.-F., TAYLOR, M. J., CHAIX, Y. (in press). "Developmental dyslexia" *The Lancet*.
- DE WEIRD, W. (1988) Speech perception and frequency discrimination in good and poor readers. *Applied Psycholinguistics*, 9, 163-183.
- FERRAND, L. (2001). *Cognition et Lecture. Processus de base de la reconnaissance des mots écrits chez l'adulte*. Bruxelles: De Boeck Université.
- GODFREY, J.-J., SYRDAL-LASKY, A.K., MILLAY K.K., KNOX, C.M. (1981). Performance of dyslexic children on speech perception tests. *Journal of Experimental Child Psychology*, 32, 401-424.
- HABIB, M., ROBICHON, F., DÉMONET, J.-F. (1996). Le singulier cerveau des dyslexiques. *La Recherche*, 289, 80-85.
- HALLÉ, P. (2000). Acquisition du langage chez l'enfant. In R. Escudier J-L. Schwartz (Eds.), *La Parole, des Modèles Cognitifs aux Machines Communicantes* (pp. 327-346). Paris: Hermès.

- HARM, M.W., SEIDENBERG, M.S. (1999). Phonology, Reading Acquisition, and Dyslexia: Insights from connectionist models. *Psychological Review*, 196, 491-528.
- JAKOBSON, R. (1973). Observations sur le classement phonologique des consonnes. In R. Jakobson (Ed.), *Essais de Linguistique Générale* (123-130). Paris: Éditions de Minuit.
- JAKOBSON, R., FANT, G., HALLE, M. (1952). *Preliminaries to speech analysis. The distinctive features and their correlates*. Cambridge Mass.: M.I.T. Press.
- JOANISSE, M. F., MANIS, F. R., KEATING, P., SEIDENBERG, M. S. (2000). Language deficits in dyslexic children: Speech perception, phonology, and morphology. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, 30-60.
- KLATT, D. H. (1979). Speech perception: A model of acoustic-phonetic analysis and lexical access. *Journal of Phonetics*, 7, 279-312.
- LASKY, R.E., SYRDAL-LASKY, A., KLEIN, R.E. (1975). VOT discrimination by four to six and a half months old infants from Spanish environments. *Journal of Experimental Child Psychology*, 20, 215-225.
- LIBERMAN A.M., HARRIS, K.S., HOFFMAN, H.S., GRIFFITH, B.C. (1957). The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. *Journal of Experimental Psychology*, 54, 358-368.
- LIBERMAN, I.Y., SHANKWEILER, D., FISHER, W.F., CARTER, B. (1974). Explicit syllable and phoneme segmentation in the young child. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 201-212.
- LIBERMAN, I. Y., MANN, V. A., WERFELMAN, M. (1982). Children's memory for recurring linguistic and non-linguistic material in relation to reading ability. *Cortex*, 18, 367-375.
- LISKER, L., ABRAMSON, A.S. (1964). A cross-language study of voicing in initial stops: acoustical measurements. *Word*, 20, 384-422.
- MANIS, F.R., MCBRIDE-CHANG, C., SEIDENBERG, M.S., KEATING, P., DOI, L.M., MUNSON, B., PETERSEN, A. (1997). Are speech perception deficits associated with developmental dyslexia? *Journal of Experimental Child Psychology*, 66, 211-235.
- MANN, V. A., LIBERMAN, I. Y. (1984). Phonological awareness and verbal short term memory: Can they pre-empt early reading problems? *Journal of Learning Disabilities*, 17, 592-599.
- MASTERSON, J., HAZAN, V., WIJAYATILAKE, L. (1995). Phonemic processing problems in developmental dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 12, 233-259.
- MCQUEEN, J., CUTLER, A. (2001). Spoken word access processes: An introduction. *Language and Cognitive Processes*, 16, 469-490.
- MEHLER, J., SEGUI, J., FRAUENFELDER, U. (1981). The Role of the Syllable in Language Acquisition and Perception. *North-Holland Publishing Cie*.
- MESSAOUD-GALUSI, S., SPRENGER-CHAROLLES, L. (2003). *The effect of age and reading level on the perception of temporal speech information*. 15th International Congress of Phonetic Sciences, Barcelona, August 2003; 2011-2014.
- MODY, M., STUDDERT-KENNEDY, M., BRADY, S. (1997). Speech perception deficits in poor readers: Auditory processing or phonological coding? *Journal of Experimental Child Psychology*, 64, 199-231.
- MORAIS, J., ALEGRIA, J., CONTENT, A. (1987). The relationships between segmental analysis and alphabetic literacy: An interactive view. *Cahiers de Psychologie Cognitive. European Bulletin of Cognitive Psychology*, 7, 415-438.
- PAULESU, E., DEMONET, J.F., FAZIO, F., MCCORY, E., CHANOINE, V., BRUNSWICK, N, CAPP, S.F., COSSU, G., HABIB, M., FRITH, C.D., FRITH, U. (2001). Dyslexia, Cultural diversity and Biological unity. *Science*, 291, 2165-2167.
- PERFETTI, C. A., ZHANG, S. (1995). Very early phonological activation in Chinese Reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 21, 24-33.
- PLAUT, D.C., BOOTH J.R. (2000). Individual and developmental differences in semantic priming: Empirical and computational support for a single mechanism account of lexical processing. *Psychological Review*, 107, 786-823.
- RACK, J., HULME, C., SNOWLING, M.J., WIGHTMAN, J. (1994). The role of phonology in young children learning to read words: The direct mapping hypothesis. *Journal of Experimental Child Psychology*, 57, 42-71.
- RAMUS, F., ROSEN, S., DAKIN, S.C., DAY, B.L., CASTELLOTE, J.M., WHITE, S., FRITH, U. (2003). Theories of developmental dyslexia: Insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain*, 126, 841-865.
- REED, M.A. (1989). Speech perception and the discrimination of brief auditory cues in dyslexic children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 48, 270-292.
- SHAYWITZ, S. E. (1998). Dyslexia. *The New England Journal of Medicine*, 338, 307-312.
- SERNICLAES, W. (1987). *Etude expérimentale de la perception du trait de voisement des occlusives du français*. Unpublished doctoral thesis. Université Libre de Bruxelles. Téléchargeable à <http://www.vjf.cnrs.fr/umr8606>.
- SERNICLAES, W. (2000) La perception de la parole. In *La parole, des modèles cognitifs aux machines communicantes*. P. Escudier, G. Feng, P. Perrier, J.-L. Schwartz, Eds.; Paris: Hermès, 159-190.
- SERNICLAES, W., SPRENGER-CHAROLLES, L. (2003). Categorical perception of speech sounds and dyslexia. *Current Psychology Letters: Behaviour, Brain and Cognition*, 10, Special Issue for Language Disorders and Reading Acquisition. <http://cpl.revues.org>.
- SERNICLAES, W., SPRENGER-CHAROLLES, L., CARRÉ, R., DÉMONET, J.-F. (2001). Perceptual discrimination of speech sounds in dyslexics. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 44, 384-399.
- SERNICLAES, W., VAN HEGHE, S., MOUSTY, PH., CARRÉ, R. SPRENGER-CHAROLLES, L. (soumis). Allophonic mode of speech perception in dyslexia.
- SPRENGER-CHAROLLES, L., SIEGEL, L.S., BONNET, P. (1998a). Phonological mediation and orthographic factors in reading and spelling. *Journal of Experimental Child Psychology*, 68, 134-155.
- SPRENGER-CHAROLLES, L., SIEGEL, L.S., BONNET, P. (1998b). Phonological mediation, semantic and orthographic factors in silent reading. *Scientific Study of Reading*, 2, 3-22.

- SPRENGER-CHAROLLES, L., SERNICLAES, W. (sous presse). Acquisition de la lecture et de l'écriture et dyslexie. *Revue Française de Linguistique Appliquée*, 8, 63-90.
- SPRENGER-CHAROLLES, L. (2003). Linguistic processes in reading and spelling : The case of alphabetic writing systems : English, French, German and Spanish. In T. Nunes and P. Bryant (eds.). *Handbook of children's literacy*. Kluwer.
- SPRENGER-CHAROLLES, L., COLÉ P., LACERT, P., SERNICLAES, W. (2000). On Subtypes of Developmental Dyslexia : Evidence from Processing Time and Accuracy Scores. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 54, 88-104.
- SPRENGER-CHAROLLES, L., SIEGEL, L.S., BÉCHENNEC, D., SERNICLAES, W. (2003). Development of Phonological and Orthographic Processing in Reading Aloud, in Silent Reading and in Spelling : A Four Year Longitudinal Study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 84, 194 – 217.
- SUSSMAN, H. M., FRUCHTER, D., HILBERT, J., SIROSH, J. (1998). Linear correlates in the speech signal : The orderly output constraints. *Behavioral and Brain Sciences* 21, 241-259.
- VAN IZENDOORN, M.H., BUS, A.G. (1994). Meta-analytic confirmation of the non-word reading deficit in developmental dyslexia. *Reading Research Quarterly*, 29, 266-275.
- WAGNER, R. K., TORGERSEN, J. K., RASHOTTE, C. A. (1994). Development of reading related phonological processing abilities : New evidence of bi-directional causality from a latent variable longitudinal study. *Developmental Psychology*, 30, 73-87.
- WERKER, J.-F., TEES, R.C. (1984a). Cross-language speech perception : Evidence for perceptual reorganization during the first year of life. *Infant Behavior and Development*, 7, 49-63.
- WERKER, J.-F., TEES, R.C. (1984b). Phonemic and phonetic factors in adult cross-language speech perception. *Journal of the Acoustical Society of America*, 75, 1866-1878.
- WERKER, J.-F., TEES, R.C. (1987). Speech perception in severely disabled and average reading children. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 41, 48-61.
- YULE, W., RUTTER, M., BERGER, M., THOMPSON, J. (1974). Over- and under-achievement in reading : Distribution in the general population. *British Journal of Educational Psychology*, 44, 1-12.