

Parisse, C. & Maillart, C. (2010). Nouvelles propositions pour la recherche et l'évaluation du langage chez les enfants dysphasiques. In C. Gruaz & C. Jacquet-Pfau (Eds), *Autour du mot : pratiques et compétences*. Lambert-Lucas, Limoges : France, 201-222.

Nouvelles propositions pour la recherche et l'évaluation du langage chez les enfants dysphasiques

Christophe Parisse et Christelle Maillart

Résumé :

Les troubles spécifiques de développement du langage (TSDL), dont les formes sévères sont appelées dysphasies, sont caractérisés par un développement lent et anormal du langage. Par définition, les enfants ayant ce type de trouble ne doivent pas présenter d'autres déficits attestés qu'ils soient cognitifs ou neurologiques. Il existe de nombreux profils développementaux de TSDL qui peuvent évoluer au cours de leur développement, ce qui les rend difficiles à caractériser. L'origine des TSDL est actuellement inconnue et les nombreuses études sur le sujet sont parfois contradictoires. Nous avançons un ensemble de propositions cliniques et théoriques pour remédier à ces difficultés :

- Les TSDL sont un nom générique pour trois types de troubles clairement différenciés : la dyspraxie développementale verbale, la dysphasie linguistique, et les troubles pragmatiques du langage.
- Il n'existe pas une cause unique pour les TSDL. Au contraire, chaque TSDL est la conséquence de la présence chez l'enfant d'une conjonction de déficits de base.
- Chaque TSDL est le résultat d'un déroulement anormal du développement du langage. Ces anomalies apparaissent lorsque plus d'une partie du système est déficiente et que les mécanismes naturels de compensation du système deviennent inefficaces.
- Les phénomènes de compensation sont eux-mêmes des phénomènes langagiers et de ce fait ils interfèrent avec l'évaluation langagière proprement dite. Pour comprendre le fonctionnement cognitif et langagier dans sa complexité, il est nécessaire pour le diagnostic et la prise en charge d'utiliser une évaluation de capacités sous-jacentes non-langagières.
- Les bases neurologiques plausibles du langage et de son développement doivent être prises en compte pour offrir de nouvelles hypothèses et thèmes de recherche pour le travail futur sur les TSDL.

Mots-clés : troubles spécifiques du développement du langage, système langagier, troubles du développement

Introduction

Tous les enfants n'apprennent pas facilement à parler. Certains d'entre eux, environ 7% à la maternelle (Tomblin & Zhang, 1999, p. 220), présentent des troubles spécifiques de développement du langage (TSDL). Ces troubles peuvent toucher le développement en production de langage (erreurs de production de son de parole, lexique réduit, erreurs de syntaxe, problèmes de rappel de mot ou de production de phrases longues et complexes) et/ou en perception de langage (difficulté à comprendre des mots ou des phrases). Le trouble de langage peut être spécifique (cas des TSDL) ou associé avec un trouble cognitif (retard mental), un trouble du développement comme l'autisme, une malformation physiologique

(fente palatine) ou un trouble neurologique (, épilepsie, traumatisme cérébral). Lorsqu'ils ne sont pas traités, ces troubles auront des conséquences à long terme sur les performances scolaires et l'insertion dans la vie active.

Les TSDL, aussi appelés dysphasies développementales, appartiennent à la catégorie des troubles spécifiques: le niveau langagier de l'enfant est nettement en dessous du niveau cognitif général. De plus, les faibles performances langagières ne peuvent être expliquées par des facteurs observables comme des troubles de l'audition, un faible niveau d'intelligence non-verbale, un traumatisme neurologique ou un trouble du comportement (Bishop, 1992; Tallal, Stark, & Mellits, 1985). De ce fait, le diagnostic de ce trouble se fait principalement par exclusion car il correspond aux cas de « non-explications ». Les enfants souffrant de TSDL présentent des caractéristiques très diverses (pour une description générale, voir Bortolini, Leonard, & Caselli, 1998). Pour expliquer cette hétérogénéité, plusieurs classifications basées sur des observations cliniques ou empiriques ont cherché à constituer des sous-groupes homogènes (Bishop & Rosenbloom, 1987; Korkman & Hakkinen-Rihu, 1994; Rapin & Allen, 1983). Par exemple, Rapin et Allen (1983) décrivent trois sous-types de troubles développementaux et six profils de troubles de langage sur la base des capacités phonologiques, lexicales, morphosyntaxiques et pragmatiques des enfants. Ils distinguent les troubles mixtes réceptifs et expressifs (agnosie verbale ou auditive et syndrome phonologico-syntaxique), les troubles expressifs (dyspraxie verbale et déficit de programmation phonémique) et les troubles des processus de haut-niveau (syndrome lexico-syntaxique et syndrome sémantico-pragmatique). Cinq des six profils ont trouvé des confirmations expérimentales dans une étude (Conti-Ramsden, Crutchley, & Botting, 1997) qui combine des mesures cliniques et des tests d'évaluation. Le groupe manquant était celui de l'agnosie verbale ou auditive. Un des groupes obtenus dans cette étude n'avait pas d'équivalent dans la classification de Rapin et Allen car il était composé d'enfants qui, apparemment, obtenaient des performances moyennes aux tests.

Les limites de la définition des TSDL

Le même nom générique (TSDL ou dysphasie développementale) est utilisé dans la littérature internationale pour décrire des populations très diverses : des jeunes enfants (3 ans ou moins) qui n'ont pas débuté normalement l'acquisition du langage (voir par exemple Fey & Loeb, 2002); des adolescents (15-16 ans) après plusieurs années de rééducation orthophonique ; des enfants présentant un trouble mineur du langage (-1 écart-type dans une batterie de langage, voir Ellis Weismer, Evans, & Hesketh, 1999) ou un trouble plus sévère (-1,5 écart-type dans une batterie de langage, voir van der Lely & Ullman, 2001) ; ou encore des enfants présentant des troubles expressifs (ou réceptifs). Plusieurs tests langagiers ont été proposés comme marqueurs psycholinguistiques potentiels de tels troubles. Des tests impliquant la répétition de pseudo-mots (Bishop, North, & Donlan, 1996) ou la production de la morphologie verbale dans les contextes obligatoires (Rice & Wexler, 1995) semblent des candidats particulièrement intéressants bien qu'ils soient toujours sujets à débat (Conti-Ramsden, Botting, & Faragher, 2001). En effet, ces tests, bien que très sensibles aux troubles langagiers, ne permettent pas vraiment de distinguer les enfants ayant des troubles spécifiques du langage de ceux qui ont d'autres problèmes. Par exemple, les enfants atteints du syndrome de Down ont des difficultés importantes dans la répétition de pseudo-mots (Jarrold, Baddeley, & Hewes, 2000) et les enfants apprenant une seconde langue tendent à rater largement les batteries de test de morphologie verbale (Paradis & Crago, 2000).

Ce manque de spécificité rappelle d'autres critiques qui concernent les critères d'exclusion traditionnellement utilisés pour les enfants souffrant de TSDL. Un strict respect des capacités non-verbales (QI performance > 86 ou > - 1 écart-type) semble très sévère et pas

forcément justifié. En effet, des études ont montré que ni les caractéristiques langagières (Tomblin & Zhang, 1999), ni l'efficacité de la rééducation du langage (Fey, Long, & Cleave, 1994) ne permettent de distinguer les enfants TSDL ayant un QI compris entre 70 et 85 de ceux ayant un QI supérieur à 85. Le même profil de trouble du langage peut être observé chez des enfants ayant un QI bas ou haut. Un autre problème concerne le développement des capacités intellectuelles, y compris des capacités non-verbales, avec l'âge : lorsqu'un déficit de langage persiste, il devient de plus en plus difficile d'obtenir un score non-verbal proche de la moyenne. Il n'est pas inhabituel d'observer une détérioration du QI, même non-verbal, dans ce cas. Ce changement peut être tellement significatif (chute d'une vingtaine de points) que si les enfants n'étaient évalués que sur la base de leur score de QI les plus récents, certains d'entre eux ne seraient plus considérés comme ayant un trouble spécifique à cause de leur faible score de QI (Bishop, Bright, James, Bishop, & Van der Lely, 2000).

Il est ainsi très important de prendre en considération les aspects dynamiques des pathologies du développement. En effet, avec l'âge on constate des modifications importantes dans les niveaux verbal et non-verbal. Les études longitudinales qui ont porté sur la classification langagière des troubles (voir ci-dessous) ont montré que, durant le développement du langage, un enfant pouvait fréquemment changer de sous-catégorie de trouble (Bishop & Edmundson, 1987; Botting & Conti-Ramsden, 2004). Par exemple, 45% des enfants suivis longitudinalement par Botting et Conti-Ramsden (2004) ont changé de groupe entre le point 1 (7 ans) et le point 2 (8 ans). Les études longitudinales confirment que les enfants ayant des troubles peuvent compenser leurs problèmes de telle manière à ce que leurs difficultés sous-jacentes ne puissent plus être observées sans considérer l'histoire des patients ou utiliser des tests très spécifiques. Ceci met en doute l'existence de sous-catégories correspondant à différents déficits et consolide l'hypothèse selon laquelle les symptômes d'un problème donné varient au cours du développement.

Origine des TSDL

L'origine des TSDL est inconnue. On observe une composante familiale : si un enfant souffre de TSDL, il y a 25% de chances qu'un autre membre de sa famille soit également atteint. Comme il ne semble pas qu'il y ait de relation entre les TSDL, le niveau de langage adressé à l'enfant par son entourage (entrée linguistique), et le niveau socio-économique, l'environnement seul ne peut causer les troubles de langage. Les TSDL sont complexes : ils ne semblent pas provenir d'un trouble lié à un simple gène ; en fait, ils pourraient être causés par un grand nombre de gènes qui se combinent et interagissent avec l'environnement de manière à créer un risque global de développer des troubles de langage (Bishop, 2006).

Différentes hypothèses ont été proposées pour expliquer les troubles de langage constatés chez les enfants ayant des TSDL. Pour certains auteurs (Adams & Gathercole, 2000), ces enfants présentent un déficit dans le système chargé de maintenir du matériel en mémoire pour de courtes périodes (mémoire phonologique à court terme). D'autres auteurs pensent que le déficit peut toucher le traitement perceptif des entrées auditives d'une manière générale (Tallal, Stark, & Mellits, 1985), être spécifique à certaines difficultés grammaticales (van der Lely, 1999) ou pourrait résulter d'une limitation plus générale des capacités de traitements cognitifs (Ellis Weismer, Evans, & Hesketh, 1999). Ces hypothèses cherchent à refléter des facteurs neurodéveloppementaux sous-jacents qui sont supposés jouer un rôle causal dans les TSDL. En effet, la seule manière d'expliquer les modifications observées dans le profil des enfants et la instabilité en fonction de leur développement est d'aller au-delà de la description des symptômes linguistiques pour identifier des altérations sous-jacentes qui ne sont pas nécessairement langagières. Il n'existe pas nécessairement une relation directe entre les causes supposées et les sous-types de troubles du langage. Les TSDL sont des troubles dus

à une combinaison de causes multiples. Comme le suggère Bishop (2006, p. 220) : « Il peut y avoir de multiples voies menant à une maîtrise langagière efficace, et si une voie est bloquée, une autre peut en général être trouvée. Par contre, si deux ou plusieurs voies sont bloquées, alors l'acquisition du langage peut être compromise ».

De ce fait, pour comprendre les mécanismes potentiels de compensation que les enfants souffrant de TSDL utilisent et expliquer leurs performances variables, il serait très intéressant de se focaliser davantage sur l'évaluation de leurs capacités non-langagières. Beaucoup de ces enfants ont en effet un certain nombre de troubles associés (par exemple, un déficit attentionnel ou du système exécutif, un trouble de mémoire, etc.) qui ne sont en général pas pris en compte dans les classifications des troubles de langage. Or, certaines combinaisons de critères langagiers et non-langagiers pourraient être utilisées comme des marqueurs efficaces pour réaliser des diagnostics différentiels et améliorer le pronostic concernant le développement de l'enfant.

Approche proposée

Un problème complexe semble impossible à résoudre s'il n'est pas bien décrit ou que le point de vue adopté pour le traiter n'est pas bon.

Notre proposition est que les TSDL ne sont pas un trouble spécifique ni un syndrome unique, mais plutôt un ensemble de syndromes qui correspondent à des états pathologiques du système langagier. Ceci veut dire que l'on ne devrait utiliser le terme TSDL qu'au pluriel pour désigner un large ensemble de troubles développementaux qui tous présentent un certain type de déficit langagier. Comme Bishop (2004), nous pensons que certains sous-types de troubles développementaux de langage peuvent être différenciés sur la base de considérations cliniques. Il serait plus intéressant de parler de dyspraxie développementale verbale (DDV), de dysphasie linguistique (DL), et de troubles pragmatiques du langage (TPL). Ces trois syndromes peuvent être clairement décrits et différenciés l'un des autres (voir ci-dessous) et les enfants diagnostiqués comme souffrant d'un de ces syndromes ne devraient pas de diagnostic durant leur développement. Les troubles pourront se résorber ou rester stables, mais ils ne changeront pas de nature. La classification en trois syndromes en lieu et place d'un grand syndrome général incluant tout type de trouble offre l'avantage que la remédiation et la recherche scientifique pourraient être plus clairement focalisées sur un thème précis et qu'il serait plus facile de comparer des études entre elles. Bishop (2004) propose une quatrième catégorie appelée « troubles sévères de compréhension du langage » pour couvrir une catégorie rare d'enfants qui ont une telle difficulté de compréhension du langage qu'ils sont considérés au départ comme étant sourds (agnosie verbale auditive). Comme Botting and Conti-Ramsden (2004), nous n'avons pas rencontré de tels enfants, ce qui fait que nous ne discuterons pas de ces cas précis.

Chacun de ces trois syndromes correspondrait à un état spécifique du système langagier. Ceci ne veut pas dire que chaque syndrome correspond à un trouble parfaitement circonscrit. Dans chaque cas, le système langagier reste ce qu'il est toujours : un système très complexe et puissant, construit sur de multiples capacités de base et ayant un très grand pouvoir de compensation. Celle-ci est si importante qu'il est peu plausible qu'un seul déficit originel suffise à rendre le système déficient. Par contre, des déficits multiples (même légers s'ils sont assez nombreux) peuvent conduire à la déviation du système vers un état pathologique, c'est-à-dire un certain type de TSDL. L'existence de trois états clairement différenciés reflèterait les propriétés internes du système qui lui permet de se stabiliser de différentes manières (l'interface physique, l'organisation des structures du langage, les fonctions communicatives du langage).

Profils langagiers et non-langagiers

Cette section commence par la description des profils cliniques proposée par Bishop, qui est enrichie à la lumière d'observations collectées lors de notre pratique clinique. Pour illustrer l'intérêt de combiner les évaluations non-verbales avec les tests de langage, les profils obtenus à l'aide d'une échelle non-verbale seront discutés. Nous avons choisi de décrire les profils obtenus à l'aide du « Hiskey Nebraska Test of Learning Aptitude » (HNTLA; Hiskey, 1966) parce que cet outil semble plus approprié pour différencier les profils en fonction des hypothèses langagières qu'un outil plus récent comme le WISC IV. Le HNTLA est une ancienne batterie conçue pour être utilisée avec des enfants ayant des troubles de l'audition et âgés de 3 à 16 ans. Comme il peut être utilisé sans instruction verbale, ce test est particulièrement adapté pour une population ayant des troubles du langage. Le test consiste en 124 items triés par ordre de difficulté croissante et groupés en 12 sous-tests : arrangement de perles, mémoire des couleurs, identification d'image, association d'images, pliage de papier, empan d'attention visuelle, arrangements de blocs, complément de dessin, mémoire de chiffres, puzzle de blocs, analogie d'images et raisonnement spatial. Chaque sous-test fournit un âge de développement qui permet de déterminer un profil général. Un ensemble de sous-tests est présenté à l'enfant en fonction de son âge. Les performances à cet outil, en lien avec des performances langagières recueillies avec des batteries langagières standardisées nous ont permis de distinguer quatre profils différents dont trois d'entre eux font partie des TSDL :

Retard de langage non-spécifique

D'un point de vue langagier, les enfants figurant dans cette catégorie présentent un profil plutôt homogène, avec des écarts limités entre les différents domaines langagiers. Leurs performances dans les niveaux phonologique, lexical et morphosyntaxique sont similaires et inférieures à celles que l'on pourrait attendre d'enfants du même âge chronologique. Les enfants figurant dans cette catégorie ne présentent pas de troubles de la communication et souffrent très rarement d'hypospondanéité verbale. Leurs résultats au HNTLA sont plus homogènes et plus faibles que leur âge chronologique. Leur comportement ne peut être décrit comme un TSDL car leurs troubles ne sont pas spécifiques du langage.

Dysphasie linguistique (TSDL typiques)

Selon Bishop, ce groupe correspond aux enfants qui ont des difficultés particulièrement marquées au niveau du développement grammatical. Ce syndrome peut être accompagné par des difficultés lexicales ou sémantiques graves ou des troubles de perception du langage oral à la vitesse à laquelle il est normalement produit, ce qui amène à une acquisition lente et déformée de la phonologie et de la syntaxe. Le profil obtenu avec le HNTLA est assez caractéristique, avec un écart clair entre les items mesurant la mémoire séquentielle (arrangement de perles, pliage de papier, empan d'attention visuelle, mémoire de chiffres ou de couleurs) sur lesquels leur performance est faible, et les autres sous-tests, pour lesquels les enfants ont des résultats en rapport ou même supérieurs à la norme.

Dyspraxie développementale verbale

Ces enfants présentent des troubles de la production, c'est-à-dire des difficultés dans la programmation des mouvements qui ne peuvent être expliqués en termes de faiblesse musculaire ou de perte de contrôle sensoriel. Les enfants peuvent imiter les mouvements un par un ou les bruits de parole, mais ils ne sont pas capables de produire des énoncés longs ou d'imiter une séquence de mouvements. Ils échouent fréquemment les items du HTNLA qui demandent de grandes capacités de planification motrice (par exemple le pliage de papier ou

l'arrangement de blocs). De faibles capacités graphiques sont constatées dans la tâche de dessin. Leurs résultats dans les autres sous-tests sont en rapport ou même supérieurs à la norme.

Troubles pragmatiques du langage

Les enfants ayant des troubles pragmatiques ont généralement des difficultés pour produire du langage de manière appropriée avec le contexte. Leur compréhension est plutôt littérale et leurs réponses manquent de cohérence dans la conversation ou la narration. Ces enfants ne compensent pas leurs difficultés de langage en développant un répertoire non-verbal riche. Ils partagent un certain nombre de caractéristiques avec les autismes de haut niveau. Leur profil au HTNLA est dysharmonique : sur certains sous-tests (par exemple : arrangements de perles, mémoire de couleurs), ils sont largement meilleurs que la norme, tandis que pour d'autres basés sur du contenu sémantique (association d'image, complétion de dessins, analogies d'images), ils échouent. Leurs résultats dans les autres sous-tests sont en rapport à la norme.

Repenser l'évaluation des TSDL

Nous avons proposé que les TSDL ne sont pas un syndrome unique mais un terme générique qui couvre un certain nombre d'états du système langagier humain, états qui résultent d'une trajectoire développementale anormale vis-à-vis de l'acquisition du langage. Comme dans tout comportement systémique, le langage humain est le résultat d'un important ensemble de capacités qui ne sont pas nécessairement spécifiques au langage et qui interagissent jusqu'à produire quelque chose qui va plus loin que chaque partie prise une par une. Cette propriété fondamentale des systèmes est problématique lorsqu'il s'agit d'évaluer le langage. Si «le système est plus grand que la somme de ses parties», cela veut dire qu'aucune performance (ou caractéristique) langagière n'est indépendante des autres. Par exemple, lorsque l'on évalue la performance en phonologie, la fréquence des structures phonologiques et phonotactiques n'est pas indépendante des caractéristiques du lexique et de la morphosyntaxe, ni de l'utilisation du langage dans un dialogue et de la pragmatique du discours. Les résultats de l'enfant dans une tâche vont dépendre de ses autres performances langagières. Ceci ne veut pas dire qu'une évaluation purement linguistique est impossible. Par exemple, utiliser des non-mots ou des mots inconnus de l'enfant lorsque l'on teste les connaissances phonologiques minimise l'importance de la sémantique et de la syntaxe. Néanmoins, ce type de test n'est pas toujours aisé et est insuffisant pour s'assurer une description complète des difficultés de l'enfant.

Une alternative serait de tester les performances de l'enfant en dehors du système langagier lorsque c'est possible. En effet, les performances non-langagières sont en général indépendantes les unes des autres à moins qu'elles ne portent sur les mêmes substrats biologiques sous-jacents. Par exemple, les performances de l'enfant en discrimination de fréquence auditive doivent être indépendantes de ses performances en mémoire visuo-spatiale à court terme car elles résultent de mécanismes cognitifs sous-jacents distincts. En utilisant un large ensemble de capacités non-langagières, il devrait être possible de décrire de manière précise les déficits des enfants et de distinguer les différents sous-types de TSDL. Si les performances non-langagières peuvent être liées aux performances langagières (par exemple discrimination de sons purs ou de voyelles), ceci permettrait de comprendre le fonctionnement du système langagier et de planifier et organiser la rééducation des troubles. L'idée derrière cette approche n'est pas complètement nouvelle. Ullman et Pierpont (2005) font la même proposition vis-à-vis de la mémoire procédurale. Leur idée est que cette mémoire est la cause fondamentale que l'on retrouve derrière tous les problèmes de langage et leur hypothèse est

que ce n'est pas un déficit spécifique du langage mais qu'il peut aussi être trouvé dans d'autres domaines de la cognition. D'autres résultats de la littérature sont compatibles avec l'hypothèse d'un lien entre capacités langagières et non-langagières. Un certain nombre d'auteurs proposent que les déficits des enfants pourraient être liés à un trouble périphérique de la perception ou de la motricité. La plupart de ces capacités peuvent être mesurées à la fois avec le langage et sans le langage. Certaines d'entre elles, comme la perception catégorielle, ont d'abord été considérées comme spécifiques au langage (Eimas, Siqueland, Jusczyk, & Vigorito, 1971). Plus tard, d'autres résultats ont montré que cette capacité était aussi rencontrée chez des primates non-humains (Morse, Molfese, Laughlin, Linnville, & Wetzell, 1987). Chez les humains également, cette capacité s'applique aussi à des tâches non-langagières (Jusczyk, Rosner, Cutting, Foard, & Smith, 1977). Le même problème de la spécificité langagière peut être posé à propos d'une des caractéristiques les plus fondamentales du langage : la syntaxe. La variabilité entre toutes les langues du monde et la diversité des styles d'acquisition du langage rendent difficile l'identification du cœur de ce qui constitue la syntaxe. Hauser, Chomsky, and Fitch (2002) ont proposé que les capacités humaines liées au langage se réduisent à la simple capacité de récursion. Cette idée n'est pas partagée par tous les chercheurs (voir par exemple Karlsson, 2007) mais, que la récursion existe ou soit limitée à une certaine profondeur, ne change pas le fait qu'elle peut être utilisée dans d'autres domaines cognitifs comme le raisonnement, de telle manière qu'il doit être possible de tester cette capacité de manière non-langagière.

Plus spécifiquement, nous proposons qu'un large éventail de capacités peut être testé de manière langagière et non-langagière. Aujourd'hui, notre proposition est un programme de recherche. Les capacités que nous proposons de tester –essentiellement basées sur les principaux travaux de la littérature– sont nombreuses et correspondent à de nombreux tests différents. Ceci ne pourrait pas être utilisé dans une pratique quotidienne en clinique, mais on peut espérer qu'à terme un ensemble plus réduit puisse être extrait pour se limiter aux caractéristiques les plus significatives et efficaces pour le diagnostic et la rééducation. En particulier, il n'est pas nécessaire d'utiliser plus d'un type de test pour des capacités qui sont fortement corrélées. En pratique, on peut penser que quelques tests précis et bien ciblés pourraient suffire. Comme notre proposition est un programme de recherche, les évaluations langagières restent nécessaires pour juger du niveau langagier et savoir si certaines capacités sont spécifiques ou non du langage. Par la suite, il est possible que les évaluations langagières ne se révèlent pas toujours nécessaire, étant remplacées par des évaluations non-langagières.

Un cadre pour la recherche sur les TSDL et leur évaluation

Une grande partie de la littérature lie les déficits de langage et les capacités non-langagières. Nous allons utiliser les résultats de ces travaux pour proposer un cadre pour la recherche dans l'évaluation des TSDL. Nous souhaitons aussi structurer ce cadre et espérons ne pas oublier de champs de recherche futurs. Dans ce but, nous allons passer en revue trois aspects fondamentaux du langage : les systèmes périphériques d'entrée, les systèmes périphériques de sortie, et les processus centraux.

Les systèmes périphériques d'entrée

De nombreuses propositions théoriques suggèrent que les troubles de développement du langage sont issus de difficultés dans les systèmes périphériques d'entrée. Le sujet principal de certaines de ces études est la dyslexie développementale et non les TSDL, mais il semble très probable que les formes sévères de dyslexie trouvent leur origine dans des troubles du langage oral. La plus connue de ces approches est celle de Tallal, qui suggère qu'un déficit de traitement des transitions sonores rapides (Tallal, Stark, & Mellits, 1985) existe chez les

enfants ayant des troubles de langage. Des travaux récents (Bishop, Carlyon, Deeks, & Bishop, 1999) ont démontré que cette hypothèse ne pouvait pas expliquer tous les troubles de développement du langage oral, mais que les problèmes concernant le traitement des sons rapides pouvaient figurer parmi les caractéristiques qui amènent un enfant à des TSDL. D'autres auteurs (McArthur & Bishop, 2002, 2004) ont suggéré une explication alternative : la difficulté de discrimination fréquentielle des sons. Une des caractéristiques de cette propriété est qu'elle évolue avec l'âge. Les jeunes enfants TSDL semblent avoir ce déficit, mais les enfants plus âgés sont capables de rattraper ce retard. Cette récupération ne semble pas toutefois leur permettre de rattraper aussi leur retard de langage. Une dernière proposition quant aux périphériques d'entrée est l'existence d'un déficit de perception catégorielle (Serniclaes, Van Heghe, Mousty, Carré, & Sprenger-Charolles, 2004). Les enfants ayant une dyslexie développementale semblent avoir un système de catégorisation qui n'arrive pas à produire des catégories phonétiques assez larges pour aboutir à une représentation phonologique correcte. Toutes ces capacités, si elles se révèlent déficientes, sont à même de générer des problèmes dans les représentations phonologiques qui sont une des faiblesses connues des enfants souffrant de TSDL (Criddle & Durkin, 2001). Les problèmes de perception catégorielle peuvent aussi être liés à des limitations en fonction de la charge cognitive (Coady, Kluender, & Evans, 2005). Aucune de ces trois capacités n'est spécifique du langage et toutes peuvent être testées avec du matériel non-langagier.

Les systèmes périphériques de sortie

Les systèmes périphériques de sortie ne sont pas les plus étudiés des sous-systèmes du langage en lien avec la pathologie et pourtant plusieurs sous-systèmes pourraient avoir des répercussions sur le langage. Par exemple, la programmation motrice (Webster et al., 2006; Webster, Majnemer, Platt, & Shevell, 2005) et la production de structure séquentielle (Howard, Howard, Japikse, & Eden, 2006) sont liées aux troubles du langage et pourraient être testées avec du matériel langagier et gestuel.

Les processus centraux

Un large ensemble des processus centraux ou de caractéristiques de ces processus ont été cités dans la littérature comme pouvant être reliés aux troubles de développement du langage. On trouve la mémoire de travail, la mémoire procédurale, la mémoire à long terme, le coût cérébral des traitements cognitifs, les traitements de la séquentialité, et la catégorisation. Toutes ces capacités sont utilisées de manière plus ou moins importante dans différents aspects du système langagier : lexicale, grammaire, sémantique, pragmatique.

La mémoire de travail est le seul processus central qui ait été étudié de manière approfondie en liaison avec les troubles du langage. L'existence d'une relation entre trouble de langage et mémoire de travail a été démontrée dans de nombreuses études (voir Adams & Gathercole, 2000), mais aucune explication satisfaisante sur cette relation n'a encore été produite (Botting & Conti-Ramsden, 2001). La plupart des déficits en mémoire de travail impliquent la mémoire de travail phonologique. Des difficultés en mémoire fonctionnelle existent probablement aussi, mais leur relation avec les performances des enfants souffrant de TSDL ne sont pas claires (cf. Montgomery, 2000, 2003), comme par exemple la relation entre les difficultés des enfants avec les tâches complexes et leur vitesse de traitement (Leonard et al., 2007; Montgomery & Windsor, 2007). Comme c'est le cas avec la fréquence de discrimination, il y a une interaction avec le développement général de l'enfant. Le déficit de mémoire phonologique est lié aux déficits dans des capacités non-langagières (Archibald & Gathercole, 2007; Bavin, Wilson, Maruff, & Sleeman, 2005; Hick, Botting, & Conti-Ramsden, 2005). Les images de résonance magnétique fonctionnelle (fMRI) en mémoire de travail verbale ont démontré que les enfants ayant des TSDL présentent un réseau cérébral

moins fonctionnel, ce qui a été interprété comme soutenant la notion que les systèmes non-langagiers jouent un rôle dans les TSDL (Ellis Weismer, Plante, Jones, & Tomblin, 2005).

Le déficit de mémoire procédurale a été proposé comme explication des troubles grammaticaux du langage (Ullman & Pierpont, 2005). La mémoire verbale à long terme est aussi connue comme déficiente dans la dyslexie (Nicolson & Fawcett, 2000) et pourrait jouer un rôle dans les TSDL. Le coût cérébral des traitements cognitifs (aussi appelé limitations des capacités de traitement) a souvent été présentée comme un problème clé pour les enfants souffrant de TSDL (Bavin, Wilson, Maruff, & Sleeman, 2005), mais il reste à confirmer si ce problème est spécifique du langage. L'impact sur le développement phonologique d'un déficit de traitement séquentiel est évident. Mais ce déficit peut aussi entraver le traitement syntaxique ou d'autres domaines de la cognition. Enfin, un déficit de catégorisation a des conséquences importantes pour la constitution des représentations phonologiques, mais il pourrait aussi jouer un rôle dans d'autres domaines comme la syntaxe, la sémantique et même la pragmatique.

Relations entre TSDL et les résultats récents en neurobiologie

Un deuxième point important pour les recherches futures sur les TSDL est la possibilité de lier les recherches sur les troubles du langage avec les plus récentes propositions de la neurobiologie et de la neuroanatomie sur le langage et le cerveau. De la même manière que nous avons défendu l'inclusion des déficits non-spécifiques du langage dans le cadre de la recherche, du diagnostic et de la rééducation des TSDL, nous défendons la recherche d'une relation avec les résultats récents en neurobiologie. La compréhension des troubles de développement du langage ne peut faire l'économie de l'analyse des liens entre TSDL et cerveau. Une analyse détaillée et exhaustive de la manière dont le langage fonctionne dans le cerveau et des fonctions les plus susceptibles d'être déficitaires chez l'enfant souffrant de TSDL va au-delà de la portée de cet article. Notre intention ici est simplement de présenter certains des axes de recherche les plus prometteurs dans le domaine.

Les études disponibles sur les corrélats des troubles du langage suggèrent que « le développement déficitaire du langage est corrélé avec des anomalies dans les structures neurophysiologiques de différents aspects du traitement du langage et avec des anomalies dans les structures de zones connues pour traiter le langage chez l'adulte » (Friederici, 2006, p. 949). Des études utilisant les potentiels évoqués réalisées sur des enfants ayant des TSDL montrent que ces enfants ne présentent pas des potentiels évoqués normaux dès leurs premiers mois après la naissance. Par exemple, ils présentent un délai massif de réponse 'mismatch' dans la discrimination de durée syllabique, une mesure fondamentale pour les processus phonologiques (Manuela & Angela, 2004; Weber, Hahne, Friedrich, & Friederici, 2004 – voir aussi Bishop (2007) pour une revue de la question). Des déficits dans les processus lexico-sémantiques sont aussi visibles : la N400 (une oscillation négative maximale autour de 400ms corrélée avec les traitements lexico-sémantiques) semble absente chez des enfants de 10-12 ans souffrant de TSDL en réponse à une violation sémantique, alors que les enfants contrôles montrent une composante N400 claire. Par contre, une autre étude en potentiels évoqués chez des enfants de 12-14 ans avec un trouble spécifique de la syntaxe (TSDL grammaticaux : van der Lely, 1998) montre que ces enfants présentent une N400 en rapport avec les aspects sémantiques du traitement mais ne présentent pas le composant syntaxique ELAN que l'on trouve chez les enfants contrôles en cas de violation des règles syntaxiques (Fonteneau & van der Lely, 2008).

Certaines études tentent d'évaluer l'origine cérébrale des TSDL. Elles suggèrent que différents sous-groupes de déficits peuvent exister. Premièrement, des anomalies structurelles dans le gyrus temporel supérieur (le planum temporelle en particulier, voir Leonard et al.,

2002) semblent être reliées à un déficit temporel des processus auditifs observé de manière comportementale et fonctionnelle (études utilisant des potentiels évoqués). Deuxièmement, des anomalies dans le cortex frontal inférieur gauche sont aussi observées, même si les effets fonctionnels de ces anomalies structurelles ne sont pas encore clairement démontrés. Des études fMRI détaillées chez l'enfant tout venant sont nécessaires pour répondre à ces questions. Troisièmement, les études fMRI de la famille KE, connue pour présenter une forme sévère d'apraxie verbale (Hurst, Baraitser, Auger, Graham, & Norrell, 1990) montrent des anomalies dans les ganglions de la base (caudate nucleus et putamen). A notre connaissance, les études en potentiels évoqués et fMRI faites sur les enfants souffrant de TSDL n'ont pas concerné d'autres cibles que les troubles de langage. Il est donc difficile de conclure que toutes les anomalies possibles sont connues et décrites, notamment en ce qui concerne les déficits non-langagiers.

Il est également intéressant de lier les processus connus pour poser problème chez l'enfant souffrant de TSDL avec les résultats récents sur le cerveau. Le premier candidat pour un tel lien est la mémoire. Des études comportementales récentes suggèrent des problèmes avec la mémoire de travail, la mémoire procédurale et la mémoire à long-terme. Ces systèmes sont aussi appelés mémoire explicite à court-terme, mémoire implicite à long-terme et mémoire explicite à long-terme (Smith & Grossman, 2008). Il y a encore de nombreuses analyses différentes sur l'organisation logique et neurologique de la mémoire dans le cerveau. Une vue couramment partagée est que les systèmes mémoriels ont des implémentations différentes dans le cerveau (Maddox & Ashby, 2004) et qu'ils se développent à des vitesses différentes (Thomas et al., 2004). La mémoire de travail n'est pas considérée comme une structure monolithique (Baddeley, 2003; Collette & Linden, 2002; Richardson, 2007) et ses différentes propriétés suggèrent l'existence d'une diversité de déficits neurologiques plausibles (McDonald, Devan, & Hong, 2004; Mizumori, Yeshenko, Gill, & Davis, 2004; Poldrack & Rodriguez, 2004). Certaines études cherchent à apparier des déficits dans certains types de mémoire avec des déficits de langage (Nicolson, Fawcett, & Dean, 2001; Ullman & Pierpont, 2005) mais il est peu probable qu'une telle relation simple soit valable pour tous les types de déficits. Une autre hypothèse est que des troubles subtils dans le développement des différents systèmes mnésiques brise l'équilibre entre ces systèmes. Par exemple, les performances des structures de traitement des règles et d'intégration de l'information diffèrent selon que l'enfant présente des capacités de mémoire de travail faibles ou fortes (DeCaro, Thomas, & Beilock, 2008). Le timing du développement des différents composants de la mémoire peut perturber le développement du langage. Le développement tardif d'un composant ne permet pas toujours le retour au fonctionnement normal, car le retard peut amener une inhibition du retardataire par d'autres composants qui, dans un développement normal, ne seraient pas aussi performants. Les performances en langage seraient très sensibles à ce genre de dérèglement car le langage est un système complexe basé sur des capacités multiples. Une autre possibilité est que, comme dans le cas des troubles neurologiques, un déficit localisé et sévère crée moins de problèmes qu'un déficit léger mais diffus (Locke, 1997). La perturbation du développement et des relations entre composants du système cognitif pourrait être plus difficile à compenser qu'un déficit sévère et permanent d'un seul composant.

Une question importante sur la nature des déficits du développement du langage est de savoir pourquoi il existe des troubles spécifiques du développement. Cette question est encore plus fondamentale si l'on considère que les déficits de langage sont liés à des déficits dans d'autres domaines cognitifs. Qu'est ce qui rend le langage à ce point spécial qu'il est plus complexe et plus susceptible d'être déficient que d'autres capacités cognitives ?

Une réponse pourrait être trouvée dans l'existence de processus récursifs dans le cerveau. Cette caractéristique est un trait permanent et remarquable des traitements

langagiers, au moins à partir du moment où des traitements d'une certaine complexité sont envisagés. Ce besoin de récursion pourrait être nettement moins problématique dans d'autres domaines cognitifs que le langage. Il serait intéressant de tester si les problèmes de récursion se trouvent également dans d'autres domaines chez les enfants ayant des troubles du langage. Un aspect intéressant de la récursion est qu'elle pourrait être liée aux caractéristiques des traitements complexes, qui sont connus pour être un problème chez les enfants souffrant de TSDL (Bortolini, Leonard, & Caselli, 1998; Parisse & Maillart, 2008). Pulvermüller (2002) fait une proposition en ce qui concerne l'implémentation d'un mécanisme de récursion dans le cerveau. Il suggère que certains indices lexicaux spécifiques, comme par exemple les pronoms relatifs, déclenchent un mécanisme de régulation dont le but est de diminuer l'activité globale du cerveau. Cette baisse globale permet alors le traitement d'une phrase ou d'un énoncé imbriqué en sus des activités cérébrales précédentes sans amener à une suractivation cérébrale. Sans ce mécanisme qui permet de réguler le traitement des processus complexes dans le cerveau, la récursion est impossible. Une autre propriété cérébrale est proposée par Pulvermüller (2002). C'est le fait que de multiples états simultanés sont possibles dans un circuit cérébral ; en d'autres mots, la même séquence neurale peut être active plusieurs fois, mais à des niveaux d'activation différents. Le même mot ou la même construction grammaticale peut être traitée en plus d'un exemplaire au même moment – pour une proposition sur l'implémentation de constructions grammaticales dans le cerveau, voir Pulvermüller (2002, 2003). Ces mécanismes ne sont pas spécifiques du langage, et s'ils sont déficients, alors d'autres propriétés récursives en dehors du langage devraient être déficientes chez les enfants souffrant de TSDL (cette prédiction, si elle devait être confirmée, serait une confirmation importante de l'hypothèse d'une limitation de la capacité de récursion). Notre proposition est que de telles situations en dehors du langage ne sont pas fréquentes, ce qui explique l'existence de troubles spécifiques du langage. De plus, ces deux mécanismes soulignent le lien logique qui existe entre la récursion (en particulier dans le langage) et les traitements complexes, car la récursion impose l'existence de traitements simultanés qui sont évidemment plus complexes en termes de régulation des mécanismes cérébraux, aussi bien qu'en termes de nombres de processus neuronaux impliqués. Cette hypothèse d'un lien entre complexité et récursion n'exclue pas l'existence d'autres liens avec les problèmes de complexité. Par exemple, les difficultés de traitements de mémoire complexes ont été liées aux troubles de la mémoire verbale, sans lien avec la récursion (Archibald & Gathercole, 2007).

Conclusion

Une question reste en suspens : pourquoi utiliser une classification des différents types de TSDL plutôt que de regarder la source réelle de ces troubles ? Ce serait évidemment la meilleure solution. L'enfant n'aurait qu'à passer une batterie de tests qui permettrait de savoir exactement ce qui est fonctionnel ou déficitaire et il serait alors possible d'enchaîner avec la prise en charge. Certes, il est rare qu'une cause unique puisse être mise en évidence. Dans le cas contraire, il serait possible de trouver un ensemble de causes et de traiter tous les problèmes de l'enfant. Les TSDL disparaîtraient alors de la classification nosologique et l'on parlerait alors seulement de conjonctions de causes pathologiques conduisant à des troubles de langage. L'idée d'une cause unique serait remplacée par celle d'un faisceau de causes, mais chaque cause serait traitée de façon indépendante.

Malheureusement, ceci n'est pas possible avec la plupart des troubles affectant les fonctions cognitives de haut niveau, comme c'est le cas des TSDL, à cause des capacités de compensation du système cognitif. Dans ce cas, certaines fonctions peuvent être atteintes mais le déficit est compensé par d'autres fonctions. L'inverse est aussi possible. Certaines

fonctions peuvent être déficitaires parce qu'elles dépendent de fonctions elles-mêmes déficitaires. Enfin, l'influence environnementale peut modifier les trajectoires développementales. Cela veut dire que le système doit être pris dans son ensemble avant de décider comment mener une rééducation. Dans ce cas, une vision systémique est plus efficace. Dans le cadre théorique présenté dans cet article, le diagnostic des TSDL se déroulerait en deux étapes : (1) catégoriser l'enfant dans l'un des trois syndromes ; (2) trouver quelles capacités sont déficitaires dans la perspective du syndrome de l'enfant (notamment en utilisant les résultats des tests non-langagiers). Alors la rééducation peut prendre place, en se focalisant sur les points forts de l'enfant, mais aussi en essayant de reconstruire les points déficitaires, en fonction des spécificités de l'enfant et du déroulement du processus de rééducation. Par contre, on peut ignorer des difficultés dans des capacités qui font partie des autres systèmes et qui sont, soit non déficitaires, soit correctement compensées.

Les propositions théoriques émises dans cet article sont issues de trois types d'information : d'observations venant de la pratique clinique ; de la constatation que les données contradictoires de la littérature laissent penser qu'il n'est pas possible de trouver une cause unique pour les TSDL ; des résultats qui démontrent des liens entre déficits de langage et déficits non-langagiers. Ces propositions ont deux implications immédiates qui peuvent être utilisées pour tester leur adéquation. Premièrement, on devrait toujours trouver dans les résultats aux épreuves non-langagières des différences claires entre les trois syndromes présentés ci-dessus, mais pas forcément entre les syndromes présentés dans d'autres types de catégorisation. Deuxièmement, il devrait être possible de trouver trois types de caractéristiques (langagière ou non-langagière) qui permettent de catégoriser de manière fiable les trois types de TSDL. Enfin, comme les trois catégories de TSDL correspondent à des comportements différents qui sont spécifiquement déficitaires chez les enfants souffrant de troubles du langage, ils devraient correspondre à des sous-systèmes différents du système cognitif humain et donc également du cerveau. Si cela est le cas, les travaux futurs basés sur l'imagerie cérébrale devraient nous dire si la classification que nous proposons est corroborée par des organisations neurologiques effectives.

Références

- Adams, A.-M., & Gathercole, S. E. (2000). Limitations in working memory: implications for language development. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 35(1), 95-116.
- Archibald, L. M. D., & Gathercole, S. E. (2007). The complexities of complex memory span: Storage and processing deficits in specific language impairment. *Journal of Memory and Language*, 57(2), 177-194.
- Baddeley, A. (2003). Working memory and language: an overview. *Journal of Communication Disorders*, 36(3), 189-208.
- Bavin, E. L., Wilson, P. H., Maruff, P., & Sleeman, F. (2005). Spatio-visual memory of children with specific language impairment: evidence for generalized processing problems. *International journal of language communication disorders*, 40(3), 319-332.
- Bishop, D. V. M. (1992). The underlying nature of specific language impairment. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 33, 3-66.
- Bishop, D. V. M. (2004). Specific language impairment: diagnostic dilemmas. . In L. Verhoeven & H. Van Balkom (Eds.), *Classification of Developmental Language Disorders* (pp. 309-326). Mahwah, N. J.: Erlbaum.
- Bishop, D. V. M. (2006). What causes specific language impairment in children? *Current Directions in Psychological Science*, 15, 217-221.

- Bishop, D. V. M. (2007). Using mismatch negativity to study central auditory processing in developmental language and literacy impairments: Where are we, and where should we be going? *Psychological Bulletin*, 133(4), 651-672.
- Bishop, D. V. M., Bright, P., James, C., Bishop, S. J., & Van der Lely, H. K. J. (2000). Grammatical SLI : a distinct subtype of developmental language impairment ? *Applied Psycholinguistic*, 21(2), 159-181.
- Bishop, D. V. M., Carlyon, R. P., Deeks, J. M., & Bishop, S. J. (1999). Auditory temporal processing impairment: neither necessary nor sufficient for causing language impairment in children. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 42(6), 1295-1310.
- Bishop, D. V. M., & Edmunson, A. (1987). Language-impaired four-year-olds: distinguishing transient from persistent impairment. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 52, 156-173.
- Bishop, D. V. M., North, D., & Donlan, C. (1996). Nonword repetition as a behavioural marker for inherited language impairment : evidence from a twin study. . *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 36, 1-13.
- Bishop, D. V. M., & Rosenbloom, L. (1987). Classification of childhood language disorders. In W. Yule & M. Rutter (Eds.), *Language Development and Disorders. Clinics in Developmental Medicine* (double issue) (pp. 101-102). London: MacKeith Press.
- Bortolini, U., Leonard, L. B., & Caselli, M. C. (1998). Specific language impairment in Italian and English: Evaluating alternative accounts of grammatical deficits. *Language and Cognitive Processes*, 13(1), 1-20.
- Botting, N., & Conti-Ramsden, G. (2004). Characteristics of Children with Specific Language Impairment. In L. Verhoeven & H. Van Balkom (Eds.), *Classification of Developmental Language Disorders* (pp. 23-38). Mahwah, N.J.: Erlbaum.
- Botting, N., & Conti Ramsden, G. (2001). Non-word repetition and language development in children with specific language impairment (SLI). *International journal of language communication disorders*, 36(4), 421-432.
- Coady, J. A., Kluender, K. R., & Evans, J. L. (2005). Categorical perception of speech by children with specific language impairments. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 48(944-959).
- Collette, F., & Linden, M. V. d. (2002). Brain imaging of the central executive component of working memory. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26, 105-125.
- Conti-Ramsden, G., Botting, N., & Faragher, B. (2001). Psycholinguistic markers for Specific Language Impairment. . *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 42, 741-748.
- Conti-Ramsden, G., Crutchley, A., & Botting, N. (1997). The extent to which psychometric tests differentiate subgroups of children with SLI. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, Hearing-Research*.
- Criddle, M. J., & Durkin, K. (2001). Phonological representation of novel morphemes in children with SLI and typically developing children. *Applied Psycholinguistics*, 22, 363-382.
- DeCaro, M. S., Thomas, R. D., & Beilock, S. L. (2008). Individual differences in category learning: Sometimes less working memory capacity is better than more. *Cognition*, 107(1), 284-294.
- Eimas, P. D., Siqueland, E. R., Jusczyk, P. W., & Vigorito, J. (1971). Speech perception in infants. *Science*, 171, 303-306.
- Ellis Weismer, S., Evans, J., & Hesketh, L. (1999). An examination of verbal working memory capacity in children with specific language impairment. . *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 42, 1249-1260.

- Ellis Weismer, S., Plante, E., Jones, M., & Tomblin, J. B. (2005). A functional magnetic resonance imaging investigation of verbal working memory in adolescents with specific language impairment. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 48, 405-425.
- Fey, M. E., & Loeb, D. F. (2002). An evaluation of the facilitative effects of inverted yes-no questions on the acquisition of auxiliary verbs. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 45(1), 160-174.
- Fey, M. E., Long, S. H., & Cleave, P. L. (1994). Reconsideration of IQ criteria in the definition of specific Language Impairment. In R. V. Watkins & M. L. Rice (Eds.), *SLI in children*. (pp. 161-178). Baltimore Paul H. Brookes Publishing.
- Fonteneau, E., & van der Lely, H. K. J. (2008). Electrical Brain Responses in Language-Impaired Children Reveal Grammar-Specific Deficits. *PLoS ONE* 3(3)(e1832).doi:10.1371/journal.pone.0001832).
- Friederici, A. D. (2006). The Neural Basis of Language Development and Its Impairment. *Neuron*, 52, 941-952.
- Hauser, M. D., Chomsky, N., & Fitch, W. T. (2002). The faculty of language: what is it, who has it, and how did it evolve? *Science*, 298, 1569-1579.
- Hick, R., Botting, N., & Conti-Ramsden, G. (2005). Cognitive abilities in children with specific language impairment: consideration of visuo-spatial skills. *International Journal Of Language & Communication Disorders*, 40(2), 137-149.
- Hiskey, M. S. (1966). *The Hiskey-Nebraska Test of Learning Aptitude Manual (Revised)*. Baldwin Lincoln Nebraska.
- Howard, J. H. J., Howard, D. V., Japikse, K. C., & Eden, G. F. (2006). Dyslexics are impaired on implicit higher-order sequence learning, but not on implicit spatial context learning. *Neuropsychologia*, 44, 1131–1144.
- Hurst, J. A., Baraitser, M., Auger, E., Graham, F., & Norrell, S. (1990). An extended family with a dominantly inherited speech disorder. *Dev. Med. Child Neurol.*, 32, 347–355.
- Jarrold, C., Baddeley, A. D., & Hewes, A. K. (2000). Verbal short-term memory deficits in Down Syndrome : a consequence of problems in rehearsal ? . *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 41, 233-244.
- Jusczyk, P. W., Rosner, B. S., Cutting, J. E., Foard, C. F., & Smith, L. B. (1977). Categorical perception of nonspeech sounds by 2-month-old infants. *Perception and Psychophysics*, 21, 50-54.
- Karlsson, F. (2007). Constraints on multiple initial embedding of clauses. *International Journal of Corpus Linguistics*, 12(1), 107-118.
- Korkman, M., & Hakkinen-Rihu, P. (1994). A new classification of developmental language disorders (DLD). *Brain and Language*, 47(1), 96-116.
- Leonard, C. M., Lombardino, L. J., Walsh, K., Eckert, M. A., Mockler, J. L., Rowe, L. A., et al. (2002). Anatomical risk factors that distinguish dyslexia from SLI predict reading skill in normal children. . *Journal of Communication Disorders*, 35, 501-531.
- Leonard, L. B., Weismer, S. E., Miller, C. A., Francis, D. J., Tomblin, J. B., & Kail, R. V. (2007). Speed of processing, working memory, and language impairment in children. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 50, 408-428.
- Locke, J. L. (1997). A theory of neurolinguistic development. *Brain and Language*, 58, 265-326.
- Maddox, W. T., & Ashby, F. G. (2004). Dissociating explicit and procedural-learning based systems of perceptual category learning. *Behavioural Processes*, 66(3), 309-332.
- Manuela, F., & Angela, D. F. (2004). N400-like Semantic Incongruity Effect in 19-Month-Olds: Processing Known Words in Picture Contexts. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(8), 1465-1477.

- McArthur, G. M., & Bishop, D. V. M. (2002). Temporal resolution and frequency discrimination in people with a specific language impairment: Behavioural and electrophysiological evidence. In S. Hawkins & N. Nguyen (Eds.), *Temporal integration in the perception of speech*. Cambridge, UK: The Reprographic Centre.
- McArthur, G. M., & Bishop, D. V. M. (2004). Which people with specific language impairment have auditory processing deficits? *Cognitive Neuropsychology*, 21, 79-94.
- McDonald, R. J., Devan, B. D., & Hong, N. S. (2004). Multiple memory systems: The power of interactions. *Neurobiology of Learning and Memory*, 82, 333-346.
- Mizumori, S. J. Y., Yeshenko, O., Gill, K. M., & Davis, D. M. (2004). Parallel processing across neural systems: Implications for a multiple memory system hypothesis. *Neurobiology of Learning and Memory*, 82, 278-298.
- Montgomery, J. W. (2000). Relation of working memory to off-line and real-time sentence processing in children with specific language impairment. *Applied Psycholinguistics*, 21, 117-148.
- Montgomery, J. W. (2003). Working memory and comprehension in children with specific language impairment: what we know so far. *Journal of Communication Disorders*, 36, 221-231.
- Montgomery, J. W., & Windsor, J. (2007). Examining the language performances of children with and without specific language impairment: contributions of phonological short-term memory and speed of processing. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 50, 778-797.
- Morse, P. A., Molfese, D., Laughlin, N. K., Linnville, S., & Wetzel, F. (1987). Categorical perception for voicing contrasts in normal and lead-treated rhesus monkeys: Electrophysiological indices. *Brain and Language*, 30(1), 63-80.
- Nicolson, R. I., & Fawcett, A. J. (2000). Long-term learning in dyslexic children. *European Journal Of Cognitive Psychology*, 12(3), 357-393.
- Nicolson, R. I., Fawcett, A. J., & Dean, P. (2001). Developmental dyslexia: the cerebellar deficit hypothesis. *Trends in Neurosciences*, 24(9), 508-511.
- Paradis, J., & Crago, M. (2000). Tense and Temporality : a comparison between children learning a second language and children with SLI. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 43, 834-847.
- Parisse, C., & Maillart, C. (in press). The interplay between phonology and syntax in French-speaking children with specific language impairment. *International Journal of Language and Communication Disorders*.
- Poldrack, R. A., & Rodriguez, P. (2004). How do memory systems interact? Evidence from human classification learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, 82, 324-332.
- Pulvermüller, F. (2002). *The neuroscience of language*. Cambridge Cambridge University Press.
- Pulvermüller, F. (2003). Sequence Detectors as a Basis of Grammar in the Brain. *Theory in Biosciences*, 122(1), 87-103.
- Rapin, I., & Allen, D. A. (1983). Developmental language disorders: Nosologic considerations. In U. Kirk (Ed.), *Neuropsychology of language, reading, and spelling* (pp. 155-184). New York: Academic.
- Rice, M. L., & Wexler, K. (1995). Extended optional infinitive (EOI) account of specific language impairment. In D. MacLaughlin & S. McEwan (Eds.), *Proceedings of the 19th annual Boston University Conference on Language Development*, Vol. 2 (pp. 451-462). Somerville, MA: Cascadilla Press.
- Richardson, J. T. E. (2007). Measures of Short-Term Memory: A Historical Review. *Cortex*, 43(5), 635-650.

- Serniclaes, W., Van Heghe, S., Mousty, P., Carré, R., & Sprenger-Charolles, L. (2004). Allophonic mode of speech perception in dyslexia. *Journal of Experimental Child Psychology*(87), 336-361.
- Smith, E. E., & Grossman, M. (2008). Multiple systems of category learning. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32(2), 249-264.
- Tallal, P., Stark, R. E., & Mellits, D. U. (1985). The relationship between auditory temporal analysis and receptive language development: Evidence from studies of developmental language disorder. *Neuropsychologia*, 23(4), 527-534.
- Thomas, K. M., Hunt, R. H., Vizueta, N., Sommer, T., Durston, S., Yang, Y., et al. (2004). Evidence of developmental differences in implicit sequence learning: an fMRI study of children and adults. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(8), 1339–1351.
- Tomblin, J. B., & Zhang, X. (1999). Language patterns and etiology in children with specific language impairment. I. In H. Tager-Flusberg (Ed.), *Neurodevelopmental disorders* (pp. 361-382). Cambridge, MA: MIT Press / Bradford Books.
- Ullman, M. T., & Pierpont, E. I. (2005). Specific language impairment is not specific to language: the procedural deficit hypothesis. *Cortex; a Journal Devoted To The Study Of The Nervous System And Behavior*, 41(3), 399-433.
- van der Lely, H. K. J. (1998). SLI in children: Movement, economy, and deficits in the computational-syntactic system. *Language Acquisition*, 7, 161-192.
- van der Lely, H. K. J. (1999). Learning from Grammatical SLI. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(8), 286-288.
- van der Lely, H. K. J., & Ullman, M. (2001). Past tense morphology in specifically language impaired and normally developing children. *Language and Cognitive Processes*, 16(2/3), 177-217.
- Weber, C., Hahne, A., Friedrich, M., & Friederici, A. D. (2004). Discrimination of word stress in early infant perception: Electrophysiological evidence. *Cognitive Brain Research*, 18, 149–161.
- Webster, R. I., Erdos, C., Evans, K., Majnemer, A., Kehayia, E., Thordardottir, E., et al. (2006). The clinical spectrum of developmental language impairment in school-aged children: language, cognitive, and motor findings. *Pediatrics*, 118(5), 1541-1549.
- Webster, R. I., Majnemer, A., Platt, R. W., & Shevell, M. I. (2005). Motor function at school age in children with a preschool diagnosis of developmental language impairment. *The Journal of Pediatrics*, 146(1), 80-85.