



HAL
open science

PERCEPTION ET DEVELOPPEMENT DU LANGAGE

Christophe Parisse

► **To cite this version:**

Christophe Parisse. PERCEPTION ET DEVELOPPEMENT DU LANGAGE. Sciences de l'Homme et Société. Université Paris Sud - Paris XI, 2003. tel-00091149

HAL Id: tel-00091149

<https://theses.hal.science/tel-00091149>

Submitted on 5 Sep 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PERCEPTION ET DEVELOPPEMENT DU LANGAGE

Thèse d'habilitation à diriger les recherches

Christophe Parisse – Février 2003

Faculté de PARIS-SUD ORSAY

Composition du jury :

Claude Chevrie-Müller,
Pascale Colé,
Ulrich Frauenfelder,
Gabrielle Konopczynski,
Marie-Thérèse Le Normand,
Gérard Sabah

REMERCIEMENTS

Je voudrais tout d'abord remercier toutes les personnes qui ont bien voulu prendre de leur temps pour être membres de mon jury de thèse d'habilitation : Claude Chevrie-Müller, Pascale Colé, Ulrich Frauenfelder, Gabrielle Konopczynski, Marie-Thérèse Le Normand, et Gérard Sabah.

Une carrière dans la recherche ne peut se dérouler dans l'isolement et, quels que soient les résultats obtenus, ils relèvent autant de son propre travail que celui de ses collègues et des interactions entretenues avec eux. C'est pourquoi je veux d'abord remercier les personnes qui ont encadré mes premières années de recherche avant de devenir mes collègues et mes amis, Alexandre Andreewsky, Evelyne Andreewsky, Danaé Maillard et Victor Rosenthal. Je veux également remercier toutes les personnes qui m'ont accueilli dans mon équipe actuelle et en particulier Marie-Thérèse Le Normand sans qui je n'aurais jamais pu me former à cette discipline particulière qu'est le développement langagier de l'enfant.

Enfin, un grand merci à Anne Reymond pour supporter mes humeurs et m'encourager au quotidien. Sans elle, ce travail n'aurait peut-être jamais vu le jour.

TABLE DES MATIERES

Remerciements.....	iii
Table des matières.....	v
Liste des figures, tableaux et annexes.....	ix
1 Introduction	1
2 Méthodologie.....	3
2.1 Principes méthodologiques.....	3
2.2 Types d'expérimentation.....	8
3 Perception du langage	11
3.1 Dyslexie profonde et lecture globale des mots.....	11
3.2 Modéliser la reconnaissance globale de formes de mots.....	13
3.2.1 Reconnaissance globale de formes manuscrites sur ordinateur.....	13
3.2.2 Approximation de l'image des mots	16
3.2.3 Reconnaissance par recherche de n-grammes	26
3.2.4 Conclusion de l'étude.....	38
3.3 Thèse global-local	40
3.3.1 Modèles classiques du traitement perceptif de l'écrit	41
3.3.2 Modèle « approximation globale – vérification locale ».....	42
3.3.3 La controverse de l'utilisation de la forme globale des mots pour leur reconnaissance.....	44
3.3.4 Critique des modèles classiques de la reconnaissance des mots	46
3.3.5 Voies de traitement du système visuel humain	48
3.3.6 Organisation de la rétine et mouvements oculaires.....	50
3.4 Test de l'hypothèse global-local.....	52
3.4.1 Similarité	53
3.4.2 Expérience de cochage des lettres	54
3.4.3 Expérience de mesure des mouvements oculaires.....	59
3.5 Apport de la thèse global-local à l'étude du langage	63

4	Développement du langage : Contexte et outils	65
4.1	Principales théories du développement du langage	70
4.1.1	Développement des capacités phonétiques	70
4.1.2	L'enfant avant 18 mois – Les modèles cognitifs/sociaux	76
4.1.3	L'enfant après 18 mois – L'enrichissement et la complexification du langage	80
4.2	Quels outils pour modéliser ou simuler le développement du langage ?	95
4.3	Le recueil et le traitement des données	99
4.3.1	Recueil des données de production	100
4.3.2	Analyse des données de production	101
5	Développement du langage : Études spécifiques	109
5.1	Le mot isolé	110
5.1.1	La dictature du nom (et des grandes classes lexicales)	110
5.1.2	Une réelle diversité dans le vocabulaire des mots isolés	111
5.1.3	Langue et cognition	124
5.2	Le développement de la syntaxe	126
5.2.1	Le développement initial	126
5.2.2	L'hypothèse du 3-pas	139
5.3	Les pathologies de développement du langage : retard et déviance	153
5.3.1	Classification des troubles du langage chez l'enfant	155
5.3.2	Le cas des enfants autistes	161
5.3.3	Troubles du développement consécutifs à des troubles neurologiques identifiés – Un cas d'hémisphérectomie	168
6	Conclusions et perspectives	175
6.1	Perspectives générales	175
6.1.1	Phonétique, phonologie, morphe-syntaxe	175
6.1.2	Pathologie	177
6.1.3	Perception du langage, traitements globaux et locaux	178
6.2	Langage oral et développement du langage	180

6.2.1	Quelle théorie pour le développement du langage ?	180
6.2.2	Une linguistique du développement	189
	Encadrement de la recherche et activités de transfert	207
	Encadrements de stage et de recherches.	207
	Curriculum Vitae	211
	Organisation de congrès	212
	Liste des travaux	213
	Articles et ouvrages	213
	Conférences, Proceedings, Communications, Divers	215
Annexes	219	
Références	223	
Index des notions		243
Index des auteurs.....		247

LISTE DES FIGURES, TABLEAUX ET ANNEXES

Figures

Figure 1 : Contours et profils pour le mot « robin ».....	19
Figure 2 : Variation dans les profils fins	20
Figure 3 : Variations dans les profils grossiers	22
Figure 4 : Extraction du sous-profil 'de' dans le mot 'index'	29
Figure 5 : Taux de reconnaissance en fonction des valeurs du pas d'échantillonnage	34
Figure 6 : Omissions en fonction du caractère critique de la lettre et de sa position.	57
Figure 7 : Apprentissage distributionnel selon Maratsos et Chalkey (1980)	89
Figure 8 : Règles binaires correspondant à l'énoncé <i>I play with her book</i>	105
Figure 9 : Analyse par règles : calcul de l'intersection des résolutions de règles	106
Figure 10 : Pourcentage d'énoncés complètement reconstruits	143
Figure 11 : Pourcentage de recouvrement des énoncés.....	143
Figure 12 : Pourcentage d'énoncés complètement reconstruits	145
Figure 13 : Pourcentage de recouvrement des énoncés.....	146
Figure 14 : Pourcentage d'énoncés complètement reconstruits	147
Figure 15 : Pourcentage de recouvrement des énoncés.....	147
Figure 16 : Corrélations entre distributions lexicales des enfants et des adultes selon le type d'énoncé	165

Tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des corpus d'apprentissage et de test	25
Tableau 2 : Pourcentages de reconnaissance pour les formes complètes de mots	26
Tableau 3 : Pourcentages de reconnaissance pour les meilleurs pas d'échantillonnage (méthode n-grammes, différents types de profils).....	33
Tableau 4 : Pourcentage de reconnaissance par la méthode des n-grammes avec composition de paramètres	35

Tableau 5 : Capacité de pré-reconnaissance de la méthode des n-grammes	36
Tableau 6 : Pourcentage moyen de détection d'erreurs en fonction du statut critique/non-critique de la cible, de la position dans le mot et de la fréquence lexicale du mot.....	57
Tableau 7 : Synopsis des éléments opposant les principales théories du développement du langage.....	66
Tableau 8 : Exemples d'ambiguïtés à 24 mois	103
Tableau 9 : Pourcentage d'étiquetage correct pour plusieurs analyseurs disponibles sur Internet.....	107
Tableau 10 : Caractéristiques de corpus pour l'étude du vocabulaire de très jeunes enfants	112
Tableau 11 : Répartition des corpus en grandes catégories lexicales	113
Tableau 12 : Pourcentage d'enfants produisant au moins un mot dans un catégorie lexicale donnée	115
Tableau 13 : Mots les plus fréquemment utilisés par les enfants anglais et français	116
Tableau 14 : Distribution des vingt mots les plus fréquents chez les enfants	118
Tableau 15 : Caractéristiques lexicales des adultes anglais et français	119
Tableau 16 : Corrélations entre les distributions lexicales des enfants et des adultes	120
Tableau 17 : Liste des vingt mots les plus fréquents pour les enfants anglais et rang de ces mots dans le lexique anglais adulte.....	123
Tableau 18 : Catégories syntaxiques utilisées par l'enfant de deux ans et par l'adulte	132
Tableau 19 : Liste des quinze constructions de deux catégories les plus fréquentes chez l'enfant de deux ans et les fréquences correspondantes chez l'adulte.	134
Tableau 20 : Exemples d'énoncés avec des bi-catégories totalement spécifique des enfants	135
Tableau 21 : Caractéristiques des énoncés d'enfants de deux ans en fonction de leur nombre de mots pleins.....	139
Tableau 22 : Pourcentages d'inversions pour des couples de mots	152
Tableau 23 : Classification des troubles de développement du langage.....	158

Tableau 24 : Pourcentages d'énoncés formés de pointeurs utilisés en mots isolés (oh, ah, uh, ooh, aah, uuh, aaah, uuuh, there, that).....	166
Tableau 25 : Caractéristiques langagières de AB.....	169
Tableau 26 : Liste des phonèmes produits par AB.....	170
Tableau 27 : Substitutions à 6ans 2 mois (en gras), à 6 ans 4 mois (en italique), et à 6 ans 6 mois (en caractères normaux)	171
Tableau 28: Substitutions à 6ans 8 mois (en gras) et à 6 ans 11 mois (en italique)	172
Tableau 29 : Phonèmes manquants de AB.....	172

Annexes

Annexe 1 : Description des catégories lexicales utilisées par POST	219
Annexe 2 : Exemple de transcription formaté selon les principes de CHAT et traitée avec les sous-programmes MOR et POST du logiciel CLAN.	220
Annexe 3 : Exemples de mots utilisés dans n'importe quel sens dans le même enregistrement (enfants âgés de 1 an 10 mois à 2 ans 2 mois).....	221

1 INTRODUCTION

Ma carrière peut être divisée en deux parties nettement distinctes : la première va de 1986 à 1995 et a été consacrée à l'étude de la perception écrite du langage chez l'adulte et aux déficits acquis de cette perception. La deuxième période commence en 1996. Son thème de recherche principal est le développement du langage oral chez l'enfant. Les travaux réalisés jusqu'à présent ne couvrent que les âges de 18 mois à 4 ans, mais les travaux envisagés ainsi que le développement théorique visent à décrire l'ensemble du développement linguistique de l'enfant dans sa première décennie.

Mon exposé sera divisé en deux parties respectant l'ordre chronologique des recherches. Toutefois, il y a un certain nombre d'éléments communs aux deux thèmes de recherche, notamment leur thème central, le langage et la cognition, et leur méthodologie basée sur une interaction entre observations naturelles et évaluations sur ordinateur. C'est pourquoi l'exposé commence par un chapitre introductif consacré à ces éléments communs. Viendront ensuite une description de la première période de recherche, portant sur la perception du langage écrit, puis une description de la seconde période portant sur le développement du langage oral chez l'enfant et enfin une présentation des enseignements tirés des recherches réalisées et des développements théoriques que je voudrais mettre à l'épreuve au cours des prochaines années.

2 METHODOLOGIE

2.1 Principes méthodologiques

Mon travail de recherche a ceci de particulier qu'il mêle à proportions égales la recherche en psychologie (en particulier la psycholinguistique) et en Intelligence Artificielle (IA) (en particulier la reconnaissance des formes et la linguistique computationnelle). Les deux domaines ont chacun des méthodologies très différentes. Celle de la psychologie expérimentale est clairement définie. Il s'agit d'appliquer le test contrôlé des hypothèses comme cela se fait en physique par exemple (Rossi, 1989). Selon cette méthodologie, les théories doivent être falsifiables, c'est-à-dire qu'elles doivent pouvoir être réfutées par des résultats expérimentaux. Il est impossible de prouver une théorie de manière absolue, mais les théories développées deviennent de plus en plus vraisemblables (Popper, 1934).

Tout en respectant le schéma de base ci-dessus, certaines méthodologies plus spécifiques ont été développées dans certaines disciplines et notamment en neuropsychologie. Dans cette discipline, on considère que suite à une lésion cérébrale, un patient a des capacités qui représentent un sous-ensemble des capacités qu'il possédait avant sa lésion. Celle-ci tient lieu de scalpel pour dissocier les fonctions cérébrales les unes des autres. On décrit alors des modèles synthétiques du fonctionnement cérébral normal dans lesquels, si on supprimait une fonction, on retrouverait les comportements pathologiques. Les modèles peuvent être falsifiés par la découverte de cas neurologiques inexplicables à l'aide de ces modèles.

De manière encore plus spécifique à la neuropsychologie, on essaie souvent de renforcer les résultats par la recherche de doubles dissociations. Il s'agit de trouver, d'une part des lésions qui laissent en place un mécanisme A complet et suppriment totalement un mécanisme B, d'autre part des lésions qui ont exactement l'effet inverse, B restant fonctionnel et A disparaissant. Si les deux

mécanismes A et B relèvent d'une même fonction cognitive, alors ces observations permettent de créer des modèles du fonctionnement cérébral car elles mettent en évidence des « découpages » exemplaires du système nerveux. Cette technique présente certaines limites, soit parce que les comportements ne sont pas tous modulaires, soit parce qu'ils ne le sont pas suffisamment pour générer des troubles aussi marqués que des doubles dissociations. Cela ne l'empêche pas d'être souvent mise en avant pour justifier l'existence de processus opposés comme la lecture globale et la lecture lettre à lettre qui correspondent aux dissociations résultant d'une part des dyslexies profondes, d'autre part des dyslexiques de surface (Coltheart, Patterson, & Marshall, 1980; Patterson, Marshall, & Coltheart, 1985). De manière plus controversée, la double dissociation est aussi utilisée pour justifier la séparation entre langage et cognition sur la base de l'opposition entre les enfants souffrant du syndrome de Williams (Bellugi, Marks, Bihrie, & Sabo, 1993) et ceux présentant un trouble dit spécifique du développement du langage (TSDL, correspondant à la notion en langue anglaise de Specific Language Impairment [SLI] – voir par exemple Leonard, 1997). Ces observations sont souvent mises en avant dans l'idée d'attester l'hypothèse de la modularité du langage. Ce débat toujours inachevé montre bien les limites de la neuropsychologie dans la description du fonctionnement cérébral (Boucher, 1998). Ceci incite de nombreux chercheurs à aller trouver des réponses dans d'autres disciplines comme la neuroanatomie et l'Intelligence Artificielle ou d'utiliser d'autres techniques comme celles de l'imagerie cérébrale et de la simulation sur ordinateur.

La méthodologie en informatique n'est pas aussi clairement définie qu'en psychologie expérimentale. On peut dissocier l'informatique en tant que sujet de recherche et en tant qu'outil technique pour la recherche, même si la frontière entre les deux n'est pas toujours claire. En tant que sujet de recherche fondamentale, l'informatique a historiquement émergé des mathématiques et de la théorie de la démonstration. De ce point de vue, aucun problème méthodologique ne se pose puisqu'il suffit de suivre les préceptes des mathématiques. En tant qu'outil technologique utilisé dans beaucoup de disciplines ainsi que dans l'industrie, la méthodologie informatique pourrait se définir comme « ça suit ou

ça ne suit pas le cahier des charges » ou, encore plus crûment mais peut-être plus exactement, « ça marche ou ça ne marche pas ». À l'intersection des deux points de vue se trouvent les secteurs très dynamiques des outils informatiques (langages de programmation, compilation, interface avec l'utilisateur) et de l'IA. Même si dans tous les cas on cherche à utiliser lorsque c'est possible des éléments de preuve mathématiques, le principe pragmatique du « ça marche, ça ne marche pas » est souvent de mise, en particulier dès qu'on sort de cas d'école de portée limitée. Ce principe de base, qui est à la clé de la plupart des simulations informatiques, de recherche ou industrielles, permet de mettre à l'épreuve des constructions théoriques.

Pour cela, le paradigme utilisé est celui de la modélisation et de la simulation. L'idée est de produire une fonction m – le modèle – qui puisse être interprétée comme représentant p – le processus naturel observé. La simulation consiste à calculer les valeurs de la fonction m et de les comparer avec celles mesurées pour le processus naturel p . Cette comparaison suppose un exercice d'interprétation du scientifique. En effet, une comparaison automatique n'est possible que pour un ensemble de valeurs fini et défini. C'est pourquoi, dans la plupart des cas, le scientifique définit une plage de test des valeurs de p et de m qu'il interprète comme significative. Dans d'autres cas, si aucune comparaison mécanique n'est possible, seule l'interprétation du scientifique établit le rapport entre p et m .

Dans la description ci-dessus, la simulation est définie comme le couple « modèle - résultats du modèle ». La différence entre simulation et modélisation n'est pas toujours aussi clairement définie et les deux termes sont parfois considérés comme équivalents, correspondant tous deux à la définition de « simulation » donnée ci-dessus. Dans ces cas de presque-synonymie, le terme simulation est en général utilisé lorsque la fonction m n'a pour but que d'avoir l'apparence de p , sans préoccupation sur la forme de m , tandis que le terme modélisation signifie que m doit remplacer p en étant plus accessible dans le but d'aider à la compréhension de p . C'est pour cela que les modélisations sont observées de l'intérieur – i. e. observation des mécanismes mis en œuvre – tandis que les simulations sont observées de l'extérieur – i. e. observations des résultats

obtenus. Les modèles sont souvent décrits comme étant des « théories détaillées » et en ce sens il est utile de les simuler – ce qui est en général considéré comme un test du modèle, qui devient une modélisation. Il est important de souligner que ni les modélisations, ni les simulations ne sont les fonctions qu'elles simulent. m n'est pas p . Ceci est important et parfois oublié. Une bonne simulation ou modélisation de p n'est pas la garantie d'une bonne compréhension des mécanismes qui sous-tendent p . Ceci explique qu'il soit difficile d'utiliser l'informatique pour démontrer une théorie. L'utilisation de modélisations ou de simulations ne permet que des inductions. On suppose qu'en reproduisant suffisamment bien un processus, on se rapproche de sa compréhension.

Cette faiblesse n'est pas problématique puisque la méthodologie classique a presque les mêmes défauts du fait qu'on ne peut pas valider une théorie, mais seulement l'invalider (cf. Popper, 1934). La validité d'une théorie n'est donc qu'induite en fonction du nombre de fois où elle a été mise à l'épreuve, comme c'est le cas pour les simulations. Toutefois ces dernières ont d'autres limites, conséquence de ce que le modèle n'est pas l'objet modélisé. Cette distance entre objet et modèle fait que l'on peut souvent « arranger » un modèle jusqu'à arriver à obtenir une simulation correcte. Cet « arrangement » peut hélas introduire des éléments qui n'ont rien à voir avec le problème original. Une deuxième difficulté est que les modèles ne portent souvent que sur une partie d'un problème général, ou plus exactement sur une tâche cognitive précise (Karmiloff-Smith, 1992) dans le cas de modélisations en psychologie. Toute partie ayant normalement des interactions avec les autres parties du problème, le risque est alors grand, soit de faire des erreurs dans le découpage des parties, soit de faire des erreurs d'interprétation des rapports entre parties. En cas d'erreur, le modèle est erroné puisque le découpage et les relations entre parties sont des éléments de la définition même du modèle. Un exemple est la recherche de frontières de mots de la langue dans un enregistrement de voix humaine (l'équivalent des blancs de l'écrit n'existe pas dans le signal sonore). Dans ce problème, on peut proposer plusieurs découpages en parties et plusieurs relations entre parties. On peut, soit supposer que le décodage phonétique précède la détermination des frontières, soit qu'il la suit. Les problèmes à modéliser diffèrent en fonction du cas de figure

choisi. La détermination d'une frontière de mot si l'on connaît les phonèmes de l'énoncé, est nettement plus simple que celle qui ne suppose que quelques phonèmes connus, que celle qui suppose un taux d'erreur de x pour cent, et que celle qui ne suppose aucun phonème connu. La difficulté est que ces simplifications peuvent totalement fausser le problème dans la mesure où elles font partie de la solution. Il est intéressant de souligner qu'inversement, un découpage en mots préalable à une reconnaissance phonétique facilite cette reconnaissance. Les deux problèmes, qui ont souvent été traités de manière séparée, forment en réalité un tout dans un modèle plus complexe de la perception orale du langage. Ceci ne veut pas dire que toute modélisation portant sur l'un ou l'autre des thèmes, reconnaissance phonétique ou découpage en mots est inintéressante, mais que sa portée en tant que modélisation du comportement humain est limitée.

En dépit de ces difficultés, le recours à l'informatique dans la recherche en psychologie est justifié par de multiples raisons (Plunkett & Elman, 1997) :

1. Être amené à expliciter les mécanismes. Construire un modèle peut laisser beaucoup de points dans l'ombre, l'implémenter oblige à rentrer dans un niveau de détail qui peut être crucial pour la compréhension d'un problème.
2. Il est souvent impossible de prédire l'évolution d'un modèle, surtout s'il est complexe, d'où le besoin de simulation. Ceci est particulièrement vrai des systèmes non linéaires.
3. Les résultats des simulations, surtout s'ils sont inattendus, peuvent amener à revenir à l'expérimentation psychologique pour confirmer les prédictions d'un modèle. Ceci peut alors invalider le modèle ou confirmer son pouvoir prédictif en recourant à la méthodologie expérimentale classique.
4. Certains éléments sont impossibles à tester *in vivo*, soit pour des raisons techniques, soit pour des raisons éthiques. La simulation sur ordinateur ne présente pas ces défauts, ce qui n'est pas le cas de toute expérience de psychologie ou de neuropsychologie. Par exemple, l'informatique permet, à volonté, de simuler des manques ou des déficits contrôlés.

5. Les simulations permettent d'essayer de comprendre pourquoi quelque chose se passe. Le but des simulations et modélisations est en général de comprendre les mécanismes. Dans le cas d'expériences de psychologie expérimentale, il est impossible d'aller voir dans le cerveau des sujets pour savoir ce qui se passe, même avec les techniques d'imagerie cérébrale actuelles les plus évoluées. Il est par contre possible de décrire totalement ce qui se passe dans un programme sur ordinateur (même si cela peut être parfois particulièrement long et difficile).

Soulignons que les limitations des modèles et des simulations sont levées si l'on revient à l'expérimentation psychologique ou neuropsychologique – ceci signifie ériger le point 3 ci-dessus en but de la recherche. D'où l'idée d'aller et retour entre psychologie et informatique pour générer des idées et des expériences nouvelles.

2.2 Types d'expérimentation

Le but de la plupart des recherches est de découvrir les principes qui gouvernent le fonctionnement des éléments naturels et des êtres vivants. C'est dans ce but que sont utilisées les méthodologies décrites ci-dessus. Les fonctions décrites par les modèles sont donc supposées correspondre à des principes naturels. Cette correspondance incite parfois à croire que les principes naturels sont compris, ce qui peut prêter à controverse, surtout lorsque le modèle est très simple. Que le modèle mène à une modélisation ou non ne change rien à cet état de fait, mais rend la chose plus critique encore. En effet, après comparaison des résultats avec le comportement humain, on est parfois tenté de croire que le modèle reproduit une partie de ce qui fait l'homme, et dans le cas des recherches en psychologie, une partie de la cognition, ou même de la conscience humaine.

Ce problème a généré de nombreux débats et ouvrages beaucoup plus théoriques et philosophiques que pratiques avec des auteurs comme Churchland et Churchland, Dennet, Fodor, Penrose, ou Searle. Il n'est pas dans notre but d'entrer dans ce débat même s'il est possible d'aller plus loin que de simples propositions théoriques comme l'ont fait par exemple Edelman, le groupe LO de

Lakoff, ou dans un autre registre Brooks et les robots autonomes. Pour notre part, nous ne cherchons pas à simuler l'être humain ou son système cognitif, mais à tester la validité et la cohérence d'hypothèses quant aux structures et processus que le corps et le cerveau sont susceptibles de mettre en œuvre pour traiter le langage. L'utilisation de l'ordinateur est pour nous un moyen de faire des expériences sur des données réelles et volumineuses aussi proches que possible de celles auxquelles fait face l'être humain. La manière dont ces opérations peuvent être mise en place dans notre cerveau relève d'une autre préoccupation dans laquelle nous ne faisons pas intervenir l'ordinateur, en tout cas pas dans le cadre de nos recherches actuelles.

Par exemple, la première période de mes recherches a porté exclusivement sur les premières étapes et traitements purement perceptifs des processus linguistiques, et en particulier de la lecture, en utilisant des images brutes de mots manuscrits. Cette recherche avait pour but de caractériser les étapes nécessaires à ces traitements. Pour cela, l'activité de modélisation suivait les principes proposés par Marr (1982) qui expose une problématique en trois volets : 1) les principes à mettre en œuvre, 2) les techniques d'implémentation et 3) la réalisation physique. Dans cette problématique, les principes sont communs à l'homme et à l'ordinateur, les techniques peuvent varier de l'un à l'autre et la réalisation physique est évidemment différente.

Dans ces recherches, le mécanisme complexe de perception du langage était présenté comme un ensemble de systèmes d'entrées-sorties. S'appuyant sur les concepts de la théorie du traitement de l'information, cette démarche conduit à aborder des questions de fond telles que celles du format de l'entrée et de la compatibilité des formats, celles de la discontinuité structurelle du traitement et de l'interface entre entrées et sorties qualitativement hétérogènes ou encore celle de la structure logique de l'ensemble des opérations et donc de la chronologie des traitements. Ces questions, généralement éludées par la psychologie classique dans la mesure où elles échappent à l'expérimentation, sont fondamentales pour la modélisation. En effet, comme toute activité cognitive, la compréhension du langage se déroule dans le temps, suit une certaine chronologie déterminée par sa structure logique, et comporte des entrées et sorties hétérogènes. On y observe

donc des discontinuités structurelles définissables en terme d'étapes. Tout ceci se traduit par un degré croissant d'élaboration des produits intermédiaires des traitements et pose des problèmes d'interface et de compatibilité des formats.

Un autre exemple est celui de mes recherches actuelles. Leur but (technique) est d'utiliser des données réelles de langage pour aller le plus loin possible dans la construction des structures langagières de la syntaxe en évitant le plus possible d'insérer des connaissances prédéterminées. Pourquoi cette approche serait-elle supérieure à l'approche théorique mathématique de travaux comme ceux de Gold (1967) et de Wexler et Culicover (1980) ? Si ces chercheurs ont démontré une impossibilité mathématique, qu'est ce qu'une approche pratique peut fournir de plus ? Nous verrons plus loin (voir chapitres 4 et 6) que ces auteurs se sont basés sur des a priori théoriques dont de nombreuses recherches postérieures ont montré qu'ils ne survivaient pas facilement à l'épreuve des faits. Seule l'utilisation de données réelles permet de garantir l'adéquation d'un modèle avec les comportements observés. Si l'on remet en cause la description usuelle de la compétence langagière des êtres humains, alors le travail de simulation avec des données réelles devient un moyen expérimental d'exploration de la nouvelle forme de compétence langagière que nous recherchons.

Si aucun des deux exemples ci-dessus ne mène à une élaboration d'un modèle informatique du fonctionnement cérébral, ceci ne nous empêche pas d'étudier la manière dont ces traitements peuvent être accomplis par l'être humain ou développés par l'enfant, et, en particulier, la manière dont des troubles peuvent apparaître, se diagnostiquer et se rééduquer. Il est clair que pour diagnostiquer des troubles, il faut connaître les processus mis en œuvre, ce qui est le but de nos travaux, réalisés avec des outils qui nous semblent appropriés et puissants.

3 PERCEPTION DU LANGAGE

3.1 Dyslexie profonde et lecture globale des mots

La neuropsychologie cognitive fait partie depuis les années 1980 des recherches incontournables pour la connaissance des mécanismes du langage et de la cognition. Ceci est dû principalement à la démonstration de la capacité des recherches neuropsychologiques à trancher des questions expérimentales de première importance et de repérer des phénomènes d'intérêt théorique majeur insoupçonnables chez le sujet normal. On a ainsi pu mettre en évidence l'existence de nombreux troubles sélectifs très instructifs sur le plan théorique, lorsque la réorganisation fonctionnelle intervenant à la suite d'une lésion cérébrale n'affecte pas la fonction des mécanismes résiduels. Ceci a permis de mettre en évidence des dissociations insoupçonnables chez le sujet normal et d'observer les manifestations de produits inachevés des traitements, produits qui, dans les conditions normales, ne se seraient jamais manifestés sur le plan comportemental (voir Shallice, 1988).

Ainsi, les patients souffrant d'alexie pure ou de dyslexie de surface (Patterson et al., 1985) ne peuvent lire qu'en identifiant les lettres des mots d'une façon séquentielle. Cette lecture lettre à lettre est très laborieuse (bien que ces patients soient capables d'identifier les lettres aussi rapidement que les sujets normaux) et très perturbée pour les langues présentant d'importantes irrégularités entre l'écrit et l'oral (comme le français et l'anglais). Contrairement à celle des sujets normaux, la lecture de ces patients n'est affectée ni par la forme globale des mots ni par leur fréquence et reste proportionnelle à leur longueur. À l'opposé, la pathologie de la lecture présente un phénomène inverse. Les dyslexiques profonds sont en général incapables d'identifier les lettres tout en étant par ailleurs capables de lire certaines classes de mots. Leur lecture, qui ne présente aucunement le caractère laborieux des alexiques purs, est toutefois entachée d'erreurs dont les plus remarquables sont les erreurs sémantiques (exemple : *prêtre* pour *église*).

Cette dissociation a mené à des modèles de la lecture à deux voies (Morton, 1969; Coltheart, 1985; Coltheart, Curtis, Atkins, & Haller, 1993), où une voie traite la forme globale des mots tandis que l'autre réalise une lecture lettre à lettre. Il existe des modèles concurrents comme ceux de McClelland & Rumelhart (1981) ou Seidenberg & McClelland (1989) qui sont basés sur le traitement en parallèle des réseaux de neurones formels. Ces derniers modèles ne paraissent toutefois pas révéler une véritable explication des processus globaux de lecture dans la mesure où leur entrée est déjà découpée en lettres, ce qui ne semble pas, au vu des performances des alexiques purs, quelque chose de simple à réaliser, surtout dans le cas de l'écriture manuscrite (Rosenthal & Parisse, 1995).

Il faut bien mesurer l'originalité des performances des dyslexiques profonds (Coltheart et al., 1980). Ils sont incapables de reconnaître les lettres de l'alphabet et ils ne peuvent pas non plus lire les non-mots. Ils sont néanmoins capables de lire certains mots, avec plus ou moins de difficultés selon leur catégorie grammaticale. Ainsi, alors que les mots fonctionnels, tels qu'articles ou conjonctions sont très rarement lus, les mots pleins (noms, verbes...) posent peu de difficultés, à ceci près que leur lecture est susceptible de se traduire par des paralexies sémantiques (par exemple, lorsque *étudier* est énoncé à la place de *instruit*) ainsi que, plus rarement, des erreurs dérivationnelles (*artiste* au lieu de *art*) et même visuelles (*organe* au lieu de *origine*).

Ce comportement appelle plusieurs observations :

- il montre que le décodage lettre à lettre n'est pas une condition sine qua none pour reconnaître certains mots.
- il montre que la syntaxe intervient dans la lecture dès les premières étapes perceptives; sinon, comment expliquer la différence entre la lecture des mots pleins et des mots fonctionnels ?
- il suggère que la sémantique est susceptible d'intervenir sans qu'il y ait identification exacte du mot, sinon, comment expliquer les paralexies sémantiques de ces patients ?

Ces observations invitent à repenser la conception de la reconnaissance des mots écrits, le rôle qu'y joue l'analyse des lettres, et celui de la syntaxe et la

sémantique. La lecture chez les dyslexiques profonds suggère qu'un mot peut être identifié dans certaines conditions de façon assez précise (mais non parfaite) à l'aide de sa seule forme globale, sans avoir à recourir à un découpage en lettres ni à aucun traitement basé sur la notion de lettres. Des expériences ont mesuré l'influence de la forme globale des mots et confirmé qu'une identification non-exhaustive des lettres permet de lire les mots. Toutefois, ceci ne fournit aucun détail sur les processus mis en œuvre d'où le besoin d'une recherche sur la reconnaissance de mots manuscrits sur ordinateur à l'aide de la seule forme globale des mots. Traiter l'écriture manuscrite est un critère important car cela garantit que les processus automatiques implémentés traiteront des données suffisamment variables et disparates pour être plus proches de celles du traitement visuel humain que celles qui correspondraient à des caractères imprimés. En effet, non seulement l'homme lit le manuscrit presque aussi facilement que l'imprimé, mais il le fait en toutes circonstances, sans aucune garantie de stabilité quant au cadrage, au positionnement de la feuille ou du support. Un infime mouvement de tête modifie l'image de manière plus forte que le repositionnement d'une feuille dans un scanner optique d'ordinateur. C'est pour nous rapprocher autant que possible d'une situation humaine ordinaire que nous avons travaillé sur l'écriture manuscrite libre (c'est-à-dire sans que l'utilisateur soit contraint à un type de tracé ou d'alignement).

3.2 Modéliser la reconnaissance globale de formes de mots

3.2.1 Reconnaissance globale de formes manuscrites sur ordinateur

Ce travail a été réalisé sur plusieurs années dont celles qui ont mené à ma thèse d'université (Parisse, 1989). Le travail de thèse a porté uniquement sur une reconnaissance purement globale par approximation de formes de mots, les éléments d'apprentissage étant constitués d'images complètes de mots qui étaient comparées aux mots à reconnaître. Le but du travail était de découvrir des procédés de comparaison de forme qui s'affranchissent des variations d'écriture, de taille et de cadrage des mots. Il était alors impossible de reconnaître un mot connu, mais jamais rencontré à l'écrit. A la suite de la thèse, il a fallu donc développer des algorithmes permettant d'étendre à un grand vocabulaire (voir ci-

dessous paragraphes 3.2.3 et suivants) un apprentissage réalisé sur un lexique réduit (Parisse, 1996) et s'affranchir des problèmes de détermination de seuils (Parisse, 1992; Parisse, 1993).

Dès les premiers travaux sur la reconnaissance automatique de l'écriture manuscrite s'était posé le problème du choix entre approche globale visant à traiter des mots entiers (Mermelstein & Eden, 1964) et approche analytique consistant à traiter les mots lettre à lettre (Earnest, 1962). Une reconnaissance lettre à lettre présentait l'énorme avantage de limiter la comparaison à des formes simples pour lesquelles des heuristiques de comparaison sont plus faciles à mettre au point. C'est pourquoi cette approche a été la plus développée, permettant de traiter avec succès les mots composés de lettres clairement séparées (l'imprimé ou le manuscrit lorsque le scripteur prend soin de bien séparer les lettres qu'il trace). Les difficultés ont surgi avec l'écriture manuscrite libre où il est impossible de découper un mot en unités élémentaires a priori et où ces formes élémentaires présentent des variations considérables. Les techniques actuelles les plus courantes consistent donc à ne pas segmenter en lettres l'image d'un mot, mais à extraire de cette image des informations qualitatives et quantitatives appelées caractéristiques qui sont ensuite regroupées en lettres, puis en mots, par des techniques de reconnaissance syntaxique ou statistique (Badie & Shimura, 1982; Bozinovic & Srihari, 1989; Chen, Kundu, Zhou, & Srihari, 1992; Gillies, 1992; Lecolinet, 1993).

La reconnaissance globale de mots manuscrits présente certains avantages lorsque l'écriture est sans contrainte ou de mauvaise qualité. Dans ces cas, on se trouve régulièrement confronté à l'absence ou à la déformation importante d'une ou plusieurs lettres dans un même mot. Ce problème rend souvent l'approche analytique inapplicable. Or ces déformations locales ne modifient que rarement la forme d'ensemble du mot, d'où l'intérêt de procédures de reconnaissance globale. Toutefois un mot possède une forme globale extrêmement complexe, et ceci d'autant plus que l'écriture est irrégulière. C'est probablement pourquoi les travaux sur la reconnaissance globale de mots manuscrits sont restés rares (Frag, 1979; Gilloux & Leroux, 1992; Madhvanath & Govindaraju, 1992).

L'écriture manuscrite présente des formes très variables d'un scripteur à l'autre ainsi que chez un même scripteur. Une comparaison directe de formes par simple mise en correspondance est impraticable. Il faut donc passer par des transformées, c'est-à-dire des opérations qui interprètent la représentation initiale du signal et fournissent quelque chose de plus simple à comparer. Un tel traitement de la forme du mot doit, pour être intéressant, refléter des propriétés structurelles de l'écriture. Si ce n'est pas le cas, on n'obtiendra qu'une autre image, aussi complexe et difficile à comparer que l'image originale. Ainsi, les transformées orthogonales de type Fourier, Hadamard et autres n'ont pas donné de très bons résultats sur le manuscrit car l'écriture d'un mot n'est pas un signal pseudo-périodique comme peut l'être le signal de parole. La plupart des travaux portant sur la reconnaissance analytique des symboles alphanumériques utilisent des transformations reflétant les propriétés du tracé de l'écriture. Il existe des recherches qui ont utilisé ces traitements pour reconnaître des mots de manière globale. Des caractéristiques très simples comme les dépassements vers le haut ou le bas, la présence d'occlusions dans le tracé, d'accents ou de points, servent à filtrer le lexique des mots connus (Earnest, 1962). Cette méthode présente deux inconvénients. D'une part, il ne s'agit pas d'une véritable reconnaissance globale. La seule globalité vient de ce que les lettres forment des parties d'un tout (le mot) à sélectionner dans un lexique. La reconnaissance de forme elle-même est locale et basée sur des propriétés du tracé des lettres. D'autre part, cette technique nécessite une écriture de bonne qualité car les éléments (informations) de reconnaissance sont pauvres et l'omission ou la confusion d'un seul élément peut empêcher la reconnaissance du mot.

La rareté des recherches dans la reconnaissance de formes globales de mots manuscrits, et surtout la rareté de l'approche recherchée dans le cadre du présent travail, a incité à reposer le problème. Il ne s'agit pas de mettre au point de nouvelles méthodes d'extraction de caractéristiques, mais de réaliser une véritable comparaison globale entre formes. L'image d'un mot est très complexe et sa forme globale n'est pas le reflet de tous les accidents locaux du tracé des lettres qui composent ce mot. Ainsi, un mot manuscrit formé de lettres agglutinées et simplifiées à l'extrême contient presque toujours des zones qui, détachées du

contexte du mot, ne seraient plus identifiables. Pour lire de tels mots, le lecteur humain est amené à retrouver une sorte de forme prototypique du mot complet. La notion de prototype est intéressante du point de vue de l'Intelligence Artificielle dans la mesure où elle suggère que tous les éléments du tracé ne sont pas traités. Une simplification de la forme de l'image d'un mot peut fournir en elle-même une sorte de prototype. Il faut pour cela que cette simplification reflète des propriétés globales de la forme des mots et de l'écriture en général. Elle doit éliminer les informations à caractère local (souvent les plus variables) et autoriser l'application d'algorithmes de comparaison portant directement sur la forme des mots. Dans ces conditions, il devient possible de rapprocher l'image d'un mot inconnu de celles de mots déjà rencontrés pour un scripteur donné. Le mot est identifié comme celui dont l'image simplifiée est la plus proche des images simplifiées de mots connus. Un tel système de reconnaissance de forme, global et approximatif, ne permet toutefois pas de différencier des mots visuellement très proches et doit être complété par des vérifications à caractère local pour aboutir à une reconnaissance précise. Il permet par contre de s'affranchir de beaucoup de problèmes de détermination de seuils avant toute segmentation ou extraction de caractéristiques locales. Lorsque des traitements fins et locaux deviennent absolument nécessaires, on dispose de propositions sur l'identité des mots, ce qui rend ces traitements beaucoup plus précis et fiables (Favata & Srihari, 1992; Lecolinet, 1993). Avant tout, il a fallu mettre au point des procédés d'approximation et de comparaison de formes de mots.

3.2.2 *Approximation de l'image des mots*

Les techniques d'approximation (simplification) de formes de mots visent à obtenir une version plus simple de l'image d'un mot digitalisé. À l'inverse des techniques classiques d'extraction d'indices morphologiques, le but est de conserver une *image* ou *forme* au sens ordinaire du terme, tout en faisant ressortir les éléments les plus stables de l'image du mot. C'est sur cette image simplifiée que sera alors réalisée une comparaison de forme directe (immédiate), c'est-à-dire sans passer par une étape symbolique intermédiaire.

Les caractéristiques spécifiques de l'image globale d'un mot extrait d'une page de texte sont assez peu nombreuses, surtout dans une écriture non contrainte de qualité quelconque (on appellera désormais écriture libre une telle écriture). On peut en général admettre que cette image est bicolore et qu'on connaît son orientation. Il existe un type de traitement toujours réalisable à partir d'une forme noire sur fond blanc (ou inversement) : l'extraction de ses contours (limites des deux couleurs). De plus, la connaissance de l'orientation de cette forme permet de diviser les contours obtenus en parties hautes et parties basses. Cette partie du traitement est complètement indépendante du type de signal, écrit ou autre.

La notion de contour haut et bas d'un mot est construite à partir des points de l'image digitalisée du mot qui sont sur les bords d'un tracé ouvert vers l'extérieur de l'image. Ceci décrit ce qu'on appellera contour initial haut d'un mot. La suite de vecteurs orientés calculée à partir de ces points fournit une information apparentée (mais plus complète) à celle de la localisation des dépassements du corps du mot. Cette suite de vecteurs sera appelée *profil haut* d'un mot. Le même calcul est réalisé pour le *profil bas* (bords du tracé orientés vers le bas). On appellera désormais de manière générique *profil* le couple formé du profil haut et du profil bas. D'une représentation en matrice de points, on passe donc à une représentation sous forme de deux suites de vecteurs orientés représentant les contours simplifiés du mot. Les techniques de comparaison peuvent porter directement sur ces suites de vecteurs. Cette approximation par simplification de contours présente plusieurs avantages. Toute comparaison de formes aussi variables que des mots manuscrits impose l'utilisation d'une comparaison non-linéaire. Or ce type de comparaison, connu et éprouvé pour des signaux temporels ou unidimensionnels (par exemple en reconnaissance de la parole, Miclet, 1984; Haton, Pierrel, Perennou, Caelen, & Gauvain, 1991), ne possède pas de solution simple à ce jour pour des signaux bidimensionnels (Miclet, 1984). L'approximation par contour haut et bas permet de réduire un signal bidimensionnel à deux signaux unidimensionnels. Toute comparaison ne se fera qu'entre parties hautes ou entre parties basses de profils. Le signal est donc structuré et beaucoup plus aisé à comparer en utilisant des techniques de type programmation dynamique. Cette structuration permet également de contrôler les

simplifications réalisées. Elle évite l'utilisation de seuils locaux (nécessaires pour extraire des caractéristiques) et se contente de seuils et d'informations globaux (orientation de la page, taille moyenne des mots, finesse de la digitalisation).

3.2.2.1 Profil haut et profil bas

Il est aisé d'extraire le contour complet d'un mot à partir de l'image digitalisée. Il suffit de ne conserver que les points noirs ayant au moins un voisin blanc. L'algorithme utilisé pour suivre les contours et chaîner entre eux les points issus des contours est celui de Pavlidis (1986). Un mot se décompose en éléments connexes en fonction d'éventuelles interruptions du tracé. Chaque élément est composé d'un contour externe et éventuellement de contours dits internes correspondant aux occlusions figurant dans un élément connexe (lettres a, e, o, b, p, etc.). La décomposition complète d'un mot peut être représentée sous la forme d'un arbre dont les feuilles contiennent les contours avec leur position. Hélas, la forme de cet arbre peut se révéler très différente d'une occurrence d'un mot à l'autre. En effet, deux lettres liées dans un mot peuvent ne plus l'être dans l'occurrence suivante de ce mot ; les points et accents peuvent dans une écriture libre être attachés ou non au corps du mot ; la barre horizontale de la lettre 't' peut ne pas toucher le corps de la lettre, sans oublier que le mot peut être dégradé, une lettre coupée en deux, ... De tels graphes sont difficiles à comparer car la combinatoire de comparaison est très grande, un élément pouvant correspondre à n'importe quelle suite d'éléments. Une telle comparaison n'est réalisable qu'en utilisant une procédure très fortement guidée par des considérations sur la structure d'une forme de mot.

Pour éviter la mise au point d'une procédure complexe de comparaison entre graphes, il faut encore simplifier l'ensemble des points de contours pour pouvoir réaliser une comparaison élémentaire. Cette simplification porte sur deux aspects : le graphe de description des contours et la forme des contours eux-mêmes. La figure 1-b montre, pour le mot "robin", tous les points de contours générés pour chaque forme connexe « ro,bi,n » du mot « robin » de la figure 1-a. La première simplification consiste à supprimer tous les contours internes (occlusions dans « o » et « b » – voir figure 1-c). Ensuite, pour chaque contour, on

sépare le haut du bas. Les points de chaque partie haute ou basse de contour sont transformés en une suite de vecteurs. Toutes les suites de vecteurs obtenues pour les parties hautes sont alors concaténées selon le sens de l'écriture. On obtient ainsi le *profil haut* de l'image du mot. Puis, le même procédé est appliqué sur les parties basses pour obtenir le *profil bas*. Le profil (couple formé du profil haut et du profil bas) ainsi extrait correspond donc à deux séries de vecteurs représentant respectivement le haut et le bas du mot (voir figure 1-d). Avant de décrire la méthode de vectorisation, il est important d'analyser les transformations ainsi réalisées.

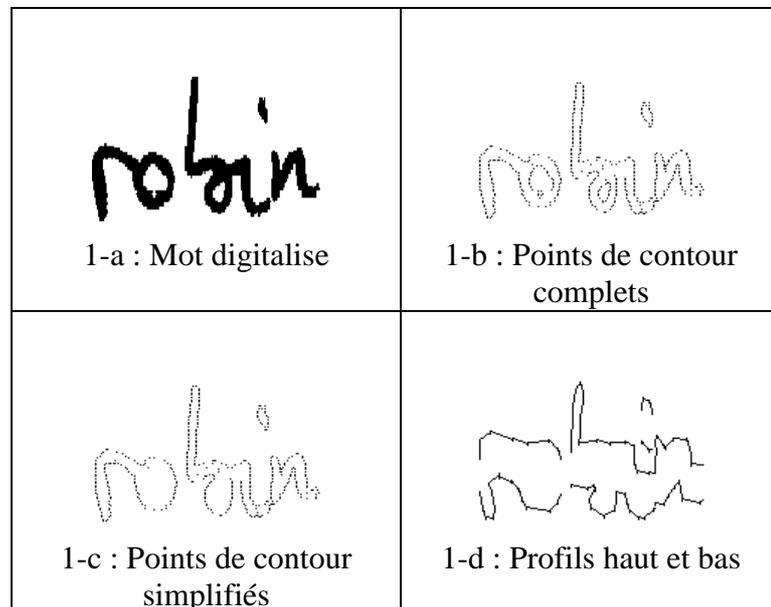


Figure 1 : Contours et profils pour le mot « robin »

Préalablement à toute reconnaissance, il faut éliminer de la forme du mot les accidents susceptibles de perturber les comparaisons. Le but n'est pas tellement d'appauvrir les données en les simplifiant brutalement mais d'éliminer l'influence de modifications mineures tout en conservant l'allure générale du signal. Le procédé d'approximation se doit donc d'être progressif, éliminant complètement les variations de forme infimes, adoucissant les variations moyennes et maintenant la forme fondamentale. C'est pourquoi les contours sont vectorisés avant d'être comparés. L'élimination des occlusions participe aussi à cette approximation : elle supprime des éléments variables et instables et ne laisse

subsister qu'une image simplifiée du mot (les contours les plus externes) qui reste proche de celle du mot original. Les occlusions peuvent toutefois être réutilisées par la suite pour affiner les résultats de la reconnaissance.

La concaténation des profils des différents éléments connexes figurant dans un mot permet, même si elle introduit des éléments parasites, de comparer deux mots dont le découpage en éléments connexes est différent. Les comparaisons entre formes de mots porteront sur les suites de vecteurs représentant des contours complets, les parties hautes et basses étant traitées séparément.

3.2.2.2 Profils fins versus profils projetés

	
	
Mots digitalisés	Profils fins obtenus

Figure 2 : Variation dans les profils fins

La simplification de profils de mots qui vient d'être présentée peut se révéler insuffisante lorsqu'on considère les variations de l'écriture manuscrite libre de toute contrainte. Par exemple, dans la figure 2 les contours obtenus pour le même mot manuscrit « sauce » sont très différents : en haut, lettre « a » avec une occlusion fermée et lettre « c » correctement formée ; en bas, lettre « a » avec une occlusion ouverte et lettre « c » incorrectement formée. Il est donc nécessaire de réaliser des simplifications plus importantes –plus grossières– pour obtenir des contours plus stables entre occurrences d'un même mot. Une nouvelle méthode reprend les principes mis en oeuvre précédemment : utilisation de la partie haute

et basse du mot de façon séparée, non prise en compte des occlusions, conservation des accents ou des points (typographiques sur i et j) dans la forme globale du mot. Par contre, elle utilise la forme du mot en un seul tenant plutôt qu'élément connexe après élément connexe. Pour générer le profil haut d'un mot, on ne considère que les points noirs d'ordonnée maximale pour chaque verticale de l'image du mot et, pour les profils bas, les points noirs d'ordonnée minimale. L'ordre des points extraits du contour est simplement l'ordre de ces points sur l'axe horizontal.

Algorithme d'extraction des points de contours hauts :

```
soit IM l'image digitalisée et cadrée du mot
soit PTS un tableau de points qui contiendra le résultat de l'opération
for k = 1 to horizontal size of IM
    PTS[k] = premier point noir de la colonne k de IM en partant du haut
                de l'image
    if column k of IM is empty then PTS[k] = PTS[k-1]
end for
```

La figure 3 montre, pour le même mot manuscrit *sauce*, les points retenus ainsi que les profils obtenus après vectorisation. Cette vectorisation (voir ci-dessous) est réalisée en une seule passe (haut et bas séparément) à l'aide du même algorithme que celui utilisé pour les profils fins. Comme précédemment, on obtient deux suites de vecteurs (haute et basse) qui caractérisent le profil du mot. Les cas d'interruptions dans le tracé du mot forment une continuité horizontale assez naturelle. Les marqueurs supérieurs de mots (points et accents) sont conservés lors de l'extraction de points du profil haut. Chaque marqueur aura tendance à créer un pic dans le profil et de ce fait influera sur les opérations de comparaison.

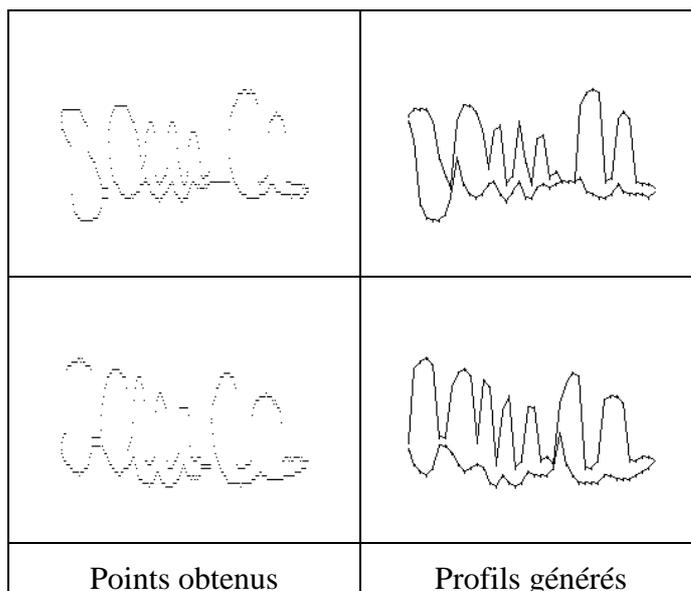


Figure 3 : Variations dans les profils grossiers

Il faut remarquer que l'ensemble des points extraits de l'image digitalisée du mot ne représente qu'une faible partie des points de contour du mot. Une partie importante de l'information disponible est négligée. Ainsi, ni les occlusions, ni les formes convexes ne sont prises en compte (sur les figures 2 et 3, il s'agit de l'intérieur du « s » et du « c »). Cet abandon permet d'ignorer un grand nombre de petites variations (occlusions presque fermées, liaisons entre lettres, parties de lettres en creux). Les profils obtenus, que l'on appellera *profils projetés* par opposition aux *profils fins* décrits précédemment, sont plus stables d'une occurrence d'un mot à l'autre, ce qui compense la perte d'information. De manière encore plus marquée qu'avec les profils fins, on supprime des informations trop précises qui ont, par leur diversité, tendance à masquer le paramètre le plus important pour commencer à reconnaître un mot : son allure, c'est-à-dire la classe dont fait partie sa forme *globale*. Rien n'interdit par contre d'utiliser une conjonction des différents types de profils pour travailler de façon plus ou moins globale.

3.2.2.3 Vectorisation et comparaison des profils

Lors de la vectorisation des points de contour, il est judicieux de tenir compte des propriétés de la comparaison dynamique. Il s'agit d'une méthode non-linéaire de comparaison de chaînes qui autorise des insertions ou des suppressions

dans la chaîne à identifier lors de sa mise en correspondance avec une chaîne connue. Un des paramètres à fixer est le coût des insertions et des suppressions. La technique la plus simple est de dupliquer l'élément de la chaîne le plus proche. Cette technique suppose que deux éléments contigus des chaînes à comparer (ici, des vecteurs) sont proches les uns des autres (au sens de la distance de comparaison des éléments). La vectorisation doit donc être assez fine pour que cette condition soit satisfaite. Comme les vecteurs obtenus sont contigus, la fin d'un vecteur correspond au début du vecteur suivant. La seule exception est celle des profils fins aux jonctions entre les séries de points issues des différentes composantes connexes du tracé d'un mot. Sauf cas particulier, deux éléments successifs seront toujours proches par leur position dans le mot et auront des directions semblables lorsque le tracé du mot ne varie pas brutalement. Pour renforcer cette continuité, chaque vecteur correspond à l'approximation du même nombre de points issus du contour original.

L'algorithme de vectorisation d'une suite de points consiste à regrouper les points de n en n en suivant leur ordre initial. Chaque groupe de n points successifs est remplacé par le vecteur allant du premier point au dernier point du groupe. Cette méthode est plus simple et plus grossière qu'une méthode réalisant une véritable approximation (par exemple méthode des moindres carrés), mais si n est assez petit, la différence est négligeable. La valeur de n peut dépendre du type et de la taille de l'écriture ainsi que de la finesse –du grain– du signal original représentant le mot. On appellera désormais *pas d'échantillonnage* le paramètre n .

Algorithme de vectorisation d'une suite de points :

soit **P** la suite des points à vectoriser

soit **V** la suite des vecteurs résultat

soit **n** le pas d'échantillonnage

for **k** = 0 *to* (nombre de points à vectoriser) / **n**

les **n** points allant de **P[k*n]** à **P[(k+1)*n-1]** servent à générer le vecteur **k** défini comme suit : **V[k]** débute en **P[k*n]** et se termine en **P[(k+1)*n-1]**

end for

L'algorithme de programmation dynamique utilisé pour comparer deux suites de vecteurs possède les deux propriétés suivantes : les opérations d'insertion et d'ajout ont le même coût ; la distance élémentaire calculée entre un vecteur élément A d'origine x_A et y_A , de taille l_A et h_A et un vecteur élément B d'origine x_B et y_B , de taille l_B et h_B est donnée par la formule :

$$\frac{|y_A - y_B|}{|y_A| + |y_B|} + \frac{|l_A - l_B|}{|l_A| + |l_B|} + \frac{|h_A - h_B|}{|h_A| + |h_B|}$$

Equation de calcul de distance entre vecteurs

Les valeurs d'abscisse du point origine x_A et x_B sont ignorées dans le calcul de la distance. Ceci permet d'utiliser cette distance pour des comparaisons de parties de mots (voir page 29). Ces valeurs n'apportent de toute façon pas beaucoup d'information –car les vecteurs se suivent– et de plus, leur absence simplifie les calculs. Les valeurs obtenues sont normalisées de l'ordre de grandeur des données à comparer. Les différences entre deux vecteurs sont donc relatives et non absolues. Les opérations de normalisation se font séparément sur l'origine et sur la taille des vecteurs.

La reconnaissance globale d'un mot consiste à transformer son image en profil puis à rechercher le plus proche parmi un ensemble de profils connus. Pour cela, il suffit de mesurer la distance entre deux profils quelconques. Plus cette distance sera petite, plus le profil du mot à reconnaître sera considéré proche du

profil connu. Le profil haut du mot à reconnaître est comparé par comparaison dynamique avec le profil haut du mot connu. La même opération est ensuite faite sur les profils bas. La distance entre deux mots (en réalité entre deux profils) consiste en la somme des deux résultats de comparaison. La nature de ces comparaisons est globale, indépendante de la structure de la langue ou de l'écriture, comme s'il s'agissait de formes quelconques.

3.2.2.4 Résultats obtenus par la méthode d'approximation seule

Le système de reconnaissance a été testé sur trois scripteurs (voir Tableau 1). Le but des tests était d'évaluer rapidement mais efficacement la validité et la portée de l'approche décrite. C'est pour cela que les scripteurs sélectionnés ont des écritures très différentes les uns des autres. Comme chaque test nécessite l'écriture d'un grand nombre de mots, les premiers corpus de test sont constitués de mots morphologiquement très proches. Cette proximité morphologique permet de réduire la taille des tests. Ainsi, les corpus de test utilisés ne comportent que des mots de cinq lettres. Pour les corpus 2 et 3, on a renforcé la ressemblance des mots en limitant la première lettre aux deux valeurs « r » et « s ». Les tests réalisés sont mono-scripteur.

Numéro du corpus de test	1	2	3
Taille de l'échantillon de test (mots)	112	174	132
Taille du corpus d'apprentissage (mots)	978	174	144
Nombre de lettres par mots	5	5	5
Autres caractéristiques		Mots commençant par « r » ou « s » seulement	

Tableau 1 : Caractéristiques des corpus d'apprentissage et de test

La limitation des mots d'apprentissage et de test a pour but de réduire la taille des corpus à traiter tout en restant dans un degré de difficulté raisonnable. Les résultats obtenus pour la reconnaissance globale de formes complètes sont présentés dans le tableau 2. Etant donné que le but du travail était de réaliser une première approximation qui peut être suivie de procédures complémentaires de

reconnaissance de formes, les résultats sont présentés pour les n meilleurs choix, avec n allant de 1 à 10.

Nombre de meilleurs choix	1	2	5	10
Scripteur 1	60	73	83	88
Scripteur 2	60	69	81	88
Scripteur 3	66	76	86	92

Tableau 2 : Pourcentages de reconnaissance pour les formes complètes de mots

3.2.3 Reconnaissance par recherche de n -grammes

Un simple système de reconnaissance globale de mots complets est limité aux mots connus pour une écriture donnée. Il faut, pour que le système puisse reconnaître un mot parmi 5000, que ces 5000 mots soient écrits par le scripteur de façon préalable à toute reconnaissance. De plus, un même mot peut comporter plusieurs variantes très différentes les unes des autres. Dans ce cas, l'obtention de bons résultats passerait par l'écriture séparée de toutes les variantes. Une telle approche est bien sûr impraticable, autant parce qu'elle est fastidieuse que parce que le scripteur utilisant le système aura du mal à respecter les contraintes d'apprentissage (mots variables, clairement écrits, ...).

Pour rendre le système plus intéressant, il faut être capable de généraliser à un lexique important un apprentissage réalisé sur une partie du lexique (Parisse, 1996). Les méthodes d'approximation en profils doivent être complétées par un système de reconnaissance utilisant des unités infra-lexicales. La lettre est le candidat classique à un tel statut. Dans le contexte de ce travail, il est impossible d'utiliser une unité aussi courte. Tout d'abord, la reconnaissance ne serait plus globale et la démarche vidée de son intérêt. Ensuite, les méthodes d'approximations développées sont trop grossières pour être significatives sur un segment aussi petit. Enfin, les techniques permettant d'isoler des lettres (découpage du mot d'apprentissage en éléments) ne sont pas assez précises pour les localiser correctement. Les erreurs d'apprentissage seraient alors importantes et interdiraient toute reconnaissance.

L'option choisie est d'utiliser des unités plus longues qu'une lettre : les *n*-grammes. Il s'agit simplement de suites de lettres de longueur *n* quelconque. Ici, seules les suites de deux et trois lettres ont été utilisées car cette taille représente un moyen terme entre des segments trop courts et pas assez significatifs et des segments trop longs et nécessitant un apprentissage trop volumineux. L'apprentissage consiste à extraire des profils de *n*-grammes à partir de l'image de mots connus écrits par l'utilisateur du système. Ces profils de *n*-grammes sont des sous-profils de mots complets traités par l'une des méthodes d'approximation décrites précédemment. L'extraction et la recherche de profils de *n*-grammes posent un problème de segmentation. Ce problème peut être minimisé dans la mesure où, lors de la reconnaissance, les profils de *n*-grammes pourront se recouvrir les uns les autres. De plus, comme les erreurs de découpage dues à l'apprentissage portent sur le début et la fin des *n*-grammes, plus ceux-ci seront longs, plus ces erreurs seront proportionnellement faibles.

La reconnaissance n'est désormais plus fondée sur une comparaison globale de profils de mots, mais sur une recherche de sous-profils dans le profil du mot à identifier. À l'inverse de la plupart des techniques qui consistent à reconstruire un résultat à partir d'unités préalablement identifiées, la reconnaissance ne procède ici pas par composition d'unités. D'abord, tous les mots du lexique forment la liste des mots a priori candidats, puis tous les sous-profils connus sont recherchés dans le mot à identifier. L'ensemble de profils les mieux reconnus va permettre d'attribuer à chaque mot du lexique une note qui sera d'autant plus élevée pour un mot donné que plus de profils de *n*-grammes identifiés figurent dans ce mot, et ceci dans une position cohérente avec la position réelle du *n*-gramme dans le mot. Les profils de *n*-grammes reconnus peuvent se recouvrir ou être inclus les uns dans les autres. Il n'y a pas composition d'unités, mais recouvrement d'informations.

Cette technique permet d'associer des paramètres de plusieurs types (comme le type de profil, le pas d'échantillonnage), ce qui compense largement son surplus de complexité. La description du système se présente en trois parties :

- a. apprentissage (extraction de segments étiquetés)

- b. première étape de la reconnaissance (recherche de profils de n-grammes)
- c. seconde étape de la reconnaissance (création de la liste de mots-candidats)

3.2.3.1 Extraction de segments étiquetés

L'apprentissage consiste à extraire des mots d'apprentissage tous les segments étiquetés envisageables. Ces segments formeront, conjointement avec le lexique complet des mots à reconnaître, l'ensemble des informations utilisées lors de la reconnaissance.

La procédure d'extraction des profils de n-grammes est simple. Comme les n-grammes peuvent se recouvrir les uns les autres, à partir d'un mot M composé des lettres l_1 à l_m où m est le nombre de lettres du mot M , il va être possible de créer les n-grammes de deux lettres l_1-l_2, l_2-l_3 jusqu'à $l_{m-2}-l_{m-1}, l_{m-1}-l_m$, et les n-grammes de trois lettres $l_1-l_2-l_3$ jusqu'à $l_{m-2}-l_{m-1}-l_m$. Les n-grammes successifs ainsi obtenus se chevauchent. La mise en correspondance du n-gramme et d'une partie de profil se déroule de la manière suivante : on détermine le début et la fin théorique du n-gramme dans le mot en considérant que toutes les lettres ont la même longueur. Ensuite, on reporte ce début et cette fin sur la suite de vecteurs constituant le profil du mot. Si les limites d'un profil tombent à l'intérieur d'un vecteur et non sur une frontière de vecteur, la totalité de ce vecteur est conservée dans la création des profils de n-grammes (voir figure 4 pour un exemple). On obtient donc des segments, parties de profils de mots, étiquetés par la suite de lettres correspondante. L'opération d'extraction est effectuée sur les profils hauts puis sur les profils bas. Chaque segment étiqueté référence donc deux profils associés –haut et bas– complémentaires.

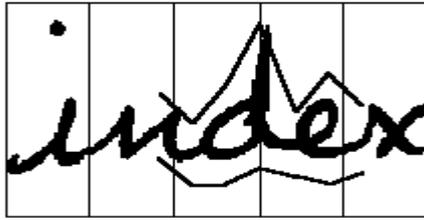


Figure 4 : Extraction du sous-profil 'de' dans le mot 'index'

Cette méthode de segmentation arbitraire est imprécise si les longueurs des différentes lettres d'un mot sont très variables. Toutefois, il s'avère qu'un test réalisé avec une segmentation parfaite car opérée manuellement, n'a pas donné de meilleurs taux de reconnaissance. Cela s'explique de trois façons : la longueur des n-grammes assure qu'au moins une partie du n-gramme est correcte (les extrémités des n-grammes ne sont pas toujours très fiables, mais une information correcte centrale est toujours présente) ; la superposition entre n-grammes minimise les erreurs de découpage (une information qui manque dans un segment sera contenue dans un segment adjacent) ; même si un segment est très mal étiqueté, son importance lors de la reconnaissance sera faible car un mot est reconnu, non à l'aide d'un seul n-gramme, mais à partir de la convergence d'un grand nombre de n-grammes.

3.2.3.2 Recherche des profils de n-grammes dans un profil inconnu

Il s'agit de rechercher les profils de n-grammes qui correspondent le mieux au profil du mot à reconnaître. La liste des n-grammes de profils les plus proches (appelés n-grammes intermédiaires) ainsi que leurs emplacements respectifs servira à constituer la liste des mots-candidats à la reconnaissance.

Il faut donc identifier les emplacements possibles du profil d'un n-gramme extrait lors de l'apprentissage dans le profil du mot à identifier. On commence par rechercher dans la suite de vecteurs du profil haut inconnu les sous-suites de vecteurs comparables à la suite de vecteurs du profil haut du n-gramme considéré. Le même traitement est ensuite effectué sur les suites de vecteurs du profil bas. Ces recherches de suites de vecteurs incluses dans une autre sont réalisées à l'aide d'un algorithme de programmation dynamique modifié. Cet algorithme fournit une liste d'indices de dissemblance pour les divers emplacements d'une sous-suite

de vecteurs. L'absence de contraintes sur le début et la fin des sous-suites de vecteurs impose l'application de pénalités sur les insertions et suppressions plus fortes que pour un algorithme de programmation dynamique standard.

Les meilleurs emplacements des parties hautes et basses des profils sont ensuite appariés de façon à obtenir une information relative à l'ensemble d'un segment étiqueté. Cet appariement consiste à associer les emplacements haut et bas physiquement les plus proches. Plusieurs localisations peuvent être repérées pour un même n-gramme dans le profil d'un mot.

La qualité de la correspondance entre un profil de n-gramme et une partie d'un profil inconnu est d'autant plus faible que les suites hautes et basses de vecteurs ont été mal reconnues et que les emplacements des extrémités de ces deux suites ont des abscisses différentes. On obtient ainsi les positions probables (p_{Ing}) d'un profil de n-gramme donné dans le profil du mot inconnu. Chacune de ces positions est l'extrémité du profil inconnu et le degré de similitude avec le profil du n-gramme correspond à l'indice de dissemblance (d_{Ing}). Chaque n-gramme connu est ainsi testé puis les n-grammes finalement retenus sont ceux dont l'indice de dissemblance est le plus faible. Le nombre de n-grammes à conserver ne doit pas être trop grand car il risque de se créer alors beaucoup trop de confusions. Toutefois, il ne doit pas non plus être trop faible et les n-grammes conservés pour construire la liste des mots candidats doivent représenter le début, le milieu et la fin du mot de façon équitable. Le système réalisé ici conserve 10 n-grammes identifiés pour chaque partie de mot. Une partie de mot correspond à la longueur moyenne de deux ou trois lettres. Le nombre de n-grammes conservés est donc proportionnel à la longueur en lettres du mot à reconnaître. Les n-grammes conservés sont appelés n-grammes *intermédiaires*.

3.2.3.3 Constitution de la liste des mots candidats

Une fois l'ensemble des n-grammes intermédiaires repérés dans le mot à reconnaître, il faut ordonner les mots du lexique pour définir les meilleurs mots candidats. Un mot donné (c'est-à-dire une suite de lettres) sera d'autant mieux placé que les n-grammes qui le constituent et leurs emplacements théoriques sont

compatibles avec les n-grammes intermédiaires retenus (emplacements réels). Il sera tenu compte des indices de dissemblance et des emplacements repérés.

Pour chaque élément du lexique, on calcule donc une note qui permettra d'ordonner ce mot dans la liste des mots candidats. Cette note est la somme des contributions de chaque n-gramme intermédiaire. Cette contribution est nulle si la suite de lettres correspondant au n-gramme intermédiaire (I_{ng}) n'appartient pas lexicalement au mot. Sinon on calcule la différence entre la position (p_{Ing}) réelle du profil de n-gramme connu dans le profil du mot à identifier et la position théorique lexicale (l_{Ing}) du n-gramme connu dans le mot candidat. Si cette différence est trop grande, la contribution du n-gramme est nulle pour ce mot. Cette différence est mise en valeur absolue et normalisée. Elle vaut 1 si les deux positions sont identiques et diminue jusqu'à 0 si la différence représente plus de 30% de la longueur du mot (on obtient une contribution nulle dans ce cas). La contribution appliquée est égale à l'inverse de l'indice de dissemblance (d_{Ing}) multiplié par la différence de position normalisée (p_{Ing}). La contribution est donc d'autant plus forte que le profil de n-gramme est repéré dans une position cohérente avec l'identité du mot-candidat et que ce profil est mieux reconnu. Ces deux éléments entrent à parts égales dans l'évaluation des mots candidats.

Algorithme de calcul de la note d'un mot à reconnaître après recherche des n-grammes intermédiaires

Le poids d'un mot M est la somme des contributions de tous les n-grammes intermédiaires I_{ng} de M où :

La contribution c d'un n-gramme intermédiaire I_{ng} de M est:

l_{Ing} = position lexicale de I_{ng} dans le mot M

p_{Ing} = position du profil de I_{ng} dans le profil de M

d_{Ing} = indice de dissemblance entre le profil de I_{ng} et le profil de M

$$\text{if } |l_{Ing} - p_{Ing}| < 0.3 \text{ alors } c = \frac{\left(1 - \frac{|l_{Ing} - p_{Ing}|}{0.3}\right)}{d_{Ing}} \text{ sinon } c = 0$$

L'ensemble des mots du lexique est ensuite trié en fonction de leur note (somme des contributions des différents n-grammes intermédiaires). Un mot sera donc d'autant mieux reconnu que plus de n-grammes intermédiaires en feront partie, que ces n-grammes seront bien placés et que la distance entre leur profil et celui du mot sera faible. Ce calcul ordonne complètement tous les mots du lexique mais ne fournit pas d'indices indiquant qu'un mot est à rejeter. En général, on considère que les n premiers mots de cette liste triée forment les n meilleurs candidats à l'identification du mot.

3.2.3.4 Évaluation avec pas d'échantillonnage fixe

Lors de la reconnaissance d'un mot sur un lexique de grande taille, il est possible de réaliser une présélection en fonction de la longueur des mots. Cette présélection modifie dynamiquement le lexique des mots pouvant être reconnus et permet donc de travailler sur des lexiques plus importants que le nombre de mots à reconnaître effectivement. Les tests présentés ont porté sur un lexique ne contenant que des mots de quatre à sept lettres, fourchette de présélection de taille raisonnable compte tenu de la variabilité de la taille des mots.

Le lexique de test comporte 16200 mots, ce qui représente environ le quart du nombre de mots de 4 à 7 lettres de la langue française (ces mots sont tirés d'un lexique original de 80000 mots). Il faut noter que cette réduction de la taille du lexique (de l'ordre de quatre fois) est meilleure que celle qui pourrait être faite pour des mots plus longs et donc de taille plus variable. Toutefois, la reconnaissance n'est pas toujours plus difficile sur des mots longs car ils sont plus informatifs et donc plus faciles à différencier entre eux. Les résultats obtenus pour les valeurs optimales de pas d'échantillonnage pour les deux types de profils sont présentés dans le tableau 3.

Profils fins				
Nombre de meilleurs choix	1	2	5	10
Scripteur 1	45	51	66	75
Scripteur 2	39	53	72	83
Scripteur 3	56	70	85	91
Profils projetés (grossiers)				
Nombre de meilleurs choix	1	2	5	10
Scripteur 1	70	81	84	88
Scripteur 2	46	63	76	85
Scripteur 3	57	75	87	94

Tableau 3 : Pourcentages de reconnaissance pour les meilleurs pas d'échantillonnage (méthode n-grammes, différents types de profils)

On peut voir dans ce tableau que les pourcentages de reconnaissance avec la méthode des n-grammes sont souvent moins bons qu'avec la méthode des mots complets, mais avec un lexique nettement plus important (16000 au lieu de 1000). On voit également que les profils les plus grossiers sont ceux qui fonctionnent le mieux avec cette méthode, probablement parce qu'ils sont plus robustes à la variation des conditions de reconnaissance, et notamment du pas d'échantillonnage. Il est possible de remédier à ce problème en utilisant une méthode de complémentarité des paramètres.

3.2.3.5 Complémentarité des paramètres

Chaque mot peut être plus ou moins bien reconnu selon le pas d'échantillonnage et le type de profil choisi. Par exemple, un mot reconnu pour une valeur de pas d'échantillonnage de 5 et 8 peut ne pas l'être pour 6 et 7, ou inversement (ou bien par un type de profil et pas par un autre). La figure 5 montre les variations du taux de reconnaissance en fonction des valeurs du pas d'échantillonnage (les pourcentages de reconnaissance sur cette figure vont de 40% à 63% pour les deux premiers choix).

La situation idéale serait celle où l'on connaîtrait exactement, pour chaque n-gramme et pour chaque mot, les paramètres optimaux à appliquer pour la reconnaissance. Hélas, ce type de connaissance fait partie de celles qu'on ne découvre qu'à posteriori, une fois le mot reconnu. Il est toutefois possible de

mettre en commun les résultats des différents paramètres pour les exploiter au maximum et par là même améliorer sensiblement la qualité de reconnaissance.

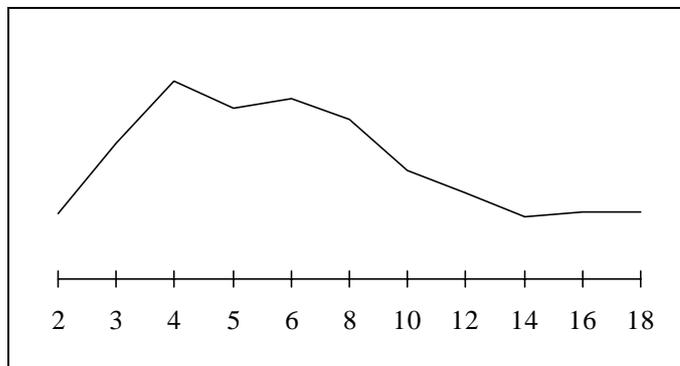


Figure 5 : Taux de reconnaissance en fonction des valeurs du pas d'échantillonnage

La technique utilisée ne nécessite aucune modification de l'algorithme de calcul de la note affectée à un mot du lexique en fonction des meilleurs n-grammes intermédiaires. La note précédemment calculée correspondait à la somme des contributions des meilleurs n-grammes intermédiaires pour un couple de paramètres donné (pas d'échantillonnage, type de profil). La nouvelle note sera tout simplement la somme de toutes les notes individuelles obtenues pour tous les couples de paramètres retenus (pas d'échantillonnage : 3 à 18 ; type de profils : fins ou projetés). Sur l'exemple précédent (figure 5), on obtient alors un taux de reconnaissance de 72% au lieu de 40 à 63% pour des couples de paramètres fixes.

Le gain de la reconnaissance par concours vis-à-vis de la reconnaissance pour la meilleure valeur d'échantillonnage est d'environ 5 à 10%, gain variant d'un scripteur à l'autre. L'intérêt est double car non seulement on résout le problème du choix de la valeur d'échantillonnage, mais on augmente en même temps la qualité de reconnaissance. Le choix des paramètres n'est cependant pas optimal car il serait possible, en théorie, d'augmenter de plus de 20% le taux de reconnaissance en sélectionnant la meilleure valeur d'échantillonnage en fonction du mot à reconnaître.

3.2.3.6 Résultats finaux

Le tableau 3 donnait les meilleurs taux de reconnaissance pour chacun des trois scripteurs (*S1*, *S2* et *S3*), pour les profils fins ou projetés (*Fin* et *Proj*), ceci pour une valeur donnée du pas d'échantillonnage. La différence avec le tableau 4 montre la nette amélioration obtenue en utilisant la composition des différents paramètres de reconnaissance. Cette technique permet également de s'affranchir du choix délicat du couple de paramètres le plus efficace pour la reconnaissance. Ce choix est non seulement dépendant du scripteur, mais varie en fonction des conditions et circonstances de la production des mots écrits. La composition des paramètres assouplit le système et ouvre la voie à l'adjonction de techniques complémentaires (autres types de profils ou de vectorisation).

Composition des tous les paramètres				
Nombre de meilleurs choix	1	2	5	10
Scripteur 1	83	87	91	94
Scripteur 2	66	76	87	93
Scripteur 3	73	85	92	95

Tableau 4 : Pourcentage de reconnaissance par la méthode des n-grammes avec composition de paramètres

Dans la plupart des travaux de reconnaissance, les résultats ne sont fournis que pour les deux à cinq meilleurs choix. Pour un dictionnaire de 16200 mots, il peut être intéressant de considérer les mots jusqu'aux 200 premiers mots-candidats. La reconnaissance correspond alors à une première approximation de l'identité du mot, une partie des données sur sa forme étant ignorée. Cette reconnaissance – que l'on appellera alors *pré-reconnaissance* – devra être suivie d'autres analyses de formes de mots. On opposera donc reconnaissance (de 1 à 5 mots-candidats) et pré-reconnaissance (réduction à un petit sous-ensemble du lexique : plus de 10 mots candidats). Le tableau 5 donne les résultats obtenus pour les trois scripteurs pour des nombres de mots-candidats très variables. Les résultats de reconnaissance sont corrects compte tenu de la taille du lexique, de la qualité des écritures testées (libres sans aucune contrainte) et de la simplification réalisée sur la forme des mots. Les taux de pré-reconnaissance sont tout à fait

encourageants. On constate en effet qu'on peut réduire un lexique de 16200 mots à 200 éléments (c'est-à-dire 80 fois moins) avec un taux d'erreur inférieur à 5%. Les taux de reconnaissance sont assez stables d'une écriture à l'autre. Les différences sont plus importantes pour les tout premiers choix (un ou deux mots-candidats). Le taux de réduction du lexique à un ensemble de 200 mots est stable vis-à-vis de la qualité d'écriture.

Nombre de meilleurs choix	1	2	5	10	20	50	200
Scripteur 1	49	63	72	76	82	89	96
Scripteur 2	53	59	73	81	84	89	96
Scripteur 3	61	71	79	82	88	93	96

Tableau 5 : Capacité de pré-reconnaissance de la méthode des n-grammes

Il est intéressant de compléter ces tests par des expériences réalisées, l'une dans des conditions plus favorables, l'autre dans des conditions plus difficiles. Ces tests montrent comment peut ou doit évoluer le système de reconnaissance. Le premier test correspond à un lexique réduit, limité à 1000 mots de cinq lettres. En effet, certaines applications ou circonstances peuvent autoriser une réduction de la taille du lexique. Il est important de savoir si le même système de reconnaissance peut alors être utilisé, sachant que les taux de reconnaissance doivent dans ce cas être nettement meilleurs. En effet, ils augmentent notablement, passant au premier choix de 50-60% pour 16200 mots à 70-80% pour 1000 mots. Au cinquième choix, on passe de 70-80% à environ 90%. Le système reste donc efficace pour de plus petits vocabulaires et n'est pas limité aux seuls grands lexiques.

Il existe par contre des circonstances nettement plus défavorables pour le système de reconnaissance. Dans les tests précédents, les mots à reconnaître figuraient également dans le lexique d'apprentissage. Tous les n-grammes et tous leurs contextes étaient donc connus et de nombreux profils se superposaient. Dans un cas réel, cela ne serait pas toujours le cas. Le test sur le premier scripteur a donc été complété par un test où aucun des mots à reconnaître ne figure dans le lexique d'apprentissage. Cet apprentissage présente des n-grammes suffisamment

variés pour recouvrir la plus grande partie des mots à reconnaître. Malgré tout, même dans le cas où aucun n-gramme ne manque, il ne sera pas toujours possible de réaliser une superposition de n-grammes lors de la constitution de listes de mots-candidats. Or cette superposition est fondamentale pour minimiser l'influence de la segmentation des profils de n-grammes lors de l'apprentissage.

On constate pour ce dernier test une dégradation flagrante des performances. Le pourcentage de reconnaissance chute de 50 à moins de 10% pour le premier mot-candidat, de 70 à 35% pour les cinq premiers mots-candidats. Par contre, pour 200 mots-candidats, la chute n'est que de 95 à 75%. Cette dégradation appelle trois commentaires :

- On peut mieux comprendre l'influence de la segmentation des n-grammes. Dans le cas optimal, il existe toujours un profil découpé issu du même mot, c'est-à-dire dont les contextes gauche et droit ressemblent à celui du mot à reconnaître. Dans ce cas, même si le n-gramme est mal découpé, les parties erronées auront des chances de correspondre à celle du mot à identifier. Le n-gramme sera donc repéré dans le mot et, même s'il est très mal découpé, l'étiquette qui lui sera associée ne sera pas aberrante. Ce phénomène est plus marqué pour les n-grammes fins dont le découpage est plus aléatoire que celui des n-grammes projetés. En effet, l'examen des résultats pour chaque type de n-gramme pris séparément montre que la chute de performance est plus faible pour les n-grammes projetés que pour les n-grammes fins.

- Le faible nombre de superpositions entre n-grammes est certainement la cause majeure de la chute des performances. En corollaire, ce qui est en jeu, c'est la taille de l'ensemble d'apprentissage. Il est clair que celui-ci doit être le plus grand possible, jusqu'à couvrir plusieurs occurrences de tous les n-grammes de la langue, chacun d'eux ayant souvent plusieurs réalisations et variantes. Il ne semble pas que la qualité de la reconnaissance diminue après un apprentissage très long (malgré des erreurs d'apprentissage ou de nombreuses sur-informations). Ainsi, l'ajout de n-grammes supplémentaires, s'il n'améliore plus les taux de reconnaissance aux premiers choix, améliore encore la qualité de réduction du lexique à un ensemble de 200 mots en permettant d'appréhender plus de situations exceptionnelles. Par contre, cela pose la question de l'obtention de grandes

quantités de données d'apprentissage et du maintien d'une cohérence des données au-delà d'une certaine quantité de n-grammes connus.

- Lors des tests précédents, les mots reconnus avaient tous subis un apprentissage exhaustif. Dans le cas présent, les mots à reconnaître n'ont jamais été rencontrés par le système. Lors de la réalisation d'un système opérationnel, il est logique de procéder à un apprentissage exhaustif des mots les plus courants de la langue. Dans ce cas, les mots courants présenteraient de bons taux de reconnaissance, taux qui pourraient chuter pour des mots rares. Ce type de performance serait satisfaisant (c'est un peu, bien qu'il le fasse beaucoup mieux, ce que réalise l'être humain), d'autant plus qu'un mot rare ou nouveau rencontré dans un texte aurait, à l'aide d'un sur-apprentissage dynamique, toutes chances d'être bien reconnu la fois suivante. Dans un texte réel, ce type de situation est très courant. Ainsi, dans cet exposé même, beaucoup de mots très rares dans la langue française sont répétés de nombreuses fois.

Même si les pourcentages de reconnaissance dans les premiers mots-candidats sont assez satisfaisants, le système présenté reste avant tout une technique de réduction de la taille d'un lexique en vue de réaliser une pré-reconnaissance. En effet, la bonne reconnaissance d'un profil de n-gramme dans un profil de mot reste difficile. Beaucoup de n-grammes se ressemblent et la reconnaissance d'un profil de n-gramme ne fournit pas une information très sûre. Par contre, la récolte d'une grande somme d'informations permet de ratisser très large et de réaliser une pré-reconnaissance globale de bonne qualité.

3.2.4 Conclusion de l'étude

Les taux de reconnaissance obtenus démontrent la faisabilité d'une pré-reconnaissance basée sur les techniques d'approximation de contour de mots. Il est possible de réduire l'espace lexical de recherche de 80000 à 200 mots avec un taux d'erreur de 5 à 10%. La taille des lexiques utilisés rend envisageable à terme l'utilisation de lexiques de plusieurs centaines de milliers de mots, c'est-à-dire qui couvriraient toute une langue. Les techniques présentées sont robustes vis-à-vis de la qualité d'écriture. Les variations des taux de pré-reconnaissance (réduction à 50, 100 ou 200 mots) selon le scripteur sont inférieures à 5%. De plus la qualité de

l'écriture est tout à fait libre, de bonne à médiocre ou même mauvaise. Les lettres n'ont pas besoin d'être toutes bien formées et peuvent être liées ou séparées. Le système réalise un apprentissage totalement automatique et indépendant du style d'écriture. Une fois fournies des pages d'écriture pour l'apprentissage, plus aucune intervention manuelle n'est nécessaire, à la condition toutefois que les mots soient correctement segmentés.

La méthode d'approximation de formes globales offre de nouvelles perspectives dans un domaine où une telle approche n'est que rarement tentée. Il est impossible de comparer les résultats obtenus avec ceux qu'on trouve dans la littérature car il faudrait pouvoir réaliser des tests sur les mêmes corpus et pour les mêmes lexiques, ce qui est difficile, les bases d'images existantes étant plutôt consacrées aux adresses postales ou aux chiffres écrits en toutes lettres, pour des applications multi-scripteurs et avec des petits vocabulaires. Les objectifs des différents systèmes de reconnaissance étant très différents, toute comparaison est hasardeuse.

Les méthodes décrites ci-dessus peuvent être améliorées :

- D'autres méthodes d'approximation peuvent, tout en conservant le principe des profils, compléter et faire évoluer le système.

- L'ensemble des n-grammes d'apprentissage devrait évoluer dynamiquement en cours de reconnaissance. À partir d'une certaine quantité de n-grammes, on peut envisager de ne conserver que ceux qui servent le plus souvent à reconnaître des mots ou de réaliser une classification qui permettrait de ne conserver que les n-grammes les plus représentatifs.

En dehors de ces améliorations, c'est l'association du système de reconnaissance par approximation de formes avec d'autres types de systèmes qui semble la plus prometteuse. Les techniques de reconnaissance présentées ici sont complètement différentes de celles qui sont le plus souvent mises en œuvre pour reconnaître l'écriture manuscrite. Elles ne sont pas concurrentes mais plutôt complémentaires. Une collaboration entre différentes méthodes de reconnaissance peut évidemment se situer au niveau le plus haut, par comparaison entre listes de mots-candidats issues de chacune des méthodes. Toutefois, une telle collaboration

serait beaucoup plus fructueuse à un niveau plus bas. Ainsi, par exemple, les approximations peuvent réduire l'espace lexical de recherche à quelques centaines de mots, puis être relayées par des méthodes de reconnaissance plus fines dont l'efficacité peut être très grande sur des lexiques réduits. Dans le cas où les reconnaissances plus fines ne dépasseraient pas un certain seuil de certitude, la reconnaissance globale peut être recommencée avec d'autres découpages en mots du signal digitalisé ou avec d'autres paramètres. Il faut noter qu'alors la reconnaissance locale pourrait être réduite aux seules parties de mots dont l'identification est nécessaire pour achever la reconnaissance.

La collaboration entre les deux approches peut même être poussée plus loin. Les algorithmes classiques présentent souvent des seuils. À partir de quelle valeur un décrochement, une barbelure est-elle considérée significative ? Sur quelles bases réaliser une pré-segmentation dans un mot ? La valeur optimale de tels seuils est dépendante du mot à reconnaître lui-même. Ainsi la détermination des lignes basses et hautes du corps du mot ou la pré-segmentation ne devraient pas utiliser les mêmes seuils pour des mots de formes très différentes (exemple : sauce vs. table). La pratique impose d'unifier ces seuils et de se contenter de valeurs moyennes, et de sacrifier ainsi la reconnaissance d'un certain pourcentage de mots ayant des formes aux caractéristiques originales ou non fréquentes. Une pré-reconnaissance autoriserait l'utilisation de seuils variables appropriés à telle ou telle situation. Il faudrait alors envisager un apprentissage qui lie les différents types de reconnaissance, global et local, approximatif et précis.

L'association d'algorithmes de reconnaissance complémentaires semble inévitable au vu de la complexité du signal manuscrit. À cela il faut et faudra ajouter, au fur et à mesure, des éléments syntaxiques, sémantiques et pragmatiques. Seule une combinaison de plusieurs sources de connaissances est à même d'apporter un jour des solutions réellement performantes au problème de la reconnaissance du manuscrit, problème qui reste très ouvert.

3.3 Thèse global-local

L'hypothèse décrite ci-dessus d'un traitement global suivi d'un traitement local ciblé en fonction des résultats du traitement global a amené à formuler une

théorie nouvelle de la reconnaissance de l'écrit par l'être humain (Paris, Rosenthal, Imadache, Andreewsky, & Cochu, 1990).

3.3.1 Modèles classiques du traitement perceptif de l'écrit

Les modèles classiques psychologiques et neuropsychologiques de la reconnaissance visuelle des mots se subdivisent en plusieurs familles en fonction de la nature des processus mis en œuvre : *activation* (Morton, 1969; McClelland & Rumelhart, 1981), *vérification* (Becker, 1979; Forster, 1994) ou *activation-vérification* (Paap, Newsome, McDonald, & Schvaneveldt, 1982), avec des traitements réalisés de manière *séquentielle* (Becker, 1979; Paap et al., 1982; Forster, 1994) ou *parallèle* – structure *duale* des modèles à *double voie* (Morton, 1969; Coltheart, 1985; Coltheart et al., 1993; Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001), traitement massivement parallèle des modèles de McClelland et Rumelhart (1981), de Seidenberg et McClelland (1989) et de Plaut, McClelland, Seidenberg, et Patterson (1996) –, avec des processus à caractère *autonome* (Morton, Coltheart) ou *interactif* (McClelland et Rumelhart), et avec différents rôles dévolus au traitement des lettres et à celui des formes lexicales globales.

Suivant la tradition initiée par Gough (1972) et Massaro (1975), la reconnaissance visuelle d'un mot repose obligatoirement sur l'identification des lettres qui le constituent. Les modèles récents issus de cette tradition (par exemple McClelland & Rumelhart, 1981; Paap et al., 1982; Besner & Johnston, 1989; Seidenberg & McClelland, 1989; Coltheart et al., 1993; Plaut et al., 1996; Coltheart et al., 2001) retiennent le caractère obligatoire et exhaustif du traitement des lettres, bien qu'ils divergent très sérieusement quant aux autres paramètres cités ci-dessus.

Selon la tradition issue de l'*unitization model* de Drewnowski & Healy (1977), le traitement au cours de la reconnaissance visuelle d'un mot connu porte dès le départ à la fois sur sa forme globale et sur les lettres qui le constituent. Mais dès que le système accède à l'unité mot, le traitement des lettres devient superflu et est, par conséquent, suspendu. Il est à remarquer que ce courant, représenté actuellement par Greenberg et ses collaborateurs (Greenberg & Vellutino, 1988; Greenberg & Koriat, 1991), soutient également l'idée d'un traitement exhaustif

des lettres. À la différence du précédent, il postule cependant que l'accès au code lexical n'est pas préconditionné par l'identification des lettres et que le traitement des lettres peut être interrompu avant terme.

Le statut du traitement des formes lexicales globales constitue l'un des plus anciens sujets de controverse en psychologie expérimentale et en neuropsychologie. Il est toutefois important de souligner que tous les modèles qui à l'instar de l'unitization model postulent un « accès direct » à la forme lexicale globale (c'est-à-dire non pas par l'intermédiaire de l'analyse de toutes les lettres du mot), comme ceux de Morton ou Coltheart, posent une identification directe, précise et complète de la cible.

3.3.2 *Modèle « approximation globale – vérification locale »*

Ce modèle se fonde sur le postulat que le système visuel ne peut pas d'emblée effectuer une analyse fine d'une entrée visuelle, le mot, de manière à l'identifier comme une forme orthographique précise. Seules des propriétés très globales et au demeurant assez grossières peuvent être immédiatement explorées, alors que les propriétés locales et fines ne deviennent accessibles au traitement qu'à l'issue des premières analyses globales.

À partir de ce postulat a été développé le concept de *définition/identification graduelle de l'entrée* du système visuel impliquant une séquence obligatoire d'opérations, la séquence : *approximation grossière globale - vérification fine locale*. On considère que :

- les opérations perceptives suivent un ordre temporel obligatoire, c'est-à-dire la séquence *approximation globale - vérification locale* ;
- la qualité et la nature du traitement change au cours de cette séquence (traitement global grossier, d'abord, traitement local fin, par la suite) ;
- les analyses locales fines ont un caractère sélectif.

Le principe de la succession approximation globale - vérification locale offre une explication fonctionnelle de la préférence perceptuelle de l'information globale par rapport à l'information locale, observation souvent rapportée dans la littérature mais aussi souvent contestée, faute d'une justification fonctionnelle

satisfaisante (Navon, 1977; Peressotti, Rumiati, Nicoletti, & Job, 1991; Kimchi, 1992). En effet, cette succession dans le temps ne s'explique pas simplement par une différence d'échelle (global vs. local) qui n'impliquerait pas l'existence d'un ordre temporel. Elle ne peut s'expliquer que par les discontinuités structurelles qui engendrent des différences dans la nature des traitements. On oppose, d'une part, une première catégorisation (ou pré-catégorisation) de la cible perceptive dans un ensemble de candidats possibles (approximation globale) et, d'autre part, une comparaison locale permettant de sélectionner le bon mot dans un sous-ensemble de candidats (vérification locale). On oppose également un traitement grossier induit par la nature du problème de la reconnaissance de formes quelconques non-géométriques à un traitement fin et détaillé réalisé dans un contexte précis à l'aide d'algorithmes précalibrés, c'est-à-dire ayant un champ d'action ciblé qui rend une reconnaissance précise réalisable. Il y a un principe de réduction de la complexité (qui serait trop grande si les reconnaissances locales étaient conduites d'emblée), mais surtout de limitation du contexte. Une reconnaissance précise ayant un caractère discriminant ne peut s'effectuer sur une forme globale (trop variable) ni sans un contexte bien défini (au minimum connaissance de l'échelle, de l'orientation, de l'éclairage, etc.). C'est la reconnaissance globale grossière qui permet de se situer dans un contexte lors de la phase de reconnaissance fine précise. La première catégorisation doit traiter l'ensemble du stimulus puisqu'elle n'a aucun indice préalable d'un emplacement à analyser. Elle est donc nécessairement globale (concerne l'ensemble du champ de vision) et ne peut être précise car les formes globales sont trop variables. Il faut souligner que ce qui peut parfois apparaître à première vue comme une reconnaissance locale est en réalité globale. Par exemple le cas de l'identification d'une tache de couleur dans un champ uniforme et ne contenant pas cette couleur est une tâche globale puisqu'il y a un contraste entre la tache et l'ensemble du champ (il faut d'abord déterminer que le champ est uniforme à l'exception de la tache, sinon on ne saurait pas que cette forme est unique). Il peut alors s'ensuivre une concentration du champ visuel à cette seule tache, c'est-à-dire un traitement local. Donc, même si un indice local permet, dans cette situation, de déterminer complètement cette

forme, on est passé d'abord par un traitement global grossier puis par un traitement local précis.

3.3.3 La controverse de l'utilisation de la forme globale des mots pour leur reconnaissance

L'utilisation d'un traitement de la forme globale des mots par l'être humain durant la reconnaissance de mots est un thème qui prête à controverse en psychologie. De nombreuses études ont obtenu des résultats qui, selon la manière dont on les interprète, infirment ou confirment l'existence de traitements globaux. L'importance de la forme globale des mots a d'abord été démontrée par l'existence de l'effet de supériorité du mot, c'est-à-dire une meilleure reconnaissance des lettres dans les mots de la langue que dans les non-mots (cf. Cattell, 1886; Reicher, 1969). D'autres travaux plus récents ont confirmé l'existence d'un effet de la forme globale des mots (Healy, 1976; Haber, Haber, & Furlin, 1983; Monk & Hulme, 1983; Healy & Cunningham, 1992). A l'inverse, dans les années 75-85, tout un ensemble de travaux a mis en doute le fait que la forme globale du mot participe à sa reconnaissance. Deux types de travaux sont en particulier problématiques pour les défenseurs de la forme globale du mot : (1) les travaux qui manipulent la forme du mot à travers ses traitements successifs ; (2) les travaux qui présentent des mots en casse alternée (minuscules et majuscules alternées comme par exemple ReCoNnAiSsAnCe).

Les premiers travaux reposent sur une modification de la forme du mot entre deux étapes de son traitement. Ainsi, en particulier, Rayner, McConkie et Zola (1980) ont montré que dans une expérience de lecture, lorsqu'un mot était vu en minuscule en vision parafovéale puis en majuscule en vision fovéale (ou inversement), on obtenait les mêmes effets que lorsque l'on ne changeait pas le format du mot. Cette expérience sous-entend qu'il doit y avoir une communauté de format entre les deux types de visions (parafovéale et fovéale) et donc une mémoire tampon commune qui permette l'intégration de l'information. Or ceci reste à démontrer car il n'est pas prouvé que les deux types de visions utilisent les mêmes données. Si la vision parafovéale permet, comme nous le proposons ci-dessous, d'obtenir une série d'hypothèses sur l'identité du mot, la vision fovéale

peut confirmer ou non ces hypothèses sans utiliser le même format de traitement de l'image du mot. Les mêmes critiques s'appliquent aux expériences qui modifient la casse d'un mot entre une amorce (non perceptible car présentée de manière trop rapide) et une cible (Evet & Humphreys, 1981). Dans ce cas, l'intégration se ferait en vision centrale, mais même en vision centrale, et surtout dans le cas où aucun traitement périphérique préalable n'a eu lieu, l'enchaînement de traitements globaux et locaux dans des formats différents est possible.

Les second travaux utilisent des mots présentés en casse alternée comme par exemple « cIbLe » pour « cible ». Dans ce cas, l'idée est que, comme la forme du mot n'est pas accessible, la lecture des non-mots –qui n'ont pas de forme globale– doit être moins affectée que la lecture des mots. Or c'est l'inverse qu'ont trouvé McClelland (1976) et Adams (1979), ce qui tend à démontrer que la forme globale des mots ne joue pas sur leur identification. Toutefois, l'existence d'un avantage pour les mots existants ou pour les non-mots dépend du type de tâche expérimentale. Ainsi, dans une tâche de décision lexicale, les mots existants peuvent être plus désavantagés que les non-mots (Besner & McCann, 1987). A l'inverse, la lecture à haute voix des non-mots est plus affectée que celle des mots (Besner & Johnston, 1989; Mayall & Humphreys, 1996). Également, la lecture est toujours plus difficile en cas de casse mélangée, quelles que soient les conditions de lexique ou de type d'expérience. Ceci démontre l'existence de traitements plus larges que la lettre et de l'absence d'un traitement lettre à lettre pur. Des études comme celles de Mayall et Humphreys (1996; Mayall, Humphreys, & Olson, 1997) proposent que le ralentissement de performance en cas de casse alternée viendrait de l'apparition de groupes de lettres anormaux et de la disparition de caractéristiques visuelles propres aux groupes de lettres usuels. Ces dernières propositions, même si leurs auteurs rejettent l'idée d'une utilisation de la forme globale du mot, n'est pas incompatible avec les propositions que nous faisons ci-dessus (paragraphe 3.3.2). En effet, nous suggérons l'existence d'une analyse globale grossière de la forme du mot, ce qui ne veut pas dire que le seul traitement réalisé est une mise en correspondance de la forme générale du mot et des formes globales stockées en mémoire, mais au contraire que l'analyse se déroule à un niveau grossier correspondant à la forme globale du mot. On peut ainsi

parfaitement imaginer un traitement par n-grammes, comme décrit plus haut (voir paragraphe 3.2.3), qui analyse globalement des suites de 2 ou 3 lettres et produit des mots-candidats à la reconnaissance. Ce traitement grossier porte sur la forme globale du mot (son contour grossier), mais ne cherche pas des correspondances exactes entre formes globales complètes. Il produirait un effet de supériorité du mot existant, mais pourrait aussi être utilisé pour reconnaître des non-mots. Dans ce cas, toutefois, on peut s'attendre à un traitement plus difficile en cas de casse alternée, puisque les n-grammes usuels ne sont alors pas utilisables.

3.3.4 Critique des modèles classiques de la reconnaissance des mots

Soulignons ici que les principaux modèles de la perception de l'écrit, que ce soient les multiples modèles de Morton, Colheart, McClelland et de leurs collaborateurs, ne sont pas, à notre avis, des modèles de la perception de l'écrit, mais, soit des modèles de la conversion graphème-phonème, soit des descriptifs d'une partie de la structure modulaire de l'esprit. Ceci est en particulier très clair dans les modèles de Seidenberg et McClelland. Ces modèles utilisent en effet la chaîne graphémique déjà décodée comme point de départ de leurs simulations et supposent que le problème de la reconnaissance des graphèmes est résolu. Ainsi dans Plaut et al. (1996, p. 66-67), on trouve la citation suivante : « We assume that they (the orthographic representations) are based on letters and letter combinations ... » (le même type d'assomption est fait quant à la structure phonétique des mots). Même le modèle de McClelland et Rumelhart (1981) qui peut traiter des lettres partiellement endommagées ou même éventuellement manquantes, repose sur une segmentation parfaite. En effet, il peut manquer une lettre, mais on doit savoir quelle lettre manque. De plus, ce modèle n'a été testé que pour l'imprimé et son adaptation au cursif nécessite l'ajout de nombreux mécanismes supplémentaires (Côté, 1997). Les décisions prises par les chercheurs dans le cadre de l'implémentation de leurs modèles, si elles ne remettent pas en cause l'intérêt du travail de modélisation basé sur des réseaux de neurones, interdit à ces modèles d'être des modèles de la perception de l'écrit, sauf à supposer qu'il ne s'agisse que d'un modèle de la perception de l'imprimé ! En effet, les résultats obtenus depuis 40 ans en reconnaissance du manuscrit par

ordinateur montrent que le problème de la segmentation en lettres (et de la reconnaissance de lettres manuscrites) est aussi complexe que la reconnaissance du mot lui-même. Ceci avait déjà été annoncé il y a plus de 30 ans par Sayre (1973) : "To recognize a letter, one must know where it starts and where it ends, to isolate a letter, one must recognize it first". Il suffit pour confirmer cela de lire le récent état de l'art de Steinherz, Rivlin et Intrator (1999), pour voir que, non seulement le problème de la reconnaissance du manuscrit n'est pas résolu, mais surtout que le problème de la segmentation en lettres est au cœur du problème de reconnaissance du manuscrit. Les deux-tiers des travaux présentés procèdent sans segmentation, et ceux qui passent par une étape de segmentation utilisent des procédures permettant de rattraper une erreur de segmentation. Enfin, tous les algorithmes cités utilisent un dictionnaire pour contrôler la reconnaissance. La reconnaissance de non-mots n'est même pas à l'ordre du jour et n'est envisageable que pour des écritures de très bonne qualité. Ce dernier point est important car, au vu des résultats obtenus en reconnaissance du manuscrit, il ne semble pas certain que les traitements de reconnaissance de mots connus ou usuels procèdent des mêmes principes que ceux de reconnaissance de non-mots ou de mots non-usuels. Or, si les modèles classiques tiennent compte de la différence entre mots connus et non-mots, les travaux de psychologie expérimentale ignorent l'hypothèse que la reconnaissance de mots connus écrits avec une casse alternée puissent ne pas être traités avec les mêmes procédés que les mots écrits avec une seule casse (minuscule ou majuscule). Seul Mayall et al. (2001) ont testé cette hypothèse et trouvent, à l'aide d'une étude en potentiels évoqués, une activation cérébrale supplémentaire de la zone corticale pariétale droite –associée usuellement avec les mécanismes d'attention visuelle– dans une tâche de lecture de mots en casse alternée. Cet effet n'est pas présent pour la lecture de non-mots ou de suites de consonnes en casse alternée. Ceci pourrait signifier que pour la lecture de mots de la langue, la lecture en casse alternée modifie le traitement usuel, alors que la lecture de non-mots ou de suite de consonnes serait réalisée lettre à lettre, et donc normalement. Pour ce qui est de la reconnaissance automatique du manuscrit, un tel problème (la reconnaissance de mots écrits avec une casse alternée) est insolvable actuellement, sauf à supposer

que le mot figure, avec sa casse alternée, dans le dictionnaire des mots connus. Par contre, ce problème est solvable pour l'imprimé où la segmentation en lettre est aisée. La question qui demeure est : « Que teste-t-on vraiment dans les expériences de casse alternée ? La lecture ordinaire ou une performance improvisée pour les besoins de l'expérience ? ». De manière un petit peu paradoxale, on peut renvoyer leurs propres propos aux détracteurs de l'utilisation de la forme globale des mots dans leur reconnaissance. Ainsi, dans leur critique de Haber, Haber et Furlin (1983), Crawford (1984) dit : « It is suggested that the experimental conditions so modified the normal reading act that generalizing from the result of the study to normal reading is inappropriate ». Il n'est effectivement pas toujours facile d'attester qu'une expérience de psychologie effectuée en laboratoire reproduit bien des conditions de performances naturelles.

3.3.5 Voies de traitement du système visuel humain

Le modèle approximation globale – vérification locale ne s'appuie pas que sur les résultats obtenus en reconnaissance des formes sur ordinateur mais également sur un ensemble de données convergentes issues de travaux dans les domaines de la vision (Lehmkuhle, 1993), de la perception visuelle des mots (Sanocki, 1993), des troubles développementaux (Livingstone, Rosen, Drislane, & Galaburda, 1991; Lehmkuhle, 1993; Stein & Walsh, 1997; Demb, Boynton, Best, & Heeger, 1998a; Demb, Boynton, & Heeger, 1998b) et acquis (Patterson et al., 1985) de la lecture ainsi que dans le domaine des études sur les mouvements oculaires (Rayner & Pollatsek, 1987; Underwood, Clews, & Everatt, 1990).

Les études anatomiques et physiologiques des voies neurales oculaires ont montré que l'information rétinienne est traitée deux fois de manière non-redondante (Lehmkuhle, 1993). Les projections rétiniennes vers le cortex cérébral sont réalisées par deux voies principales, la voie parvocellulaire (P) et la voie magnocellulaire (M) qui correspondent aux subdivisions parvocellulaire et magnocellulaire du corps genouillé latéral (voir Shapley & Perry, 1986; Merigan & Maunsell, 1993). Ces voies partent des neurones ganglionnaires rétiniens dont la distribution varie en fonction de l'excentricité de leur position dans la rétine. Les cellules ganglionnaires P sont distribuées de manière plus dense dans la fovéa

et la parafovéa tandis que les cellules ganglionnaires M sont plutôt présentes partout avec une distribution égale. Les cellules M ont un soma de grande taille, des arbres dendritiques étendus et de long axones tandis que les cellules P ont un soma plus petit, des arbres dendritiques petits et des axones de taille moyenne (voir Leventhal, Rodieck, & Dreher, 1981). De plus, la vitesse de transmission des cellules M est plus grande que celle des cellules P en raison du plus large diamètre de leur axone.

La voie M a un champ de réception étendu et est plus sensible aux fréquences spatiales basses. Cette voie fournit une information spatiale grossière indispensable pour l'identification des formes de base et pour la séparation figure-fond. Par ailleurs, la voie P qui a des champs réceptifs plus étroits est plus sensible aux hautes fréquences spatiales, échantillonne la rétine avec une plus haute définition et fournit des informations locales sur la couleur et les détails. Il semble ainsi exister un partage du travail entre les deux systèmes tel que la voie M traite rapidement l'information sur les formes grossières et la voie P traite par la suite cette information plus en détail et avec une analyse de la couleur. En ce sens, les voies M et P peuvent être considérées comme des détecteurs spécialisés qui traitent des parties différentes et complémentaires des fréquences spatiales et temporelles. La voie M permet une analyse rapide et simple d'un stimulus qui fournit une information grossière de son identité et de sa position dans l'espace suffisante pour guider le traitement de la voie P. Ceci permet aussi au système oculomoteur d'ajuster la position des saccades oculaires pour une exploration plus fine du stimulus (la position majoritairement centrale des cellules P ne leur permet pas de traiter un stimulus quelle que soit la direction du regard ; voir aussi Lehmkuhle, 1993; Merigan & Maunsell, 1993). Il faut souligner que les caractéristiques spatiales sont liées à l'ensemble des systèmes M ou P, c'est-à-dire cellules ganglionnaires M ou P, voies cellulaires M ou P et corps genouillé latéral M ou P. Les différences temporelles seraient liées plus spécifiquement aux voies cellulaires. Plus que le détail des structures, ce sont les caractéristiques spatiales et temporelles de l'ensemble des systèmes M et P qui est fondamental pour valider une théorie globale-locale de la lecture.

Comme la lecture concerne des stimuli constitués de fréquences spatiales élevées, on pourrait penser qu'elle n'implique pas le système M mais seulement le système P. Le rôle des systèmes M et P (également appelés canaux « transitoire » et « prolongé ») dans la lecture normale et pathologique a été largement abordé dans la littérature (voir Breitmeyer, 1980; Livingstone et al., 1991; Breitmeyer, 1993; Lehmkuhle, 1993; Lovegrove & Williams, 1993; Stein & Walsh, 1997; Talcott et al., 2000). Breitmeyer (1993) argumente dans une revue de la question que les données disponibles laissent à penser que les deux voies participent à l'identification visuelle des mots. Dans les dix dernières années, des études psychophysiques, électrophysiologiques, et anatomiques, ont exhibé des troubles dans la voie M de sujets souffrant de dyslexie développementale (Livingstone et al., 1991; Lovegrove & Williams, 1993; Demb et al., 1998a; Demb et al., 1998b). Aucune de ces données ne démontre de manière sûre que le système M est directement impliqué dans la lecture ou que des anomalies de ce système sont responsables de certains déficits en lecture, mais le consensus est de plus en grand de dire qu'une partie au moins (Borsting et al., 1996; Rey, De Martino, & Habib, 1999; Slaghuis & Ryan, 1999) des enfants dyslexiques souffre de troubles de ce type. Il reste à déterminer quel est exactement le type de trouble qui est induit par un déficit de la voie M (Keen & Lovegrove, 2000). Néanmoins, ces données sont parfaitement cohérentes avec le modèle théorique approximation globale grossière – vérification locale fine.

3.3.6 Organisation de la rétine et mouvements oculaires

Les mouvements oculaires au cours de la lecture ne sont pas uniformes, le regard se posant successivement sur chaque lettre, mais saccadés, de sorte que seule une partie du mot est en général fixée et certains mots ne le sont même pas du tout. L'emplacement de chaque nouvelle fixation est déterminé en vision extrafovéale où il est considéré impossible d'identifier explicitement un mot ou une lettre à l'intérieur d'un mot (O'Regan & Levy-Schoen, 1987; Blanchard, Pollatsek, & Rayner, 1989; Rayner & Morris, 1992). En effet, la rétine de l'homme n'est pas une structure homogène mais différenciée notamment par la distribution des cônes et des bâtonnets. Le centre de la rétine, ou fovéa, comporte

la plus grande concentration de cônes et est également la partie de l'œil où la vision est la plus nette; en fait, lorsqu'on parle des fixations du regard, on entend par là fixations fovéales. La partie extrafovéale de la rétine comporte une concentration décroissante de cônes au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la fovéa.

La définition de la rétine est maximale sur 1° de chaque côté du centre de l'œil (zone de la fovéa), moyenne jusqu'à 5° par rapport au centre (zone de la parafovéa) et médiocre au-delà dans une zone appelée périphérie. Ces valeurs sont valables sur un plan horizontal. Elles décroissent plus vite verticalement. Ce ne sont en fait que des moyennes car la diminution de l'acuité visuelle est progressive. Le nombre de caractères vu dans le champ fovéal est en général considéré être de l'ordre de 6, tandis que la parafovéa voit jusqu'à 12 caractères de chaque côté du point de fixation (Balota & Rayner, 1991).

D'une manière générale, une lettre ne peut être identifiée que dans la zone centrale de la rétine, c'est-à-dire la fovéa. Elle peut être plus ou moins analysée dans la parafovéa, ceci d'autant plus qu'elle est proche du point de fixation. Au-delà de la parafovéa, toute identification de lettre est impossible. Il a néanmoins été montré que le masquage de la périphérie ou de la parafovéa gêne et ralentit la lecture (Rayner, 1983; Rayner & Pollatsek, 1987). Les mouvements de l'œil procèdent par saccades successives, fixant un endroit puis un autre. La durée des fixations est de l'ordre de 150 à 600 millisecondes lors d'une lecture ordinaire. Cette durée varie suivant la complexité lexicale et sémantique induite par le mot fixé à un instant donné (Carpenter & Just, 1981), mais aussi suivant le nombre de fixations par mot. Plus il y a de fixations et plus la durée de celles-ci est faible. La taille des saccades est extrêmement variable et répartie de manière non uniforme dans l'espace de lecture (Carpenter & Just, 1983; Rayner & Pollatsek, 1987; Vitu, O'Reagan, Inhoff, & Topolski, 1995).

Comme la vision parafovéale ne permet que rarement l'identification claire d'un mot (et encore moins des lettres qui le composent), 60 à 80% des mots doivent être fixés à nouveau de manière fovéale (Inhoff, Pollatsek, Posner, & Rayner, 1989), bien que tout le mot ne doive pas être fixé. Le taux de fixation semble dépendre des processus de compréhension en œuvre et de la taille du mot :

à la lecture de textes, 75% des mots de deux lettres et 58% des mots de trois lettres (des mots vides le plus souvent), sont susceptibles d'être sautés durant la saccade suivante, alors que ce n'est le cas que pour 10% des mots de sept à dix lettres (Vitu et al., 1995). Le pré-traitement visuel de la parafovéa semble donc fournir une information importante sur l'identité du mot et affecter son traitement ultérieur (voir par exemple, Balota, Pollatsek, & Rayner, 1985; Inhoff & Rayner, 1986).

Le statut exact de la vision parafovéale est un important sujet de débat (Underwood et al., 1990; Rayner & Morris, 1992; Briihl & Inhoff, 1995). Certains chercheurs considèrent qu'il n'y a là qu'un traitement non sémantique de la longueur du mot (O'Regan, 1990; Rayner & Morris, 1992) mais il est difficile d'estimer les performances d'un traitement visuel de bas niveau si celui-ci ne permet que rarement l'identification des mots. Il pourrait par contre avoir une influence systématique sur les processus de lecture s'il s'agit d'un traitement global grossier réduisant le champ des hypothèses comme cela est suggéré dans le modèle approximations globales – vérification locales. On constate dans tous les cas qu'il y a une convergence entre les propriétés du système M qui est impliqué dans tout le système oculaire, périphérique, parafovéal et fovéal et du système P plus impliqué dans le système fovéal et parafovéal. Il est possible que le système M prépare lors de la vision extrafovéale les traitements réalisés dans la zone fovéale lors de la fixation suivante. Ces traitements peuvent eux-mêmes être constitués de traitements grossiers (voie M fovéale) complétés par des traitements locaux précis (voie P fovéale). On obtient ainsi une identification graduelle du signal écrit par une suite de procédures allant du global grossier au local fin.

3.4 Test de l'hypothèse global-local

Avant de tester toutes les étapes du traitement visuel une à une, il est possible de commencer par évaluer la pertinence du principe global-local sur la succession vision extrafovéale – vision fovéale. Si le traitement effectué dans la partie extrafovéale de l'œil consiste en une approximation grossière de la forme globale du mot (seul un traitement global et grossier peut être effectué dans cette zone), approximation qui fournirait des hypothèses sur l'identité du mot mais qui

ne permettrait pas de l'identifier explicitement, alors le rôle des fixations fovéales serait donc d'évaluer ces hypothèses localement, à un endroit morphologiquement critique. Les emplacements morphologiquement critiques peuvent être définis comme des emplacements dont la connaissance précise, c'est-à-dire lettre à lettre, est nécessaire pour le processus de lecture. C'est le cas de tous les mots qui ne diffèrent d'un autre mot que par une seule lettre comme par exemple « soir » qui ne diffère de « voir » que par la lettre 's', ou de la même manière « veste » et « vente ». On peut définir ainsi la notion de similarité.

3.4.1 Similarité

La notion de voisinage orthographique est classiquement utilisée en psychologie (Landauer & Streeter, 1973; Coltheart, Davelaar, Jonasson, & Besner, 1977) et définie comme une différence d'une seule lettre entre deux mots de même longueur. Ce concept sous-entend en général que toutes les lettres sont analysées lors de la reconnaissance du mot. Dans le cadre de notre modèle, on considère que toutes les lettres ne sont pas nécessaires pour identifier un mot. La notion de voisinage orthographique doit donc être légèrement redéfinie pour notre propos.

Lorsqu'un mot ne diffère d'un autre que par une seule lettre, ce mot sera dit *critique* et cette lettre sera appelée *lettre critique*. Deux mots seront considérés comme *similaires* s'ils ne diffèrent l'un de l'autre que par une seule lettre (ils forment un couple critique) et que leur forme globale est identique. Les couples « soir/voir » et « veste/vente » sont similaires parce que les couples de lettres qui les différencient « s/v » ou « s/n » ont la même taille (aucune d'elles ne dépasse du corps du mot). Inversement, des mots formant un couple comme « taille / paille » ne seront considérés que comme des *voisins* car les lettres qui les différencient « t » et « p » n'ont pas la même taille, l'une dépassant du mot vers le haut, l'autre vers le bas. Cette différence induit une différence dans la forme globale du mot.

Pour tester l'hypothèse de l'existence d'un traitement local sélectif, on suppose que les lettres critiques sont les plus à même d'être la cible d'un traitement local précis tandis que ce n'est pas le cas pour des lettres non-critiques

qui n'ont pas besoin d'être identifiées de manière précise pour connaître exactement le mot dans lequel elles figurent.

3.4.2 *Expérience de cochage des lettres*

Le caractère critique ou non-critique d'une lettre permet de tester expérimentalement le modèle proposé. Cet test peut se faire en utilisant la technique du cochage qui consiste à demander à des sujets de lire un texte tout en cochant d'un trait toutes les occurrences d'une lettre donnée (Corcoran, 1966). Ce paradigme expérimental a été utilisé par Corcoran pour étudier le statut phonétique (prononcée vs. silencieuse) de certaines lettres. Le but du protocole a souvent été de clarifier le statut des unités perceptives en lecture (Healy, 1976; Drewnowski & Healy, 1977; Hadley & Healy, 1991) en liaison avec des fonctions linguistiques influant sur la détectabilité des lettres (Greenberg & Koriat, 1991; Koriat & Greenberg, 1991). Ainsi, on constate que les sujets omettent toujours certaines lettres en lisant des textes réels et que ces omissions dépendent de certains paramètres. Par exemple, les lettres dans les mots vides sont plus souvent omises que dans les mots pleins (Greenberg & Koriat, 1991). Corcoran (1966) a montré que les lettres silencieuses sont plus souvent omises que les lettres prononcées. Plus récemment, Moravcsik & Healy (1995) ont montré que le sens des mots influe sur la détection des lettres. Comme les erreurs de détection décrites dans ces travaux sont assez systématiques et apparaissent en dépit des efforts fait par le sujet pour détecter toutes les lettres, on considère que cela met en évidence des caractéristiques automatiques des processus de lecture.

Pour tester l'adéquation du modèle approximation – vérification, on utilise comme critère principal le fait qu'une lettre soit critique pour l'identification d'un mot ou non. On postule que si la lettre est critique, elle sera forcément identifiée par un traitement local et sera moins susceptible d'être omise lors du cochage. Si la lettre n'est pas critique, alors elle sera plus souvent omise. Deux critères supplémentaires seront testés : la position de la lettre à cocher et la fréquence des mots contenant la lettre à cocher. A priori, on attend que l'effet de lettre critique soit indépendant de la fréquence du mot et de la position de la lettre, dans la

mesure où l'identification de la lettre est nécessaire pour identifier correctement le mot, même si le mot est rare.

3.4.2.1 Sujets

54 sujets masculins et féminins ont participé à l'expérience. Les sujets sont des élèves de l'Ecole Active Bilingue (Paris) ou de l'université René Descartes (Paris). Tous sont de langue maternelle française.

3.4.2.2 Matériel et plan expérimental

Deux versions de l'expérience ont été faites pour vérifier qu'il n'y avait pas d'effet de texte. Chaque version consistait en un texte d'une page et demie en police Times de corps 13. Dans les textes figurent 30 mots dans lesquels la lettre *s* est critique pour l'identification du mot et 30 dans lesquels elle ne l'est pas. Pour vérifier que les mots sont critiques ou non, la base BRULEX (Content, Mousty, & Radeau, 1990) a été utilisée. Chaque groupe de 30 mots est divisé en 15 mots fréquents (plus de 80 mots par million) et 15 mots rares (moins de 19 mots par million) à partir du dictionnaire de fréquence de Imbs (1971). Chaque groupe est également divisé en trois parties égales, l'une avec la lettre *s* en première position, le second avec la lettre *s* en troisième position et le dernier avec la lettre *s* située entre la cinquième et septième position. Le plan expérimental est à mesures répétées avec la forme :

Critique (2) x Fréquence (2) x Position (3)

avec 5 mots dans chacune des conditions. Les deux textes ne contiennent pas exactement les mêmes mots critiques et non-critiques mais remplissent tous deux les critères ci-dessus.

3.4.2.3 Procédure

L'expérience s'est déroulée en groupe. Chaque sujet a eu à cocher les deux textes. Pour éviter un effet dû à la lassitude, les deux ordres de textes possibles ont été répartis sur les différents sujets. Ceux-ci devaient faire le test silencieusement. Leur consigne était de lire le texte pour le comprendre. Ils savaient qu'ils devraient répondre à des questions sur le texte à l'issue de l'expérience. Ces questions étaient présentées sur une feuille séparée et ne devaient être lues qu'à la

fin de l'exercice. Enfin, il était demandé aux sujets de ne pas revenir en arrière, même dans le cas où ils avaient découvert une erreur à posteriori.

3.4.2.4 Résultats

Aucun effet de type de texte (comparaison entre texte 1 et texte 2) n'est obtenu, $F(1, 52) = 0,08$, $p = 0,776$, $MSE = 1,814$, et il n'y a pas d'interaction significative entre le type de texte et le statut critique, $F(1, 52) = 1,76$, $p = 0,190$, $MSE = 0,549$, ni entre le type de texte et la position de la lettre cible, $F(2, 104) = 0,23$, $p = 0,793$, $MSE = 0,489$.

Le tableau 6 donne les pourcentages d'erreurs de détection (pourcentages de lettres non-cochées) pour *s* en fonction du statut critique/non critique, de la fréquence et la position de la lettre. Une ANOVA Critique x Position x Fréquence révèle un effet principal significatif pour le statut critique/non-critique, $F(1, 53) = 25,03$, $p < 0,0001$, $MSE = 0,056$, et la position, $F(2, 106) = 9,03$, $p < 0,0001$, $MSE = 0,048$. Une analyse plus détaillée de l'effet de position ne montre aucun effet de position entre la première et troisième position, $F(1, 53) = 1,86$, $p = 0,178$, $MSE = 1,795$, et une différence significative entre la première et la cinquième-septième position, $F(1, 53) = 12,65$, $p < 0,001$, $MSE = 2,635$, et entre la troisième et la cinquième-septième position, $F(1, 53) = 11,47$, $p < 0,001$, $MSE = 1,357$. Aucun autre effet significatif n'est obtenu, même pas pour l'effet de fréquence, $F(1, 53) = 0,093$, $p = 0,762$, $MSE = 0,416$, et il n'y a pas d'interaction significative entre les facteurs principaux.

	Résultat global	Position			Fréquence	
		1	3	5-7	Haute	Basse
Critique	6,30	8,15	6,11	4,63	6,67	5,92
Non-critique	12,16	15,18	13,70	7,59	11,48	12,83
Ensemble	9,23	11,66	9,91	6,11	9,07	9,38

Tableau 6 : Pourcentage moyen de détection d'erreurs en fonction du statut critique/non-critique de la cible, de la position dans le mot et de la fréquence lexicale du mot.

L'effet critique/non-critique s'observe à toutes les positions de la lettre critique ; 1^{ère} position : $F(1, 53) = 14,57$, $p < 0,0001$, $MSE = 0,918$; 3^{ème} position : $F(1, 53) = 14,75$, $p < 0,0001$, $MSE = 1,055$; 5^{ème}-7^{ème} position : $F(1, 53) = 4,10$, $p < 0,05$, $MSE = 0,578$. Pour plus de lisibilité, les résultats les plus importants sont résumés dans la figure 6 qui montre les interactions entre l'effet de lettre critique et l'effet de position.

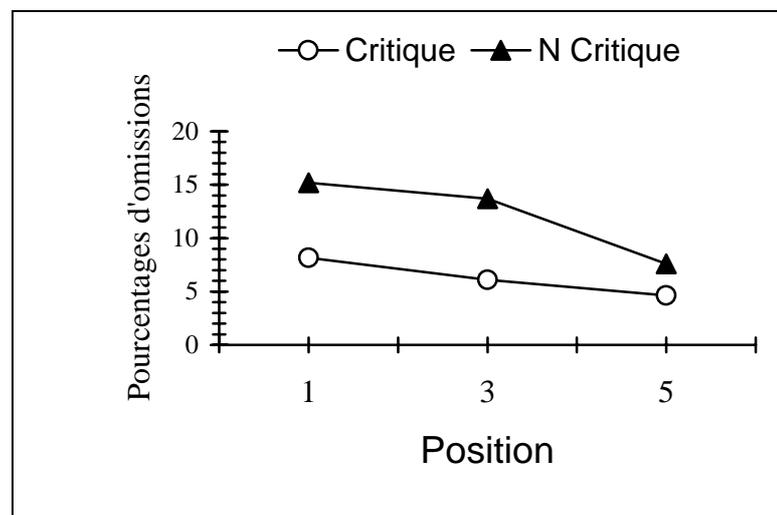


Figure 6 : Omissions en fonction du caractère critique de la lettre et de sa position.

Une ANOVA supplémentaire combinant le plan expérimental précédent à trois mesures répétées et à l'effet de type de texte produit les mêmes résultats en utilisant une analyse par sujets.

3.4.2.5 Discussion

Les résultats obtenus ci-dessus montrent que le statut critique/non-critique de la lettre est très significatif. Les sujets manquent la lettre deux fois moins souvent si elle est critique que si elle ne l'est pas. Cet effet est obtenu pour toutes les positions de lettre et est indépendant de la fréquence des mots et du type de texte. Les deux variables, critique/non-critique et position, étant indépendantes l'une de l'autre, l'effet de la lettre critique a donc un statut indépendant de l'effet de position. Les parties de mots qui permettent la discrimination d'un mot parmi les mots qui lui sont similaires ont donc moins tendance à être ignorées que les parties qui ne sont pas critiques pour l'identification d'un mot. Ce résultat est cohérent avec l'hypothèse d'un traitement sélectif des lettres d'un mot en fonction de la capacité de discrimination lexicale de ces lettres.

Il faut rappeler que la simple existence d'un processus sélectif présuppose l'existence d'informations sur lesquelles baser cette sélection. Pour déterminer quels segments sont critiques pour l'identification d'un mot, il faut avoir une idée de l'identité de ce mot puisque l'aspect critique/non-critique dépend du voisinage du mot, et donc de l'ensemble des lettres qui le composent. Ce paradoxe – il faut connaître quelles lettres composent un mot avant de chercher à identifier ces lettres – peut être levé si l'on considère que l'identification du voisinage d'un mot ne nécessite pas de connaître les lettres qui le composent. Ceci est possible en utilisant la forme globale ou approximative du mot comme caractère discriminant. Comme le voisinage tel qu'il a été défini consiste en l'ensemble des mots de même forme globale, il est possible de le déterminer à l'aide d'une reconnaissance globale du mot comme celle dont une implémentation sur ordinateur a été proposée plus haut. Enfin, si les traitements réalisés par le système humain de reconnaissance de mot ne sont pas redondants, alors la reconnaissance globale doit être trop grossière pour identifier les mots de manière satisfaisante.

La théorie présentée ci-dessous est fondée sur l'importance de la succession temporelle des traitements et de la précédece des traitements globaux sur les traitements locaux. Cette théorie est différente de celles qui supposent des effets top-down des connaissances préalables ou une interaction entre différents niveaux de traitements. Comme Sanocki (1993) et Norris, McQueen & Cutler (2000) l'ont

souligné, la plupart des données des vingt dernières années sont allées à l'encontre d'interactions top-down fortes. Ce qui est suggéré ici est l'existence de traitements grossiers de bas-niveau, réalisés sans connaissances préalables, et celles de traitements de plus haut-niveau qui s'enchaînent logiquement en utilisant les données résultant des premiers traitements. Il n'y a donc non pas interaction mais succession de traitements et non pas production d'hypothèses (plus exactement pas de solutions potentielles) mais localisation des emplacements à traiter. N'étant pas précis, les traitements globaux ne peuvent que proposer des hypothèses sur la nature des éléments à traiter ; il ne peuvent pas identifier les éléments en tant que tels. L'ensemble du traitement reste de nature totalement perceptive et il n'y a pas retour en arrière. Il faut insister sur le changement qualitatif de la nature du traitement au cours du temps entre des analyses globales mais grossières, et locales mais fines : il y a un changement de format des données (Navon, 1991; Sanocki, 1993). L'absence d'influence de la fréquence des mots suggère également qu'il s'agit bien là d'un phénomène pré-lexical purement perceptif et qui n'entre pas dans une logique top-down.

Enfin, le fait que le pourcentage d'omissions soit plus grand en début de mot qu'en fin de mot est cohérent avec le fait que les premières lettres d'un mot sont souvent accessibles à la zone fovéale de l'œil au cours de la fixation précédente (voir Briihl & Inhoff, 1995).

3.4.3 Expérience de mesure des mouvements oculaires

L'expérience précédente ne fait que démontrer l'existence d'une hiérarchie de traitements se déroulant dans le temps. Elle précise le nombre d'opérations approximations globales – vérifications locales qui sont effectuées sur un mot. Une des sources d'informations qui permettrait de préciser ces enchaînements est l'observation des mouvements oculaires et des points de fixations de l'œil au cours de la lecture d'une phrase. En effet, connaissant les caractéristiques de la rétine en matière de finesse de traitement et d'angle de vue (voir page 50), on peut savoir en fonction des emplacements de fixations quels traitements globaux ou locaux sont possibles ou non. Comme expliqué plus haut, la zone fovéale est la seule zone pour laquelle l'identification précise des lettres est certaine. Cette zone

ne peut traiter plus de cinq ou six lettres. La fovéa ne peut donc pas réaliser de traitement global du mot, sauf pour les mots les plus courts. L'emplacement des traitements locaux réalisés par la fovéa doit donc être déterminé lors de la fixation précédente, au moins dans tous les cas où la distance entre zones critiques ou fixations successives dépasse cinq caractères, ce qui semble être souvent le cas. Lors de cette détermination, le point de fixation suivant est donc situé dans la zone parafovéale ou périphérique, ce qui ne permet de fait que de réaliser des traitements grossiers. Les caractéristiques de la rétine et la distance moyenne entre fixations oculaires au cours d'une lecture de texte apparaissent donc complètement compatibles avec l'hypothèse d'une succession de traitements globaux effectués par la zone parafovéale et locaux effectués par la fovéa.

Il reste à confirmer expérimentalement que :

1. les distances entre fixations successives sont trop importantes pour réaliser des traitements globaux et locaux avec la fovéa.
2. les emplacements de fixations correspondent plus souvent aux zones critiques pour l'identification d'un mot qu'aux zones non-critiques.

3.4.3.1 Matériel et déroulement de l'expérience

Le matériel de l'expérience de cochage de lettres a été adapté pour l'expérience de mesure des mouvements oculaires. Les textes ont été légèrement raccourcis et réaménagés de manière à autoriser un découpage en lignes de telle sorte qu'aucun des points de test (le s de test des mots critiques et non critiques) ne figure parmi les 5 premiers ou les 5 derniers caractères de la ligne. En effet, dans le cas où les mots sont en début de ligne, aucun traitement grossier préalable parafovéal n'est possible. Dans le cas où les mots sont en fin de ligne, la position de la fixation peut être ajustée afin que l'œil fixe la plus grande zone du mot possible et non pas seulement la zone la plus utile pour la discrimination lexicale. Chaque présentation est effectuée après un calibrage de la position du sujet. Afin d'éviter une présentation trop longue après calibrage qui rendrait celui-ci caduque, chacun des deux textes a été découpé en trois parties de 8 à 14 lignes, ce qui correspond à chaque fois à une page d'écran avec des lignes correctement espacées. Un texte d'entraînement (un passage d'article de journal) a également

été constitué dans le but de permettre aux sujets de se familiariser avec l'épreuve. Ce texte est présenté en deux pages d'écran.

L'épreuve se déroule comme suit. Le sujet est placé assis face au moniteur (définition graphique : 640x480 points) à 50 cm de distance. Son torse s'appuie contre un support en acier, sa tête venant se placer à l'intérieur de ce support. Afin de minimiser le risque de mouvement de tête, le sujet doit mordre une spatule hygiénique en bois fixée sur le support. Le sujet porte des lunettes munies de capteurs infrarouges permettant d'enregistrer les mouvements de ses yeux et les emplacements successifs précis des fixations. La fréquence d'échantillonnage est de 1 KHz. L'un des deux yeux est caché, soit selon la préférence du sujet (si celui-ci pense avoir une meilleure vision avec un œil donné), soit par tirage au sort ou pour égaliser le nombre de sujet avec œil gauche ou œil droit. Seuls des sujets ne portant aucune correction optique participent à l'épreuve.

L'épreuve proprement dite comporte 8 séries, deux séries d'entraînement et six séries de test (trois séries pour chacun des deux textes de test). Chaque série débute par un calibrage (un point lumineux apparaissant à six reprises à différents points de l'écran). Ensuite, le texte de la série s'affiche à l'écran ligne après ligne, chaque ligne apparaissant pendant quelques secondes – ce qui représente un temps de lecture suffisant pour tous les sujets. Avant chaque ligne de texte apparaît au centre de l'écran un point lumineux, puis un second point au début de la ligne (dans le but de préparer le sujet à l'apparition du texte et attirer son regard à l'emplacement où débutera la ligne affichée). Les sujets disposent d'une pause de quelques minutes entre les deux textes. L'épreuve dure entre 40 et 50 minutes.

22 sujets ont participé à l'expérience. Ils ont été recrutés par petites annonces parmi les étudiants en médecine, en orthophonie et en kinésithérapie à la faculté de médecine Pitié-Salpêtrière. Les sujets ont été rémunérés pour leur participation.

3.4.3.2 Résultats

Les résultats de l'expérience portent sur 12 sujets. Les résultats de 10 sujets ont dû être éliminés pour les raisons suivantes : chez 6 sujets l'enregistrement n'a

pas pu se faire sur certaines lignes ; 4 sujets ont significativement bougé la tête au cours de l'enregistrement, rendant ainsi invalides les repères issus du calibrage.

Espacements entre fixations

Après lecture de 768 mots pour chaque sujet (la longueur totale des textes), on trouve que les fixations produites sont espacées en moyenne de 10 caractères espaces (écart-type : 7). La taille de la vision centrale précise n'étant pas considérée supérieure à 6 caractères, une proportion non négligeable – plus de 40% – des lettres n'a donc pu être identifiée de manière précise (ou plus exactement n'aurait pu être identifiée hors contexte). Une autre façon de présenter les choses est de dire que les mots ne sont pas tous fixés : globalement 45% des mots sont fixés, ce qui correspond par exemple à 37% des mots de quatre lettres, 62% des mots de sept lettres, 77% des mots de dix lettres. Ces chiffres n'ont bien sûr de sens que dans le cas d'une théorie mot à mot de la lecture. En fait, presque toutes les lettres ont autant de chances d'être fixées, indépendamment de la longueur du mot. Seule la fin des mots longs (plus de 8 ou 9 lettres) a moins de chances d'être fixée. Par contre, à peine plus d'une lettre sur deux est fixée et ceci de manière totalement irrégulière (cf. écart-type), ce qui semble invalider l'existence d'un mécanisme régulateur oculomoteur indépendant du signal traité.

Fixation des emplacements critiques

L'enregistrement portant sur le centre de la fixation oculaire, le critère d'inclusion et d'exclusion d'un point de fixation par rapport aux points test a été défini en fonction de l'empan fovéal de la façon suivante : toute fixation à l'intérieur d'un périmètre de deux caractères-espaces à gauche et à droite du *s* de test est jugée comme une fixation du *s* de test, toute fixation à l'extérieur de ce périmètre est considérée comme une omission.

Les sujets fixent significativement plus les *s* de test dans les mots critiques que dans les mots non critiques (en moyenne 15,9 vs. 13,67 ; $F(1,11)=6,665$; $p=0,026$) quelle que soit la position de la lettre dans le mot et quelle que soit la fréquence du mot. Aucun autre facteur ne s'avère même potentiellement significatif, ni la fréquence lexicale (14,92 vs. 14,67), ni la position de la lettre de test à l'intérieur du mot (10 vs. 9,92 vs. 9,67).

3.4.3.3 Discussion

Les résultats obtenus quant au nombre de fixations par mot confirment les résultats obtenus par d'autres équipes et montrent que, la distance moyenne entre deux fixations étant supérieure à l'empan visuel, seule la vision parafovéale peut préparer la fixation suivante et donc seuls des traitements grossiers peuvent proposer un emplacement de fixation.

Les variables position de la lettre et fréquence du mot semblent jouer un moindre rôle dans la détermination de l'emplacement du regard. Seules les propriétés morpho-orthographiques de la langue s'avèrent être des bons prédicteurs de cet emplacement. Le regard tend à se porter d'une façon sélective sur les emplacements discriminants sur le plan morpho-orthographique. Ce résultat est obtenu en dépit des conditions difficiles de toute expérience de mouvements oculaires. La différence de significativité entre l'expérience de cochage des lettres et l'étude des mouvements oculaires tend à montrer l'importance des éléments qui perturbent les mesures des mouvements de l'œil. Une des raisons qui peuvent également masquer les caractéristiques des mouvements oculaires est la dynamique propre de l'œil (O'Regan & Levy-Schoen, 1987; O'Regan, 1990). Toutefois, la présence de cette dynamique et de problèmes dans la fiabilité des mesures n'empêche pas l'existence d'une capacité de guidage des mouvements de l'œil contrôlée par les besoins de la tâche et le déroulement dans le temps de la reconnaissance visuelle.

3.5 Apport de la thèse global-local à l'étude du langage

Les éléments expérimentaux décrits ci-dessus semblent valider l'existence d'une hiérarchie et d'une succession dans le temps de mécanismes globaux et grossiers et de mécanismes locaux et fins. Ces mécanismes n'ont été présentés que dans le cadre de la reconnaissance de formes visuelles écrites où ils permettent de répondre à un problème spécifique du domaine.

Il est intéressant de souligner que ce principe peut s'appliquer aussi à la reconnaissance d'objets et à des traitements perceptifs réalisés dans d'autres modalités. En effet, le principe qui consiste à enchaîner traitements grossiers et globaux et traitements précis et locaux n'est pas seulement une astuce de calcul ou

de reconnaissance de formes. Il ne s'agit pas seulement de réduire le nombre des traitements locaux qui pourrait être exorbitant s'il n'était pas contrôlé. Même une énorme capacité à effectuer des traitements locaux de tous types ne peut aboutir à un résultat, faute d'un cadre de référence dans lequel analyser et regrouper les résultats. Enfin, l'inexistence d'un contexte préalable ne permet pas d'ajuster les paramètres locaux de reconnaissance – voir les problèmes de reconnaissance de formes sur ordinateur –, sauf dans le cas d'éléments extrêmement contrastés et pertinents (et encore, car la mesure de la force d'un contraste est elle-même une mesure globale). Inversement les traitements grossiers et globaux sont réalisables sur des données brutes sans contexte. L'aspect grossier accentue les contrastes avec les autres éléments du décor tandis que l'aspect global limite le nombre de formes à envisager. Même dans ce cas, les systèmes de reconnaissance humaine et machine utilisent des informations préalables qui limitent l'espace de recherche.

Il est peu probable que ce principe de reconnaissance se limite à l'écrit. L'existence d'un traitement de l'information globale dans la modalité auditive a été démontrée (Kasevitch & Ventsov, 1998), mais son poids exact dans la reconnaissance de la parole reste sujet à controverse (Liénard, 2002). Il existe dans la perception orale des éléments (prosodie de la phrase, accent tonique, alternance consonne-voyelle) qui laissent penser qu'une succession globale-locale existe aussi dans cette modalité. De même, cette succession globale-locale se retrouve dans le développement. C'est le cas de théories anciennes comme Werner et Kaplan (1963), mais aussi dans des développements plus récents comme Jusczyk (2001) qui propose que la perception des mots passe par l'analyse de formes prosodiques –énoncés et mots– avant pouvoir traiter les syllabes et phonèmes. Enfin, la théorie de la succession global-local donne les moyens de structurer le monde sensible en n'utilisant que les propriétés perceptives du corps et les données du monde externe, ce qui permet d'envisager une certaine autonomie de la perception vis-à-vis de la syntaxe et de l'interprétation sémantique.

4 DEVELOPPEMENT DU LANGAGE : CONTEXTE ET OUTILS

Le moins que l'on puisse dire à propos des théories sur le développement du langage, c'est que des positions et des attitudes radicalement opposées, cristallisées lors du rejet violent du behaviorisme par Chomsky (1959), perdurent depuis plusieurs décennies sans le moindre début de consensus. Deux écoles s'opposent sur de nombreux points comme l'autonomie du langage, l'autonomie de la syntaxe, la part de l'inné et de l'acquis, le format des structures linguistiques et beaucoup de propriétés du langage et des langues. On peut trouver une présentation et une théorisation de ces oppositions dans Hirsh-Pasek et Golinkoff (1996). Les auteurs présentent le débat comme oscillant entre deux pôles : « inside-out » d'un côté, « outside-in » de l'autre. « Inside » et « in » font référence aux structures internes de l'esprit, innées pour inside et acquises pour in. « Outside » et « out » font référence aux interactions avec le monde et au format externe correspondant aux structures internes, avant l'apprentissage pour outside et après l'apprentissage pour out. Le choix des mots met bien en évidence les éléments que ces auteurs privilégient : le facteur inné-acquis et le type de théorie d'apprentissage. La typologie que présentent ces auteurs est résumée dans le tableau 7 :

	Type de théorie	
	Inside-out	Outside-in
Structure initiale	Linguistique	Cognitive ou sociale
Mécanisme	Spécifique	Général
Origine des structures	Innée	Apprentissage
<i>Compétence adulte</i>	<i>Grammaire générative</i>	<i>Autres théories linguistiques</i>

Tableau 7 : Synopsis des éléments opposant les principales théories du développement du langage.

Note : La dernière ligne en italique est un ajout par rapport au tableau original (d'après Hirsh-Pasek & Golinkoff, 1996, p. 17).

Cette typologie des théories est obtenue en se posant trois questions (Hirsh-Pasek & Golinkoff, 1996, p. 12) :

1. Qu'est-ce qui est présent lorsque commence l'apprentissage ?
2. Quels mécanismes sont utilisés au cours de l'acquisition ?
3. Quels types d'entrées guident l'apprentissage du langage au cours de sa progression ?

Ces questions sont tout à fait pertinentes et reproduites dans presque tous les développements théoriques, mais elles contiennent, de manière sous-jacente, la marque de la conviction des auteurs envers le côté nativiste. Cette conviction est d'ailleurs très honnêtement et très clairement déclarée (voir Hirsh-Pasek & Golinkoff, 1996, p. 11). En choisissant délibérément les termes apprentissage et acquisition, ces questions minimisent les phénomènes propres au développement, même si les auteurs évoquent ce problème en page 40-41. Il manque toutefois une quatrième question, celle du but du développement, c'est-à-dire du problème de la détermination du point final et de la définition de compétence adulte. Les auteurs expriment clairement leur non-ambiguïté sur cette position :

The third problem faced by Outside-in theories is the need to explain how the child starts with one kind of linguistic system based on cognitive and social categories and transforms it into the adult linguistic system based on abstract syntactic categories (Hirsh-Pasek & Golinkoff, 1996, p. 26).

Poser l'existence d'un système linguistique adulte basé sur des catégories syntaxiques abstraites n'est pas un choix spécifique de ces auteurs et a été régulièrement reproduit par les défenseurs et partisans des théories inside-out. Il s'agit pourtant d'un choix axiomatique – et non résultant d'une démonstration – discuté par Tomasello (2000a) qui présente une critique très argumentée des théories générativistes de l'acquisition du langage et propose comme alternative aux grammaires génératives les grammaires cognitives – voir Tomasello (1998) pour une présentation générale de la linguistique cognitive ou Croft (2001) pour une théorie (Radical Construction Grammar) refusant complètement l'idée de classes syntaxiques abstraites à caractère général. Le travail de Tomasello (2000a) fait écho à ceux de Lakoff et Johnson (1999) qui expliquent très bien en quoi l'opposition des théories correspond en réalité à une opposition philosophique de fond, avec d'un côté la position de Chomsky et de l'autre celles des partisans des grammaires cognitives. Une autre alternative pourrait être celle des grammaires émergentes (Emergent Grammar, Hopper, 1998).

La question de la validité des théories syntaxiques synchroniques, statiques et représentationnelles du langage ou de la cognition a été posée entre autres par Harris (1990) et Shanon (1993). En définissant à l'avance tel ou tel point final, on se donne en même temps les limites, les méthodes et les arguments de son propre problème. Les démonstrations de Gold (1967) ou de Wexler et Culicover (1980), ainsi que les affirmations répétées de Chomsky sur la pauvreté de l'entrée, n'ont de sens que pour un problème où la grammaire générative chomskyenne est posée (axiomatisée) comme point final du développement. Avec un tel point final, l'apprentissage doit comporter un biais pour être réalisable, d'où le besoin de structure innée ou/et d'un guidage lors de l'apprentissage (voir le débat sur l'influence du langage utilisé par les parents, Snow, 1995). Enfin, la notion même de point final est une notion statique et donc adéquate à l'idée d'une grammaire universelle abstraite et mathématique. Le point final pourrait, dans d'autres théories, se transformer en un ensemble de points (un point différent pour toute personne ou toute langue ou culture), ou disparaître totalement.

Une des causes majeures de ces interrogations et incertitudes sur le développement du langage est très probablement la jeunesse du domaine qui n'a

guère plus de 100 ans, mais la raison principale est encore plus certainement la complexité expérimentale. Le développement du langage s'étale en effet sur plusieurs années, se produit dans un milieu d'une énorme complexité (tout l'environnement de l'enfant, spatial et social) et est réalisé par un système encore presque inconnu (une dizaine de milliards de neurones en interaction permanente, chaque neurone ayant de 4000 à 10000 connexions en entrée, et le tout se réorganisant et se modifiant tout au long du développement cognitif). Les énormes progrès des techniques d'imagerie cérébrale et de neuroanatomie ne doivent pas cacher que l'on ne sait pas encore grand chose de la manière dont s'organise cette complexité. Les observations du langage des enfants dont on dispose restent encore pauvres et essentiellement consacrées à la langue anglaise même si leur nombre a considérablement augmenté dans les 50 dernières années grâce à l'emploi du magnétophone puis à la mise en commun de bases de données textuelles comme celle de CHILDES (MacWhinney & Snow, 1985; MacWhinney, 2000). On ne trouve au mieux que des corpus représentant une heure ou deux par semaine, ce qui ne fait jamais qu'un centième à un cinquantième de ce qu'entend et produit un enfant durant ses premières années. De plus, un corpus recueilli pendant une année, même à ce rythme raisonnable, représente tout de même déjà 30 000 énoncés et deux à trois fois ce nombre de mots (pour de jeunes enfants). Un tel travail de transcription est donc très long et, de ce fait, encore peu fréquent.

De plus, il faudrait aussi coder toutes les interactions, les informations dont l'enfant dispose, les sens que peuvent prendre les énoncés de l'enfant en contexte, etc. Ce type de travail est pour l'instant limité à des interactions précises, des instants particuliers dans la vie d'un enfant comme cela était déjà fait dans les travaux précurseurs en ce domaine comme Guillaume (1927a; 1927b) ou Leopold (1948). On voit donc que le simple recueil est un travail énorme et qu'il est presque impossible de recueillir des données exhaustives sur le contexte de production des énoncés des enfants. De plus, l'analyse de dizaines ou centaines de milliers de mots impose l'utilisation d'outils spécifiques pour le dépouillement des données. Faute de quoi, on doit se contenter de la technique largement utilisée par les linguistes qui consiste à isoler des éléments dont la valeur est considérée

comme significative ou exemplaire. On s'expose dans ce cas à certains problèmes comme celui de savoir si une erreur est systématique ou exceptionnelle. Dans le premier cas, il faut bien sûr tenir compte du phénomène dans toute théorie. Dans le deuxième cas, on peut se demander dans quelle mesure un simple problème de performance ne pourrait pas expliquer le phénomène et s'il est justifié de modifier une théorie pour cela. Enfin, même dans le cas d'un comportement systématique, mais rare, faut-il lui accorder le même poids qu'à un phénomène systématique, mais fréquent ? La réponse à cette question n'est pas seulement un choix d'école linguistique. Par exemple, l'apprentissage du nom a été souvent mis en avant comme un paradigme de l'apprentissage du mot d'après l'argument que le nom représente la classe syntaxique la plus courante dans la plupart des langues (Gentner, 1982), et ce par des partisans de théories radicalement opposées.

Il y a donc deux raisons qui incitent à développer les techniques d'études et d'observations du développement du langage. D'une part, la réflexion théorique qui nécessite pour progresser le plus d'éléments les plus informatifs possibles sur le développement, d'autre part, la complexité du problème qui impose de faire appel à toutes les techniques de la linguistique et de la psychologie, mais aussi comme décrit dans la partie « Méthodologie » page 3, aux techniques de modélisation ou simulation de l'IA (voir par exemple la conclusion de l'article de Pine, Lieven et Rowland, 1998). Dans la partie qui suit, nous allons tout d'abord présenter de manière succincte les plus importantes théories du développement (ou de l'acquisition) du langage, puis les techniques que nous utilisons. Par la suite seront présentés différents travaux ou expériences que nous avons réalisés ou publiés. Ce n'est que dans la dernière partie, « 6 - Conclusions et perspectives » p. 175, que sera présentée une discussion théorique qui englobe l'ensemble de nos résultats et qui suggère des propositions pour la continuation de notre travail.

Avant de plonger dans une description plus complète des théories du développement du langage et de nos travaux, il est utile de terminer ces préalables par une explication sur notre position quant au débat inné-acquis. Bien que l'opposition inné-acquis figure dans la plupart des théories actuelles du langage et de son développement, le débat ne paraît pas forcément nécessaire. La question se

résoudra d'elle-même un jour ou l'autre lorsque convergeront les études sur les structures du système cérébral d'un côté, sur le langage de l'autre côté. Par exemple, on peut émettre des hypothèses fortes sur la perception des formes sonores des langues (et des formes visuelles) parce qu'on peut faire des hypothèses précises sur la manière dont les neurones peuvent séparer hautes fréquences et basses fréquences, peuvent catégoriser et mémoriser. Certes, une mise en correspondance satisfaisante de structures neurales et de principes de perception auditives (ou visuelles) reste encore à développer (Hickok & Poeppel, 2000), mais elle semble plus proche que la mise en correspondance de structures neurales et de principes syntaxiques du langage. Ceci ne veut pas dire que les premiers principes sont plus plausibles que les seconds, mais que les premiers seront probablement décrits en détail et validés avant les seconds. Pour ces derniers, il faut continuer, quelle que soit la théorie soutenue, à détailler les principes syntaxiques parce qu'une meilleure compréhension de ceux-ci ne peut que mieux permettre de faire un jour le lien avec les structures neurales sur lesquelles de plus en plus de gens travaillent par ailleurs. Seul ce lien peut clore le débat inné-acquis et un tel lien devra bien sûr être trouvé quelle que soit la théorie du développement du langage finalement retenue.

4.1 Principales théories du développement du langage

4.1.1 Développement des capacités phonétiques

On retrouve dans les théories du développement phonétique les mêmes oppositions d'école que pour le reste du langage. On peut trouver une présentation très complète et largement argumentée de ce développement et des théories existantes dans Vihman (1996) et Oller (2000). De manière simplifiée, le développement des productions phonétiques des enfants se déroule sur plusieurs années et ce n'est pas avant un âge assez avancé (5 ou 6 ans et plus selon la complexité du système phonétique des langues) que les enfants présentent une maîtrise totale en toute circonstance. Les enfants commencent par une période où leurs productions sont très variables et limitées en longueur. À partir de l'âge d'environ 2 ans (avec de grandes variations d'au moins six mois autour de cet âge), la longueur, la qualité et la régularité des productions augmentent, ce qui

coïncide en général avec le début et la généralisation de la production d'énoncés de plusieurs mots.

Les théories du développement phonétique peuvent se diviser en trois grandes catégories : les théories générativistes (Smith, 1973; Stampe, 1979) avec le développement récent de la théorie de l'optimalité (Prince & Smolensky, 1996) ; les théories biologiques (Locke, 1983; Davis & MacNeilage, 1995) qui stipulent que l'ordre de développement des phonèmes est une conséquence de la maturation des organes phonatoires ; les théories cognitives (Ferguson & Farwell, 1975; Kiparsky & Menn, 1977; Menn, 1983) qui considèrent que l'enfant crée son propre système de règles par apprentissage (voir Vihman, 1996, pour plus de détails sur les théories du développement phonologique).

Les théories ci-dessus concernent essentiellement le développement phonétique à partir du moment où les premiers mots sont produits. Suite au travail de Jakobson (1941), la relation avec le babillage a été controversée, les théories favorisant soit une rupture, soit une continuité. Le principe d'une continuité semble maintenant accepté, comme démontré par les travaux les plus récents sur ce thème (de Boysson-Bardies, Halle, Sagart, & Durand, 1989; Konopczynski, 1990; Konopczynski, 1991; Davis & MacNeilage, 1995; Oller, 2000). Parallèlement, l'enfant développe aussi des capacités de production qui concernent la forme globale des énoncés. Ainsi, dès l'âge de 9 mois, l'enfant peut produire cinq types d'intonation d'énoncés : énonciatives, phatiques, appels, questions et charme (Konopczynski, 1988; Konopczynski, 1991). Cette capacité est fondamentale car elle permettra à l'enfant de développer à partir de l'âge de treize mois environ la notion de tour de parole (cf. théorie de l'intonologie développementale interactive, Konopczynski, 1998b).

Les études, qui concernent la première année de l'enfant et qui ne portent pas sur le babillage, traitent des capacités de perception ou de classification des sons des très jeunes enfants. Ces résultats sont très importants car ils influent directement sur de nombreuses théories d'acquisition de la syntaxe et en particulier les théories dites du « prosodic bootstrapping » (Gleitman & Wanner, 1982; Peters, 1983; Morgan & Demuth, 1995). Notons que si le débat inné-acquis est moins vif dans le domaine de la phonétique du jeune enfant, il se retrouve dans

celui de spécificité ou non des mécanismes du langage (voir Jusczyk, 1997, p. 64; Lelekov-Boissard & Dominey, 2002).

Les résultats dans ce domaine sont décrits très complètement dans Jusczyk (1997). Les travaux publiés ont montré que les très jeunes enfants ont, dès la naissance, une capacité de discrimination catégorielle de certains phonèmes de la langue, en particulier des consonnes (Eimas, Siqueland, Jusczyk, & Vigorito, 1971), c'est-à-dire qu'un continuum entre deux sons de ce type leur donnera l'impression de correspondre à seulement l'un ou l'autre des deux sons et non pas à une suite continue de variations minimales. Les enfants se comportent en cela comme les adultes, même si, pour certains sons de parole (les voyelles par exemple), les adultes peuvent, après entraînement, arriver à une perception continue et non catégorielle. La capacité de discrimination phonétique des très jeunes enfants porte sur des sons de n'importe quelle langue. Le bébé à sa naissance n'est pas encore limité aux sons de sa langue maternelle. Cette absence de limitation se perd progressivement à partir de l'âge de 6 mois environ pour les voyelles (Werker & Tees, 1984; Polka & Werker, 1994) et 12 mois pour les consonnes (Werker & Lalonde, 1988). Toutefois, il convient de nuancer cette remarque car cette perte n'est pas complètement irréversible (Best, 1994; Pisoni, Lively, & Logan, 1994). Elle est plus sensible pour des phonèmes qui font partie de la « gamme » de phonèmes utilisés dans la langue pratiquée par l'enfant. Ainsi, Best, McRoberts, et Sithole (1988) ont montré que pour certains types de phonèmes qui ne font pas du tout partie des contrastes phonétiques usuels (ainsi par exemple les clics pour une personne de langue anglaise), la sensibilité n'est pas perdue. Cette capacité fondamentale de discrimination phonétique est également attestée chez plusieurs espèces animales, notamment par Kuhl et collaborateurs chez le chinchilla et le macaque (Kuhl & Miller, 1975; Kuhl & Padden, 1982) et par Kluender, Diehl et Killeen (1987) chez la caille du Japon. Il faut souligner que chez l'animal cette capacité résulte d'un apprentissage spécifique qui peut être très long (des milliers de répétitions chez la caille). Il n'est pas non plus prouvé que les animaux utilisent le même système neuronal que l'être humain pour réaliser cette catégorisation. Néanmoins, les capacités des

animaux démontrent que des traitements phonétiques sont possibles en dehors de l'existence d'un langage complexe.

En dehors du développement de la capacité à reconnaître les sons de sa langue, le nouveau-né et le très jeune enfant développent des capacités qui ont une plus grande portée que la simple phonétique et phonologie car elles vont se révéler utiles et même nécessaires pour acquérir lexicale, syntaxe et pragmatique. Il s'agit des capacités de traitement de la mélodie et de la prosodie de la langue maternelle et des capacités de repérage des régularités dans le signal sonore et visuel (Christophe, Bertoncini, & Floccia, 1997).

Le nouveau-né est capable de reconnaître sa langue sur la base de l'information prosodique (Mehler et al., 1988; Moon, Cooper, & Fifer, 1993; Dehaene-Lambertz & Houston, 1998). Il est aussi capable de reconnaître la voix de sa mère (Mehler, Bertoncini, & Barriere, 1978; Cooper, Abraham, Berman, & Staska, 1997), voix qui porte le plus souvent des caractéristiques prosodiques spécifiques (Fernald et al., 1989). Ces deux caractéristiques sont présentes dès la naissance et résultent d'un apprentissage utérin. L'enfant développe aussi, de l'âge de 2 à 8 mois, une sensibilité à l'intonation globale des énoncés (Konopczynski, 1987; Konopczynski, 1990).

Parallèlement au développement des traitements prosodiques sur la globalité d'un énoncé, l'enfant développe une sensibilité au rythme et à l'accentuation de sa langue, capacité qui peut l'aider à repérer dans la parole continue les éléments de base du langage, mots ou groupes verbaux. Jusczyk, Luce et Charles-Luce (1994) ont montré que les enfants sont sensibles aux caractéristiques rythmiques des mots de leur langue dès l'âge de 6 mois. Par contre, Jusczyk, Cutler et Redanz (1993) ont trouvé que si les enfants de 9 mois sont attirés par les mots qui correspondent à la forme d'accent tonique la plus fréquente de leur langue, à l'âge de 6 mois cette capacité n'est pas encore en place. Ces résultats ont été confirmés par Jusczyk, Houston et Newsome (1999). Soulignons que le principe de repérage des frontières de mots ou de groupes verbaux ne s'applique pas avec la même efficacité dans toutes les langues. Il s'applique très bien aux langues qui ont un accent tonique régulier comme le finlandais, il semble s'appliquer aussi aux langues qui ont un accent tonique irrégulier comme l'anglais ou le russe, mais ne

semble pas s'appliquer facilement pour le français où l'allongement final ne s'applique qu'en fin d'énoncé et non pas de mot.

L'enfant ne segmente pas les mots sur les seuls critères prosodiques. Il peut utiliser ses capacités à faire la différence entre allophones (Hohne & Jusczyk, 1994). Ainsi, les deux phonèmes /t/ et /r/ issus de « night rate » et de « nitrate » sont différents et les enfants de deux mois sont sensibles à cette différence. Il peut également utiliser les caractéristiques phonotactiques de sa langue maternelle, c'est à dire le fait que des suites de sons apparaissent de préférence à l'intérieur des mots ou à leur frontière (cf. Brent & Cartwright, 1996). Enfin, l'enfant a la capacité de repérer les régularités distributionnelles de sa langue (Brent & Cartwright, 1996; Saffran, Aslin, & Newport, 1996a; Saffran, Newport, & Aslin, 1996b). Cette capacité n'est toutefois pas limitée aux sons de la langue. Elle peut s'appliquer aussi à des sons non-linguistiques (Saffran, Johnson, Aslin, & Newport, 1999), et elle se retrouve dans d'autres modalités, en particulier visuelle (Kirkham, Slemmer, & Johnson, 2002). Jusczyk et Hohne (1997) ont par ailleurs montré qu'à 8 mois, les enfants sont capables d'apprendre des mots et de les reconnaître deux semaines après, ce qui montre qu'ils ont, au moment où ils vont commencer à se mettre à parler, déjà acquis des capacités complexes et puissantes de traitement et de mémorisation linguistique. Enfin, les enfants sont capables de reconnaître des mots même si ceux-ci sont déformés. Ainsi, Swingley et Aslin (2000) ont testés des enfants de 18 à 23 mois sur des mots dont un des phonèmes était modifié sur un trait (/vaby/ au lieu de /baby/). Ils trouvent que les enfants reconnaissent les mots, mais moins facilement que dans le cas où les mots sont correctement prononcés. Cette capacité semble se développer progressivement car Jusczyk et collaborateurs ne l'ont pas trouvée chez des enfants de 7 mois et demi (voir un résumé de ces travaux dans Jusczyk, 2001).

Tous ces éléments forment un ensemble de capacités fondamentales pour l'acquisition de la langue maternelle, du point de vue phonétique, mais aussi lexical, syntaxique et peut-être sémantique (Morgan & Demuth, 1995). Jusczyk (2001) présente un modèle complet du démarrage initial de la segmentation en mots. Ce modèle prend en compte toutes les capacités initiales de l'enfant, utilisation de la prosodie de l'énoncé, du rythme des mots, contraintes de

coarticulation spécifiques d'une langue, régularités contextuelles des débuts et fins de mots. Jusczyk note que cette capacité de segmentation de mots est robuste car elle résiste bien à la présence de bruit de fond important. Il défend également le fait que l'enfant est obligé de recourir à un ensemble de caractéristiques pour correctement commencer à découper une phrase en mots, car aucune caractéristique n'est assez fiable pour être utilisée seule. Le poids des caractéristiques à un certain âge peut d'ailleurs être ordonné, (voir pour le cas de l'anglais, Johnson & Jusczyk, 2001). Ce poids semble varier avec l'âge (Saffran et al., 1996b), les indices les plus globaux semblant d'autant plus proéminents que les sujets testés sont de jeunes enfants. On pourrait donc ici retrouver une opposition de type global-local comme on en trouve dans la perception visuelle. L'enfant débiterait par l'apprentissage de contrastes globaux puis affinerait peu à peu ses capacités de discrimination en adoptant des stratégies à caractère local.

Il est plus facile d'imaginer et de construire des systèmes artificiels capables d'effectuer de manière satisfaisante des tâches de type phonétique que des tâches de perception visuelle. Les bons résultats obtenus en reconnaissance de la parole par ordinateur en sont une démonstration. Également, nombre de performances décrites ci-dessus (en particulier tout ce qui relève de la classification) se simulent assez simplement avec un réseau de neurones artificiels (ce qui toutefois n'explique pas comme se met en place ce réseau). Par contre la controverse est grande quant à la capacité des réseaux de neurones à créer et à gérer des règles algébriques (Elman et al., 1996; Marcus, 1999; Seidenberg & Elman, 1999).

Tous ces résultats autour des acquisitions précoces sont fondamentaux car, non seulement ils attestent de l'importance de cette période du développement langagier, mais ils suggèrent également que des troubles survenant à ce jeune âge peuvent avoir des répercussions graves sur le développement futur de l'enfant (Konopczynski & Vinter, 1994; Konopczynski & Vinter, 1995; Locke, Lambrecht-Smith, Roberts, & Guttentag, 1996; Oller, Eilers, Neal, & Schwartz, 1999; Höhle & Weissenborn, 2001). C'est pourquoi la détection de troubles initiaux de la perception est une des nouvelles voies de recherche dans le diagnostic précoce des troubles du langage.

4.1.2 L'enfant avant 18 mois – Les modèles cognitifs/sociaux

À 18 mois, beaucoup d'enfants ont commencé à produire des mots identifiés par les adultes comme des mots de la langue, et non plus comme des onomatopées ou des créations de l'enfant. Comme les variations d'un enfant à l'autre sont énormes (Fenson et al., 1994; Feldman et al., 2000; Fenson et al., 2000; Maital, Dromi, Sagi, & Bornstein, 2000), fixer l'âge de 18 mois n'a qu'une valeur symbolique. Ce qui compte est que, dans leur seconde ou parfois troisième année, les enfants commencent à acquérir de nouveaux mots à un rythme soutenu et qui ne ralentira pas avant la fin de l'adolescence (Bloom, 2000b). L'accélération de cet apprentissage lexical (en anglais le *vocabulary spurt*) marque la fin d'une période durant laquelle les enfants doivent apprendre les principes, les usages, l'utilité et la nécessité du langage. La notion de démarrage de l'apprentissage lexical est fondamentale à plus d'un titre et a engendré de nombreux travaux et débats (Dromi, 1999). Le débat vient du fait que ce démarrage peut ne pas être franchement marqué chez certains enfants. Toutefois, seule l'idée d'un démarrage brutal est mise en doute. Dans tous les cas de figure, les enfants passent par une période commençant à 8-9 mois et se terminant dans leur seconde année à la fin de laquelle ils présentent un vocabulaire en croissance régulière et continue.

La période qui précède cette accélération de l'apprentissage lexical est souvent considérée comme celle dans laquelle se mettent en place les principes de base de la communication langagière chez le petit enfant. Comme ces principes dépassent le simple cadre du langage et de la langue, les théories avancées ont presque toujours une portée générale, en ce sens qu'elles traitent de l'ensemble des capacités de l'enfant, perceptives, cognitives, linguistiques et sociales. À l'inverse, les études s'intéressant à des âges plus avancés sont le plus souvent ciblées sur un domaine précis, la phonétique, le lexique, la syntaxe, la sémantique, la pragmatique ou les aspects sociaux du langage. Cette opposition de style de recherche ne résulte pas seulement d'un choix théorique. Quand les enfants sont plus jeunes, il est impossible ou difficile de classer les comportements. Comme l'enfant ne produit que des mots isolés, chaque mot exprime tous les éléments linguistiques et cognitifs à la fois. De plus, les comportements sont suffisamment simples pour être étudiés complètement. Après, quand les enfants sont plus âgés,

le discours devient complexe et de ce fait il est plus facile de le diviser en fonctions. Cette complexité incite aussi à diviser les tâches et à n'étudier qu'une fonction à la fois.

Quatre théories traitant de cette période peuvent être mises en avant en raison de leur influence sur les travaux qui ont suivi. La théorie à la visée la plus générale est peut-être celle de Piaget (1945) qui propose que l'enfant acquière la fonction symbolique à travers le développement de l'imitation, du jeu symbolique et de la représentation cognitive. Piaget a influencé beaucoup de chercheurs spécialisés dans l'étude du développement du langage chez l'enfant et a en particulier suscité un débat sur la précedence ou non de l'acquisition de la permanence de l'objet sur l'acquisition des premiers mots. Comme il ressort que les deux comportements peuvent apparaître dans n'importe quel ordre, il est probable qu'il se nourrissent l'un l'autre, au début de l'acquisition du langage, mais aussi tout au long du développement.

La deuxième théorie du développement pré-linguistique de l'enfant est la théorie de la « Base organismique de la formation du symbole » de Werner et Kaplan (1963). Le but est de décrire comment se développe la notion de symbole chez l'enfant. Précisons tout d'abord que les auteurs considèrent que les relations qu'un organisme présente avec son environnement fonctionnent sur un modèle de boucle dynamique avec trois niveaux possibles (Werner & Kaplan, 1963, p. 9) : les réactions réflexes qui portent sur des stimuli ; les actions sensori-motrices ayant un but et qui portent sur des signes ; les connaissances contemplatives qui portent sur des objets – ce niveau est celui où se forment les symboles. Deux principes fondamentaux gouvernent la formation d'un symbole : (a) la formation de schèmes à propos de l'objet-de-référence ; (b) la formation de schèmes à propos du véhicule symbolique. Ce dernier est le moyen utilisé pour représenter un référent dans un médium donné. Le problème posé est de générer une relation apparemment abstraite entre (a) et (b). La solution proposée passe par l'enchaînement de quatre facteurs :

- (I) Le pouvoir d'expressivité, réelle ou potentielle, des objets, c'est-à-dire l'expérience des caractéristiques vues ou entendues des objets. Ainsi,

« le geste est l'indissoluble unité de la forme et du contenu » (Werner & Kaplan, 1963, p. 20).

- (II) La transcendance des qualités expressives des objets, c'est-à-dire l'existence d'une même qualité pour différents objets. « Une telle transcendance suggère la formation de similitudes, de métaphores, d'analogies, etc., ou au moins fournit les bases pour de telles formations » (Werner & Kaplan, 1963, p. 21).
- (III) L'acte intentionnel de la dénotation. Il ne suffit pas, en effet, qu'il y ait une similitude entre deux entités, il faut aussi que par un acte intentionnel une des deux entités soit choisie pour désigner l'autre et se transforme alors en véhicule symbolique.
- (IV) Les entités évoluent dynamiquement jusqu'à construire progressivement une correspondance sémantique. Il y a un double processus développemental, vers des objets ayant un sens (référents), et vers des formes exprimant un sens (véhicules).

L'aspect développemental de cette théorie est fondamental et justifie, d'une part, qu'il n'y ait pas de significations ou d'objets prédéfinis dans le monde et dans le système nerveux et, d'autre part, que le sens des objets et des véhicules ne soit pas figé et évolue en permanence, même chez l'adulte. Cette théorie explique donc que le lexique de l'enfant dans sa seconde année évolue par des différenciations progressives des sens et des véhicules (les mots). Les sens et les mots sont progressivement construits et de plus en plus spécifiés. Un bon exemple de ce processus de spécification est la manière dont Werner et Kaplan expliquent le passage du mot isolé au groupe de deux mots par un phénomène de différenciation progressive similaire au principe développé pour expliquer l'évolution du lexique. Tout d'abord, l'enfant produit des holophrases, formes globales composées, du point de vue de l'adulte, de deux éléments, mais qui n'en constituent qu'un seul pour l'enfant. Il est très important de savoir faire la distinction entre les holophrases et les énoncés composés de plusieurs éléments pour analyser le lexique de l'enfant. Pour cela, le seul moyen est d'être sûr que l'enfant utilise les deux termes de manière isolée par ailleurs. Ensuite, cette holophrase est amenée à signifier une composition de deux choses différentes

mais sans qu'il y ait différenciation des éléments qui la composent. Puis, l'enfant prend connaissance de l'existence des deux éléments et de leur sens propre, tout en continuant de produire la forme de manière globale. Enfin, la forme est construite comme une phrase, c'est-à-dire comme une composition de deux éléments. L'arrivée à une composition de deux éléments peut aussi passer par une autre étape. L'enfant commence à produire deux mots (ou holophrases) distincts, chacun ayant sa propre courbe intonatoire, même si les deux éléments sont très proches dans le temps. Ensuite, l'enfant ne produit plus qu'une seule courbe intonatoire pour ces deux éléments, ce qui montre qu'il a commencé à faire des constructions syntaxiques (voir Konopczynski, 1991; Konopczynski, 1998a, pour une description plus complète de cette phase du développement du langage).

Les théories précédentes n'insistent pas sur les aspects sociaux de la communication langagière, ce que font au contraire les deux autres théories. La troisième analyse est celle de Halliday (1975) qui insiste sur la variété de fonctions que peuvent avoir les énoncés de l'enfant. Ainsi, Halliday divise en énoncés à caractère pragmatique (instrumental ou régulateur) et à caractère mathétique (interactionnel, personnel, heuristique, imaginatif). Ce travail de classification est très intéressant car il montre bien la richesse et surtout la dimension sociale des premiers échanges linguistiques de l'enfant. Enfin, la dernière analyse qui a eu un grand retentissement sur les travaux du domaine est celle de Bruner (1975b; 1975a; 1985). Il milite pour l'existence de ce qu'il appelle un système de support d'acquisition du langage et dont le support est un « format ». Ce format est au départ un schéma d'interaction limité à un microcosme et qui contient des rôles bien démarqués. Ce schéma évolue ensuite jusqu'à arriver à des rôles réversibles. Ils seront alors devenus des routines familières. Ces schémas s'expriment dans trois situations fondamentales, celle du jeu, de la référence et de la requête. Bruner insiste également sur la notion de référence partagée entre l'enfant et l'adulte, sur l'importance des phénomènes de pointage et du repérage par l'enfant des intentions de l'adulte. Cet aspect a été confirmé et démontré par Dunham, Dunham et Curwin (1993).

4.1.3 *L'enfant après 18 mois – L'enrichissement et la complexification du langage*

On suppose que l'accélération de l'apprentissage lexical est liée à l'achèvement de l'acquisition des principes évoqués ci-dessus. Ceci n'est pas certain car d'autres raisons peuvent également jouer, comme tout simplement l'amélioration des capacités phonétiques – voir ci-dessus « 4.1.1 - Développement des capacités phonétiques » – ou les caractéristiques intrinsèques de l'évolution des systèmes dynamiques (Elman et al., 1996; Plunkett & Schafer, 1999). Si le développement de capacités phonétiques plus élaborées et plus fiables coïncide avec l'accélération de l'apprentissage lexical, il coïncide également avec la production de mots suffisamment longs et clairement prononcés pour porter des marques morphologiques (les articles, les auxiliaires et les pronoms personnels) et pour comporter plusieurs mots. Ces coïncidences – mais le sont-elles vraiment ? – doivent être soulignées parce que l'on retrouve cette problématique dans l'étude des troubles de développement du langage (voir « 5.3 - Les pathologies de développement du langage »).

Le début de l'apprentissage rapide des mots est suivi, le plus souvent très rapidement, du début de la production d'énoncés de plusieurs mots, c'est-à-dire du début de l'apprentissage de la syntaxe. Ceci est une raison supplémentaire pour ne pas séparer étude du lexique et de la syntaxe, et peut-être même ne pas séparer lexique et syntaxe dans les théories linguistiques (voir Bates & Goodman, 1997). Toutefois, comme la plupart des études séparent ces aspects, c'est ce qui est fait dans cette revue de question.

4.1.3.1 Développement du lexique

Les études du développement du vocabulaire traitent, soit de la période dite du mot isolé qui précède l'apparition des combinaisons de mots, soit du développement postérieur à l'âge de 2 ans.

Les études du premier type complètent ce qui a été déjà décrit ci-dessus (voir « 4.1.2 - L'enfant avant 18 mois – Les modèles cognitifs/sociaux »). Elles se basent en effet sur les éléments cognitifs et sociaux des débuts du développement de l'enfant pour expliquer la manière dont se développe son vocabulaire (Bloom,

1973; Dore, 1975; Dore, 1985; Griffiths, 1985; Griffiths, 1986; Bloom, 2000a). Un autre type d'étude qui est très précieux pour apprécier l'étendue du vocabulaire des petits enfants est formé par l'ensemble des études à caractère purement descriptif, articles ou monographies, et qui portent sur les langues les plus diverses, dont le français – voir Bassano, Maillachon, et Eme (1998) pour une étude générale et Bassano (1999) pour une description plus détaillée du développement des verbes. A ce titre, les principales références sur les comparaisons interlangues sont, entre autres, les travaux présentés durant quinze ans par Slobin et collaborateurs (voir Slobin, 1986/1997), ainsi que tous les travaux des « MacArthur Communicative Development Inventories », qui ont permis de mieux apprécier le développement du langage de l'enfant dans de nombreuses langues à partir de questionnaires destinés aux parents (voir Fenson et al., 1994; Eriksson & Berglund, 1999; Kern, 2000; Maital et al., 2000; Kern & Gonnand, 2001). Les travaux d'adaptation du MacArthur CDI à d'autres langues que l'anglais sont encore en plein développement, et ce dans de nombreuses langues, comme l'atteste la page Internet du site américain dédié à cette recherche (voir <http://www.sci.sdsu.edu/cdi/foreign.html>).

Avant de détailler les caractéristiques du développement lexical de l'enfant durant sa deuxième année, il convient de signaler que si l'enfant d'un an commence tout juste son apprentissage lexical, celui de deux ans est le plus souvent devenu un petit expert dans l'apprentissage des mots de sa langue. Cette différence très nette a amené de nombreux chercheurs à supposer que cette grande différence quantitative cache une différence qualitative et que les processus en œuvre dans le développement lexical apparaissent au cours de la seconde année de l'enfant (pour une revue de la question, voir Dromi, 1987). Le débat se poursuit toujours mais il y a de plus en plus de raisons de penser que l'accélération de l'apprentissage lexical sur laquelle repose la notion de « lexical spurt », ne se retrouve pas chez tous les enfants et qu'il s'agit d'un effet normal du développement d'un ensemble de capacités existant déjà chez le jeune enfant – voir Elman et al (1996) et Bloom (2000b) qui arrivent à la même conclusion par des moyens complètement différents. Toutefois, ce débat se poursuivra probablement tant que l'on ne comprendra pas mieux les mécanismes en jeu dans

l'apprentissage lexical, ce qui permettra de juger enfin du moment de leur apparition.

Le principal thème de recherche dans le domaine de l'apprentissage lexical à 18 mois porte sur les « erreurs » que font les enfants en attribuant aux mots un sens différent de celui que les adultes leur attribuent. Le mot « erreur » n'a ici de sens que par rapport à la norme de l'adulte, ou de l'enfant plus âgé. Le mot « essai » serait plus juste, car le nombre et surtout la qualité de ces « erreurs » évoluent dans le temps et la totalité des enfants tend à se rapprocher en grandissant de l'usage adulte standard. Les erreurs sont de trois types : sous-extension (l'usage d'un mot ne recouvre qu'une partie du champ sémantique d'un mot), sur-extension (l'usage d'un mot recouvre plus de référents que le mot n'en possède chez l'adulte), et erreurs diverses (qui comprennent entre autres les « vraies » erreurs, c'est-à-dire l'usage d'un référent pour un autre). Pour des raisons pratiques, les erreurs en sous-extension ont été longtemps minimisées car elles sont plus difficiles à repérer. En général, l'évolution se fait en commençant par des sous-extensions qui par la suite se transforment en sur-extensions pour enfin arriver à un usage normal (Dromi, 1987; Dromi, 1999). Il y a une claire relation entre l'âge des enfants et les erreurs qu'ils font. Lorsqu'ils sont très jeunes, avant la période de croissance forte du vocabulaire, les erreurs sont nombreuses. Une fois que les enfants ont commencé à acquérir beaucoup de mots, alors l'apprentissage de mots nouveaux se fait avec peu d'erreurs (Mervis & Bertrand, 1994).

Il existe plusieurs modèles du développement lexical du jeune enfant. Le modèle multi-voies de Barrett (1986; 1995) est une extension du modèle de prototypes de Bowerman (1978) et du modèle de représentation d'événements de Nelson (1985; 1986). Barrett sépare l'apprentissage des mots à contexte limité et usage social de celui des mots à caractère référentiel. La première catégorie de mots renvoie à tous les mots à caractère plutôt holistique (mots isolés ou groupes de mots), ou utilisés dans un contexte très spécifique. Ce sont les premiers mots appris et leur existence est attestée dans toutes les études du début du langage. Les mots de la deuxième catégorie référencent des structures mentales organisées sur le principe des prototypes de Rosch (1975; Rosch & Mervis, 1975; 1977).

L'évolution de ces structures – du particulier vers le trop général, puis du trop général vers une définition plus précise – explique très bien l'évolution de l'attribution des référents des mots, sous-extension, sur-extension puis usage correct. Le principal défaut du modèle de Barrett est que l'existence de plusieurs voies évoque plus un besoin de refléter l'ensemble des comportements langagiers des enfants, qu'une conséquence théorique. Cette théorie est donc plus descriptive, en tout cas pour ce qui est de l'existence de deux voies, qu'explicative. Il est par contre très intéressant d'avoir pris en compte l'aspect non-référentiel du langage, souvent passé sous silence par d'autres théories.

Un autre modèle est celui de « l'appariement mot-référent » (Schlesinger, 1982). Ce modèle considère que l'enfant opère d'abord un appariement entre un mot et un référent simple (une instance de concept). Cet appariement est basé sur des propriétés perceptives. Plus tard, l'enfant détecte des points communs entre les référents appariés pour un même mot (ce qui sous-entend que l'enfant sait reconnaître des mots en tant que formes linguistiques autonomes). L'enfant apprend alors à discriminer, ce qui lui permet d'apprendre des indices positifs ou négatifs qui serviront à fabriquer les classes sémantiques que sont les référents des mots. Ce modèle rejoint ici le précédent modèle de prototypes.

Il y a souvent un décalage entre les modèles qui s'appliquent aux très jeunes enfants de moins de deux ans, et ceux qui s'appliquent à des enfants de plus de deux ans. Ces derniers modèles s'intéressent essentiellement aux principes qui expliquent la rapidité et l'efficacité d'acquisition des mots nouveaux après l'âge de deux ans (Bloom, 2000b). Un contre-exemple est celui du modèle de Golinkoff, Mervis et Hirsh-Pasek (1994) qui, paradoxalement, confirme aussi cette opposition, puisqu'il recourt à deux séries de trois principes, la première série expliquant l'apprentissage initial, avant l'accélération de l'acquisition du lexique et la deuxième série expliquant l'apprentissage à un âge plus avancé, après cette accélération. La première série comprend les principes suivants : référence, extensibilité, objet entier. Le principe de référence dit que l'enfant associe les mots qu'il utilise à une de ses représentations d'objet, d'action, d'événement ou d'attribut, ce qui signifie donc que l'enfant « sait » que les mots réfèrent quelque chose, ou qu'il ne peut s'empêcher de faire ces associations. Le principe

d'extensibilité dit que l'enfant ne se limite pas à une association d'un objet unique mais cherche à étendre cette association à des éléments similaires. Le principe d'objet entier dit que les enfants nomment plutôt des objets dans leur entièreté et non des attributs ou des parties d'objet. La deuxième série contient les principes de portée catégorielle, de l'application d'un nom nouveau à une catégorie sans nom (dit N3C) et d'usage conventionnel. Le principe de portée catégorielle dit que l'extension de la référence d'un mot nouveau se fait en restant à un même niveau de catégorie. Le principe de l'application d'un nom nouveau à une catégorie sans nom dit qu'un nom nouveau sera appliqué en priorité à un élément pour lequel l'enfant n'a pas de nom. Le principe d'usage conventionnel dit que les enfants cherchent à utiliser les mots qu'ils entendent, à suivre les conventions de leur langue.

Une partie importante de ce travail repose sur des résultats antérieurs (Markman, 1989; Markman, 1991; Clark, 1993; Markman, 1994). Markman (1989), en particulier, avait présenté trois contraintes proches des principes ci-dessus. Ces contraintes correspondent aux tendances que les enfants suivent quand ils apprennent à nommer des objets inconnus. Il y a la contrainte de l'objet entier (voir ci-dessus le principe de même nom), la contrainte taxinomique (voir ci-dessus le principe de portée catégorielle) et la contrainte d'exclusion mutuelle qui dit que les enfants n'acceptent que difficilement d'utiliser le même nom pour deux objets. Le principe N3C ci-dessus est une extension de ce principe. Le but avoué de cette contrainte et de ce principe est d'expliquer la rapidité d'acquisition des mots nouveaux chez les enfants. Il faut souligner que les mots utilisés pour désigner ces comportements (contraintes, principes, biais) changent d'un auteur à l'autre et reflètent à chaque fois le type d'activité mentale qui est prêtée aux enfants.

Lois Bloom a développé une autre approche du problème de l'acquisition des mots qu'elle appelle modèle de l'intention (Bloom, 1973; Bloom, 1993; Bloom, 2000a) et qui commence de la même façon que celle de Schlesinger ou que la voie à contexte limité de Barrett, mais qui ensuite insiste sur trois éléments fondamentaux qui permettent le développement des mots jusqu'à un âge avancé : les principes de pertinence, de contradiction et d'élaboration. Sa théorie est

orientée autour de l'intentionnalité de la fonction linguistique et met en avant l'importance de l'affect et de l'intention du locuteur et en particulier du locuteur enfant. Cette théorie insiste également sur la priorité du développement cognitif sans lequel l'apprentissage du langage ne peut se faire.

Il existe d'autres types de modèles pour expliquer la manière dont les enfants acquièrent leur vocabulaire. En effet, les principes décrits ci-dessus sont surtout efficaces pour l'apprentissage des noms. Pour celui des verbes, il est par exemple difficile de repérer immédiatement un référent générique qui permettrait d'apprendre la signification d'un verbe très rapidement alors que c'est plus facile pour un nom (lorsqu'il désigne un objet). On peut évoquer les principes décrits par Lois Bloom (voir ci-dessus) qui s'appliquent à tout élément linguistique. Par ailleurs, des auteurs ont proposé que l'apprentissage lexical tire parti de la structure grammaticale dans laquelle se trouve le mot inconnu, et tout particulièrement lorsqu'il s'agit d'un verbe qui est défini en partie par les propriétés de ses arguments. La théorie dite du « syntactic bootstrapping » de Gleitman (Gleitman, 1990; Fisher, Hall, Rakowitz, & Gleitman, 1994) montre comment comprendre le sens de certains verbes, les verbes mentaux par exemple, par leur contexte. Ces résultats ont été repris et confirmés par d'autres auteurs comme Hirsh-Pasek et Golinkoff (1996) pour montrer la sensibilité des enfants aux différences entre verbe transitifs et intransitifs. Paul Bloom (Bloom, 1994) a, quant à lui, étendu ce principe aux noms, avec la prise en compte des différences existant, de manière particulièrement nette en langue anglaise, entre les noms dénombrables et non-dénombrables.

4.1.3.2 Développement de la syntaxe par apprentissage sans grammaire innée

À partir du moment où les enfants ont débuté leur apprentissage lexical soutenu, ils ne vont plus s'arrêter avant de nombreuses années. Quelle que soit la technique de comptage choisie, le nombre de mots connus par un enfant ou un adulte est énorme. D'après Anglin (1993), les enfants de 6-7 ans connaissent 10 000 mots différents, ceux de 8-9 ans 20 000 mots, et ceux de 10-11 ans 40 000 mots. Les adultes, quant à eux, connaissent environ 60 000 mots différents ou même plus dans certains cas (Miller, 1991; Bloom, 2000b). Ces nombres ne sont

toutefois rien en regard du nombre de contextes (linguistiques et cognitifs) dans lesquels ces mots sont connus ou apparus. Si l'on suppose qu'un enfant produit environ 13000 mots par jour à 1 an et demi et 25000 mots par jour à partir de l'âge de 3 ans (Wagner, 1985), et parmi ceux-ci environ 3000 mots différents (pour des âges allant de 5 à 15 ans), on obtient pour une année, selon l'âge, quelques 4 à 10 millions de mots, et donc autant de contextes. Ces nombres énormes – et qui sont valables même pour les tout petits enfants – laissent envisager la possibilité de l'existence d'un apprentissage distributionnel et éventuellement probabiliste de la syntaxe d'une langue. La description ci-dessous des principales théories mettant en avant un tel apprentissage est présentée suivant l'ordre chronologique des travaux fondateurs – à noter que certains travaux se recouvrent dans le temps. Cet ordre a l'avantage de respecter l'évolution des techniques, de l'observation manuelle des comportements à la simulation informatique à l'aide de données brutes, évolution qui va dans le sens de notre travail.

Historiquement, une des premières théories influentes au sujet de l'apprentissage distributionnel est la théorie du mot-pivot de Braine (1963; 1976). Braine a argumenté que les enfants repèrent des structures du type P + X ou X + P où P est un mot pivot fixé et X est un ensemble de formes variées. Les enfants repèrent ces constructions lorsqu'elles sont suffisamment fréquentes et les utilisent de manière productive. Chaque enfant a toute une série de mots pivot qu'il utilise. L'idiosyncrasie des mots pivots prouve qu'ils dépendent directement du langage entendu et produit par l'enfant. Cette théorie a été largement critiquée, notamment par Bloom (1971, mais voir aussi Konopczynski, 1998a), sur la base qu'elle ne peut pas expliquer les sens différents que peuvent prendre un couple de mots en fonction des circonstances. Bloom donne l'exemple de « mommy sock » qui signifie selon le contexte « les chaussettes de maman » ou « maman met les chaussettes (à Kathryn) ». Les deux autres critiques sont que la théorie n'est pas aisément extensible à l'adulte et surtout qu'elle ne décrit pas les structures sémantiques sous-jacentes qui sont celles qu'utilisent (selon Bloom) en priorité l'enfant. Il n'en reste pas moins que cette théorie, dont la simplicité est un grand atout, peut décrire beaucoup des structures utilisées par l'enfant et représente une

des premières descriptions de ce qui pourrait être le début d'un apprentissage distributionnel chez l'enfant. Si l'on refuse le postulat d'une capacité langagière adulte ne suivant que les principes de la grammaire universelle, ces formes pivot très simples peuvent parfaitement être encore utilisées par l'adulte dans des situations particulières (lourde charge cognitive ou émotionnelle, production très rapide, volonté de produire un style télégraphique, usage de stéréotypes ou de formes toutes faites).

Braine n'est pas le seul à présenter une théorie non-innéiste du développement du langage, théorie dont le développement initial précède la diffusion des idées chomskyennes. Une autre série d'études (Slobin, 1973; Slobin, 1986) fait de même et propose une série de principes dits opératoires qui doivent permettre à l'enfant de découvrir au fur et à mesure les propriétés du langage et de sa langue maternelle. Ce travail est fondé sur la convergence d'études traitant de diverses langues (quinze dans l'article de 1986). Slobin met en avant deux idées fondamentales : il vaut mieux étudier en détail les données avant de proposer une théorie précise, et il existe une grammaire enfantine de base qui sera décrite à l'aide des principes opératoires et qui est commune à tous les enfants et à toutes les langues. Le premier but ne peut qu'être positif dans un domaine où l'absence de consensus justifie complètement les démarches exploratoires. Les quarante principes présentés dans Slobin (1986) forment un précieux aide-mémoire pour visualiser l'ensemble des capacités manifestées par les enfants au cours du développement du langage. Ces principes vont du domaine perceptif à la syntaxe et à la sémantique en passant par le stockage d'information. Ils peuvent permettre effectivement de découvrir la syntaxe d'une langue à partir de l'interaction enfant-adulte. Ils sont toutefois critiquables sur plusieurs points (Bowerman, 1986). D'abord, lorsque l'on cherche à les vérifier, on peut être tenté, lorsque les résultats sont incompatibles avec les principes proposés, de rajouter d'autres principes. Cette démarche est sujette à la même critique que celle qui concerne les principes innés : il suffit en cas de problème de rajouter un principe pour faire correspondre observations et principes. Cette attitude n'est pas mauvaise en elle-même, elle est même parfaitement logique et appliquée à presque toute démarche théorique. Mais rajouter beaucoup de principes aboutit à plusieurs problèmes. D'abord, il devient

de plus en plus illusoire que tous les principes proposés puissent être vérifiés un à un. Ensuite, l'existence de trop de principes amène parfois à pouvoir expliquer un comportement et son contraire. Comme les principes se contredisent les uns les autres, il faut, soit gérer cette compétition, soit revoir globalement l'ensemble des principes. Enfin, il reste à passer de l'ensemble des principes à un véritable modèle du langage.

Maratsos est un des premiers à avoir décrit une manière d'acquérir un système grammatical entier à partir de corpus d'interactions langagières (Maratsos & Chalkley, 1980; Maratsos, 1982). L'article princeps de Maratsos et Chalkley (1980) est d'abord une excellente démonstration du non-recouvrement entre classes sémantiques et classes syntaxiques, ce qui, d'après Maratsos et Chalkey, démontre l'existence d'une certaine autonomie de la syntaxe, où au moins celle d'un apprentissage distributionnel. Ensuite, Maratsos et Chalkley décrivent des principes qui permettent justement d'apprendre à catégoriser n'importe quelle forme distributionnelle et donc à générer un système de classes syntaxiques totalement adapté à la langue de l'enfant. En conclusion de leur article, les auteurs expliquent que ce système peut être général et utilisé par tout le système cognitif. Il est utile de décrire ici ce système de catégorisation, car il est présenté de manière suffisamment précise pour servir de base de travail à une simulation sur ordinateur et ses principes sont suffisamment proches de ceux qui sont proposés plus loin pour servir d'éléments de discussion et d'inspiration. Le système de Maratsos et Chalkley comporte trois types d'éléments. Les éléments du premier type sont les « éléments de base du codage distributionnel-sémantique ». Les auteurs refusent dans la définition de leur système de restreindre le type et la valeur de ces éléments et utilisent en conséquence une notation très générale, X_i , qui sera utilisée ici. Toutefois, les exemples qu'ils donnent sont « argument », « terme relationnel », « dénotation du passé ». Il s'agit donc clairement de valeurs cognitives et sémantiques d'où l'utilisation par les auteurs du terme « apprentissage distributionnel-sémantique ». Les éléments du second type sont des mots, ou plus exactement des formes verbales qui, bien que cela ne soit pas spécifié, correspondent en réalité à des racines ou à des morphèmes, par exemple en anglais *play*, et qui seront notés W_a . Les éléments du troisième type sont des

modèles qui forment une partie du résultat de l'apprentissage distributionnel, que l'on notera $P_k(\dots X_n \dots)$, où P_k est l'ensemble du modèle constitué d'éléments du premier type, les X_n . Ces modèles correspondront en général à une forme morphologique, par exemple *-ed* en anglais pour marquer le passé.

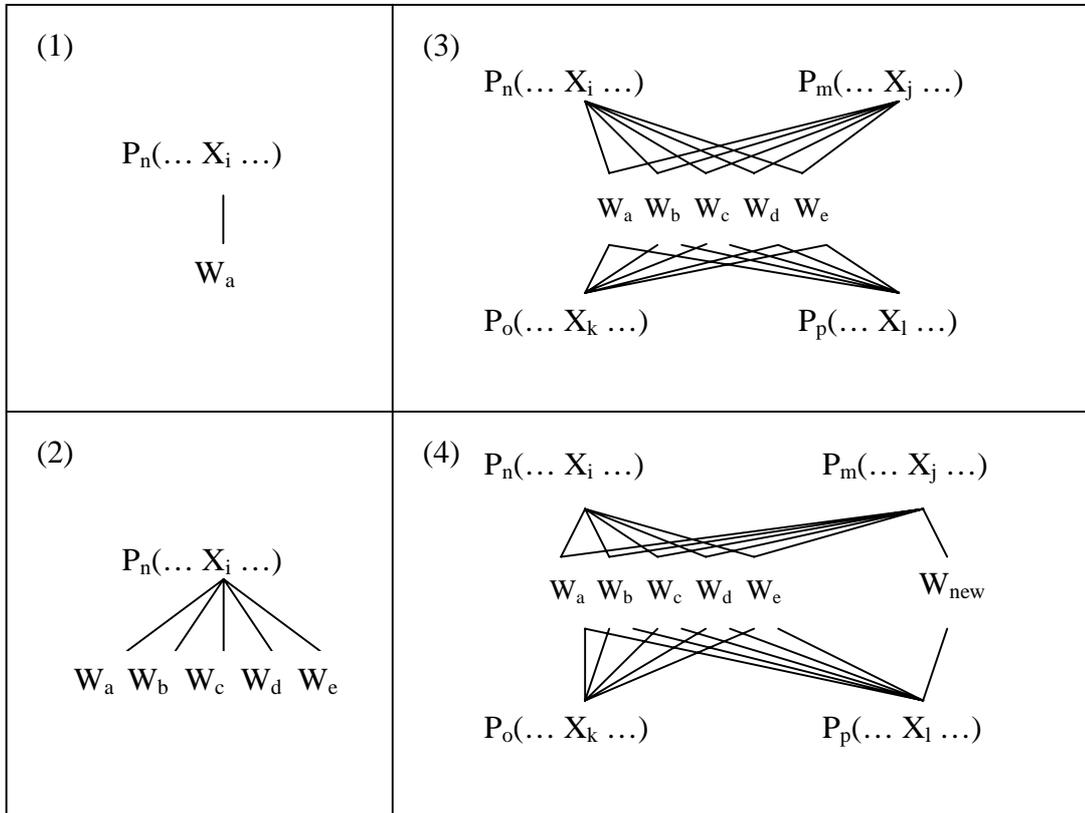


Figure 7 : Apprentissage distributionnel selon Maratsos et Chalkey (1980)

Nous allons décrire les étapes (1) à (4) – voir figure 7 – par lesquelles passe le processus d'apprentissage. D'abord, l'enfant commence par créer des modèles élémentaires du type (1) – par exemple, « il travaille », « nous pleurons », les X_i correspondent à « travail- » et « pleur- », les P_n à « il- -e » et à « nous- -ons » – puis il étend ces modèles à d'autres mots comme présenté en (2) – par exemple le modèle de la forme « il- -e » comprenant « il travaille », « il pleure », « il joue », etc, tous ces exemples étant connus de l'enfant. Les mots sont alors classifiés selon l'ensemble des modèles avec lesquels ils sont liés. Ceci forme des classes distributionnelles de mots – voir (3), qui correspondent par exemple à l'ensemble [« il- -e », « nous- -ons », « je- -e », « tu- -es »], généré grâce à des exemples connus de l'enfant comme comprenant « il travaille », « nous travaillons », « je

travaille », « il joue », « nous jouons », « je joue », etc. Enfin des généralisations peuvent plus tard se produire comme décrit en (4) – c'est-à-dire que à partir de la forme « il chante », seule connue de l'enfant, on peut générer les autres formes « je chante », « tu chantes », « nous chantons ». Pour un mot dont on ne connaît que certaines associations avec des modèles, si ces associations forment un sous-ensemble de l'ensemble des associations qui décrit une classe distributionnelle, alors ce mot pourra être considéré comme appartenant à cette classe – c'est le cas de « chant- » dans l'exemple précédent. Ce mécanisme peut bien évidemment créer des sur-généralisations – par exemple, « il est » peut amener à la forme non-correcte « je est » ou « nous est ». Pour éviter cela, Maratsos et Chalkley supposent l'existence de mécanismes inhibiteurs qui viennent bloquer explicitement certaines constructions. Rien n'est précisé dans ce modèle sur la manière dont l'enfant extrait les mots, racines, et morphèmes et les constructions de type (1). Pour cela, les auteurs font référence au modèle de Braine (voir ci-dessus). Ils affirment d'ailleurs en développer une extension. On peut critiquer ce modèle sur deux éléments principaux. D'une part, confier l'extraction des découpages racine + suffixe au seul modèle pivot paraît insuffisant car il n'est pas du tout sûr que toutes les formes morphologiques soient assez fréquentes et assez cohérentes sémantiquement pour mener à une catégorie pivot. D'autre part, il reste à déterminer quels sont les éléments de base X_i . En laissant un choix libre, les auteurs créent un trop grand espace de possibilités pour ces éléments. Lesquelles alors choisir ? C'est la critique faite par Pinker (1984), qui considère le problème comme trop complexe pour être résolu sans a priori. On peut rajouter à cette critique que rien n'indique que ces éléments sémantiques ne doivent pas être catégorisés eux-mêmes, et de manière variable d'une langue à l'autre.

MacWhinney (1982) a proposé un ensemble de procédures d'apprentissage distributionnel de la syntaxe. Six principes sont proposés : 2 principes non-combinatoires, et 4 principes combinatoires. Les deux premiers principes sont 1) l'apprentissage par cœur et 2) l'analogie – par exemple, l'enfant qui connaît « maman » et « ma maman » génère à partir de « papa » la forme « pa papa ». Les 4 principes de combinaison sont : 3) par règles élémentaires de disposition (au début d'une phrase, en fin d'intonation, après un agent, ou en fonction de critères

sémantiques comme l'adéquation, la saillance, la primauté, etc.) ; 4) par règles autour d'un élément défini ; 5) par règles libres ; et 6) par règles basées sur un modèle distributionnel. MacWhinney rassemble dans ce travail certains des principes proposés par Braine (les règles autour d'un élément défini) et par Maratsos et Chalkley (les règles basées sur un modèle distributionnel). Surtout, il présente de nombreux arguments pour justifier l'importance des productions qui reproduisent sans les modifier des éléments entendus auparavant et non analysés (voir aussi Peters, 1983), ainsi que l'importance des analogies qui forment un système productif tout en étant très simple dans son principe. Ces deux principes ont de particulier qu'ils ne reposent que sur la forme sonore de la langue sans intervention nécessaire de la syntaxe ou de la sémantique, ce qui les rend particulièrement adaptés à la description des comportements du tout petit enfant qui peut jongler avec les sons de sa langue sans autre but qu'une exploration de son environnement. Cette caractéristique des principes proposés par MacWhinney est assez logique lorsque l'on sait que les principes décrits ici sont dérivés de son travail précédent sur la morphophonologie (MacWhinney, 1978). De même, les idées de Peters témoignent de son intérêt pour la phonétique du petit enfant (Peters, 1986).

Parallèlement à ce modèle, Bates et MacWhinney ont développé une théorie de la compétition basée sur une analyse fonctionnelle du langage. Les principes de base gouvernant cette théorie sont décrits dans Bates et MacWhinney (1987) et sont détaillés, élément par élément, dans MacWhinney (1987). Un exemple d'application au hongrois est présenté dans MacWhinney (1986). Le système linguistique de base sur lequel repose le modèle de compétition est la correspondance entre forme et fonction (voir Bates & MacWhinney, 1982). Ce système se veut être un substitut aux systèmes générativistes. Il redéfinit donc aussi bien l'apprentissage et le développement du lexique, de la syntaxe et de la sémantique, mais surtout il redéfinit le système de compétence adulte. Par ailleurs, cette théorie est plus une théorie de la performance que de la compétence (au sens de Chomsky). La base du modèle de compétition est l'apprentissage statistique d'indicateurs qui permettent de retrouver en compréhension ou de générer en production l'analyse forme-fonction du langage. Des analyses forme-forme sont

également possibles pour rendre compte des phénomènes purement grammaticaux dont l'existence a été défendue par Maratsos et Chalkley (1980). Les indicateurs sont gérés selon plusieurs critères, leur disponibilité, leur fiabilité, leur force (fréquence multipliée par la taille de leur domaine d'utilisation), leur coût (s'il est facile ou non de les percevoir, de leur attribuer un rôle). Les fonctions ont des caractéristiques de prototypes, c'est-à-dire qu'elles peuvent s'appliquer de manière plus ou moins conforme au modèle idéal. Enfin, et c'est le plus important, l'ensemble du modèle fonctionne comme un modèle connexionniste, c'est-à-dire gouverné par les données de manière probabiliste, d'où le principe de compétition. Les principes du modèle de compétition ont été testés et améliorés par de nombreux chercheurs travaillant sur des langues très diverses. Le français, en particulier, a été étudié par Michèle Kail et son équipe (voir en particulier Kail, 1997, pour une description de l'ensemble des travaux consacrés à ce sujet) qui ont montré, grâce notamment à des études interlangues (cf. Kail & Charvillat, 1988; Kail & Diakogiorgi, 1994), que le poids et l'importance des indicateurs varient en fonction de la langue parlée par les sujets étudiés. Ces résultats confirment l'importance des études interlangues en acquisition du langage. D'autres travaux (Charvillat & Kail, 1991; Kail, 2000) ont pour but d'étendre le concept de compétition à la compréhension du langage en temps réel (c'est à dire au cours de l'écoute d'une phrase).

La critique majeure qui est faite au modèle de compétition et à d'autres modèles Outside-in par Hirsh-Pasek et Golinkoff est que ces modèles posent l'existence de nombreux concepts (thème, agent, patient, singulier, pluriel, etc.) préalables à l'apprentissage de la syntaxe mais dont l'origine est aussi innée (ou non expliquée) que l'est celle des principes syntaxiques des théories innéistes. Il s'agit d'une critique similaire à celle que fait Bowerman à propos du modèle de Slobin, et qui peut être faite à Maratsos et Chalkley à propos des éléments X_i de base du système distributionnel. Les modèles purement distributionnels décrits ci-dessus reposent sur l'idée que des éléments sémantiques sont plus primitifs et plus universels que les éléments syntaxiques. Or, comme le montrent Bowerman et collaborateurs dans des travaux successifs (Bowerman, 1988; Bowerman, de León, & Choi, 1995; Bowerman, 1996), les catégories cognitives varient d'une

langue à l'autre et ceci en général de manière congruente avec la langue de ces cultures. De plus, les enfants montrent des capacités qui sont plus précoces si elles correspondent à leur langue et à leur culture. Ainsi, se pose la question de l'apprentissage global de tout un système, acoustique, linguistique, cognitif, pragmatique, etc., quelles que soient les classifications utilisées. Un tel modèle est-il possible ? Si oui comment ? C'est une question qui sera reposée dans la conclusion de cette thèse.

Dans les dix dernières années, une nouvelle théorie non-innéiste, cognitive et reposant sur la notion d'apprentissage distributionnel a été développée par Tomasello et collaborateurs. Les travaux publiés sont très nombreux, de Tomasello (1992) à Tomasello (2000a) pour ne citer ici que les plus importants. Si Tomasello (2000a) est un texte indispensable pour saisir toute la portée de l'approche, une présentation complète de l'ensemble de la théorie peut aussi être trouvée dans Tomasello (2000b). La théorie repose sur la notion de formes syntaxiques à contexte limité et d'une acquisition petit élément à petit élément. D'autres auteurs ont récemment étudié de manière approfondie les formes à contexte limité (Lieven, Pine, & Baldwin, 1997; Pine & Lieven, 1997) et complété ou critiqué de manière constructive le modèle de Tomasello (Pine et al., 1998). Ces formes sont proches des formes pivot de Braine, mais d'après Tomasello, elles portent surtout sur les formes verbales, car les verbes sont les éléments fondamentaux qui permettent de créer des structures grammaticales complexes. Cette différence fondamentale entre noms et verbes a été discutée par de nombreux chercheurs (voir par exemple Macnamara, 1972; Gentner, 1982; Naigles, 1990; Maratsos, 1991; Bloom, Tinker, & Margulis, 1993) et le plus souvent inscrite dans les principes fondateurs des théories développées. Tomasello considère par exemple que la classe des noms est maîtrisée très tôt par les enfants et de manière presque innée, ou tout au moins très fortement guidée par la cognition (Tomasello, Akhtar, Dodson, & Rekau, 1997; Tomasello, 2000a). Soulignons que Pine, Lieven et Rowland (1998) émettent une critique de Tomasello (1992) en argumentant que les formes à contexte limité ne sont pas le seul fait des verbes, mais de toute une série de formes syntaxiques. La démonstration de Tomasello repose, non seulement sur des études de production

de langage, mais aussi sur des études expérimentales qui montrent que les jeunes enfants ne savent pas tout de suite généraliser l'usage des verbes (Olguin & Tomasello, 1993; Tomasello & Olguin, 1993; Akhtar & Tomasello, 1997; Tomasello et al., 1997). Par exemple, après avoir entendu un verbe inconnu dans une forme intransitive, les enfants de moins de 3 ans vont avoir fortement tendance à le reproduire dans la même forme et à ne pas l'étendre à une forme transitive, même si on les encourage à le faire. Après cet âge, ceci n'est plus vrai. En fait, Tomasello montre qu'il y a une progression, jusqu'à 4 ans et au-delà, dans la capacité à utiliser des nouveaux verbes de manière variée et constructive. Ceci laisse penser qu'on est face à un développement progressif des capacités linguistiques (et ici en particulier celle d'utiliser des structures syntaxiques). C'est pourquoi Tomasello (2000a) rejette, arguments à l'appui, l'idée que les enfants jeunes ont des capacités linguistiques – innées – identiques à celles des adultes. Il soutient au contraire l'idée d'une acquisition progressive basée sur des capacités cognitives générales et allant vers un système linguistique différent de celui de la grammaire générative, basé sur les modèles développés dans le courant de la linguistique cognitive (Givon, 1986; Langacker, 1987; Givon, 1995; Van Valin & LaPolla, 1997) – pour une présentation de toute une série d'approches du domaine, voir Tomasello (1998). Plus récemment encore, Tomasello a défendu l'intérêt pour l'analyse du développement du langage de la théorie dite « Construction Grammar » de Goldberg (1995), qui fait partie de l'ensemble des théories des grammaires cognitives – voir aussi Croft (2001).

4.1.3.3 La grammaire innée et les modèles générativistes

À l'inverse des modèles cognitifs, le champ des modèles générativistes repose sur un modèle théorique précis et largement développé, par les travaux de Chomsky lui-même et de nombreux autres linguistes. Le choix théorique de Chomsky est que la syntaxe de la langue est autonome (Chomsky, 1957), indépendante des autres « modules » participant à la fonction linguistique : phonétique, sémantique, pragmatique et cognition. L'être humain est capable de générer toutes les phrases correctes d'une langue, grâce à ses connaissances syntaxiques. Toutes les langues du monde sont des dérivations à partir d'un noyau

commun (Chomsky, 1981b), la grammaire universelle que l'enfant possède de manière innée à sa naissance.

Même avec la position la plus extrême qui soit à propos de la grammaire universelle, il faut donner à l'enfant les moyens d'apprendre sa langue maternelle. Les travaux portant sur l'apprentissage des règles et des mots d'une langue par l'enfant dans le cadre des théories générativistes peuvent être divisés en deux parties : les adeptes de la continuité totale et les adeptes d'un apprentissage à l'intérieur de la grammaire universelle. Les adeptes de la continuité totale considèrent que les limitations des enfants sont dues, soit à une maturation du support inné du langage qui n'apparaîtrait qu'à deux ans (Wexler, 1999), soit à des limitations physiologiques en matière de mémoire ou de capacité de traitement (Valian, Hoeffner, & Aubry, 1996). D'autres auteurs ont utilisé la théorie des principes et paramètres en supposant une mise en place progressive des paramètres de la grammaire universelle (Hyams, 1986).

L'apprentissage distributionnel n'est pas réservé aux théories non-innéistes et probabilistes. Même un modèle très innéiste a besoin de mettre en correspondance la grammaire universelle et la langue de l'enfant. Ainsi le modèle de Pinker (1984; 1989) utilise l'apprentissage distributionnel pour trouver les correspondances entre la grammaire universelle et les formes de la langue dans laquelle est immergé l'enfant. Pourtant, cette théorie est générativiste et défend l'existence de règles non probabilistes. C'est aussi le cas de la théorie développée par Hirsh-Pasek et Golinkoff (1996). L'utilisation par l'enfant des structures linguistiques connues pour deviner le sens de mots inconnus – le plus souvent des verbes, (Gleitman, 1990; Naigles, 1990; Gleitman & Gillette, 1995; Naigles & Hoff Ginsberg, 1995) – ou affiner la connaissance de mots connus repose, elle aussi, sur le fait que l'enfant est sensible à la distribution des mots qu'il rencontre.

4.2 Quels outils pour modéliser ou simuler le développement du langage ?

La séparation de Chomsky entre syntaxe et sémantique a un énorme intérêt, même si ce n'était probablement pas son but à l'origine. Ceci fait rentrer l'étude du langage dans la problématique de l'IA faible et rend ainsi les expériences sur

ordinateur valides et réalisables, en théorie du moins. Dans les faits, la théorie linguistique chomskyenne, appelée usuellement théorie du gouvernement et du liage (GB : Government and Binding, Chomsky, 1981a) ou théorie minimaliste d'après sa dernière évolution (Chomsky, 1995), n'a été que rarement utilisée comme base pour le développement de simulation sur ordinateur. D'autres théories générativistes, c'est-à-dire qui conservent les postulats de Chomsky et en particulier celui de l'autonomie de la syntaxe, ont été développées et ont permis des implémentations informatiques comme la grammaire lexicale fonctionnelle (LFG : Lexico-Functional Grammar), la grammaire syntagmatique généralisée (HPSG : Head-Driven Phrase Structure Grammar), les grammaires d'arbres (TAG : Tree-Adjoining Grammar).

Parmi les travaux décrits dans la revue de littérature ci-dessus, seul Pinker s'est basé sur une grammaire qui a suscité des implémentations pratiques, LFG (Pinker, 1984). Le travail de Pinker, qui défend l'existence d'un système fondamental de règles « algébriques » mises en œuvre dans la génération de langage, s'oppose vigoureusement (Pinker & Prince, 1988) aux tentatives de comprendre le développement du langage en utilisant les simulations à l'aide de réseaux de neurones formels (Rumelhart & McClelland, 1987; Elman et al., 1996; Plunkett & Marchman, 1996). Il peut apparaître paradoxal que les réseaux de neurones soient presque la seule technique qui ait été utilisée pour simuler l'apprentissage du langage par les enfants d'une manière psychologiquement plausible – pour une exception, voir par exemple l'apprentissage du découpage d'une phrase en mots (Brent & Cartwright, 1996; Brent, 1999). Il existe pourtant de nombreux travaux sur l'apprentissage de la syntaxe par algorithme, avec de nombreuses implémentations – pour une revue complète de la question, voir Manning et Schütze (1999), pour des travaux plus spécifiques, voir en particulier Bod (1998) ou le groupe AML (Analogical Modeling of Language, cf. Skousen, 1989).

Peu de travaux cherchent à simuler l'acquisition par l'enfant et le plus souvent ces travaux utilisent des réseaux de neurones (voir par exemple, McClelland & Rumelhart, 1986; Elman, 1993; Elman, 1995; Plunkett, 1995; Elman et al., 1996; Plunkett & Elman, 1997; Schütze, 1997). Les réseaux de

neurones ont une position à part dans le débat sur le développement du langage. Les réseaux en eux-mêmes sont une technique élaborée de classification statistique et son application dans l'industrie de la reconnaissance des formes ne soulève aucune question théorique. Ce qui lui donne son caractère ambigu est le fait que cette technique soit volontairement inspirée des caractéristiques des réseaux neuronaux biologiques (McClelland & Rumelhart, 1986) et qu'elle soit régulièrement utilisée comme fer de lance par certains courants pour promouvoir leurs idées (intelligence non-symbolique, systèmes dynamiques, néo-béhaviorisme). Un exemple d'école est ici le livre de Elman, Bates, Johnson, Karmiloff-Smith, Parisi et Plunkett (1996) qui défend, sur la base du connexionnisme, la notion de développement en tant que principe fondamental pour les sciences cognitives.

Pourtant, comme l'explique très justement Plunkett (1995, p. 37), « le connexionnisme offre un outil pour étudier l'évolution de l'interaction entre le rôle de l'entrée et le rôle des structures innées et des processus durant le développement ». L'auteur précise bien que la structure des réseaux de neurones influence complètement les performances des réseaux, c'est-à-dire leurs réactions aux données d'apprentissage. En ce sens, l'utilisation de réseaux de neurones formels n'est pas du tout incompatible avec les théories innéistes. Aucun auteur ne propose pour l'instant de méthode pour apprendre automatiquement la structure du réseau (le nombre de nœuds, cachés ou non) et pour limiter cet apprentissage à un sous-groupe de nœuds parmi un réseau plus complexe (c'est-à-dire pour créer de la modularité). C'est pourquoi les réseaux ne proposent encore que des applications très limitées et très ciblées qui ne traitent que des éléments syntaxiques. Ces apprentissages mettent en œuvre des situations très contraintes, à la fois par la forme de réseaux (nombre de nœuds internes, mise en place de réseaux récurrents, multi-couches ou complètement connectés selon les besoins, etc.) et par le recours à une structuration des données fournies au réseau lors de son apprentissage (découpage en phonèmes, associations entre formes au présent et formes au passé, démarrage de l'apprentissage par des données simples pour passer progressivement à des données plus complexes, etc.).

On dispose donc de peu d'instruments de modélisation IA pour étudier le langage. Il est surtout difficile d'envisager des simulations à grande échelle, à l'aide des réseaux de neurones ou de toute autre technique. Hélas, la situation n'est guère meilleure pour ce qui est de l'observation directe de l'ensemble des structures physiologiques qui contribuent au langage. Cette observation n'est pas encore d'une grande aide pour détailler les processus d'acquisition ou de développement du langage. Les techniques actuelles non-invasives sont encore insuffisamment précises pour pouvoir observer le fonctionnement neuronal de près et, de plus, elles sont difficilement applicables au petit enfant (les techniques d'IRMf tout au moins). Ces techniques sont en évolution très rapide et leurs partisans en espèrent beaucoup, mais il faut actuellement se contenter de résultats incomplets. Les travaux sur la localisation cérébrale ne s'accordent complètement que sur les grandes tendances (voir par exemple Mueller, 1996; Hickok, Bellugi, & Klima, 1998b; Hickok, Bellugi, & Klima, 1998a; Bates, 1999; Pulvermüller, 1999; Dehaene-Lambertz, Christophe, & Van Ooijen, 2000; Bates, Thal, Finlay, & Clancy, in press; Pallier et al., in press). La réorganisation cérébrale constatée dans les cas d'hémisphérectomie laisse penser que si localisation et modularité il y a dans la fonction linguistique, celles-ci seraient plutôt d'ordre logique que matériel, c'est-à-dire qu'une zone non atteinte réalise un traitement pour laquelle elle n'est pas prévue initialement. Les récupérations incomplètes, thème sujet à controverse, des sujets hémisphérectomisés peuvent suggérer que certaines zones cérébrales seraient « mieux » adaptées au langage que d'autres. Néanmoins, le traumatisme résultant de telles situations peut probablement expliquer nombres de problèmes légers, que les causes soient physiques proprement dites, sociales ou psychologiques. Raisonnablement, d'après les travaux actuels, s'il existe un organe du langage, il doit reposer sur des propriétés neuronales distribuées et non hautement localisées. Ceci n'exclut toutefois pas l'existence de propriétés spécifiques liées au langage.

La connaissance physiologique n'offrant pas pour l'instant une aide majeure dans la compréhension du développement du langage, les recherches sur le sujet doivent encore utiliser d'autres éléments de preuve. Un des principaux outils reste l'observation directe du comportement des enfants au cours de leur

développement. Ceci peut se faire à travers des études longitudinales (un enfant sur plusieurs jours, semaines, mois, années), transversales (plusieurs enfants à un instant donné), ou mixtes (longitudinales et transversales). Ces études peuvent porter sur la compréhension des enfants, leur production, leurs interactions avec leurs parents, le tout si nécessaire en relation avec l'étude de leur développement cognitif, moteur ou social.

À ce moment, deux problèmes se posent. (1) Quelles techniques utiliser pour étudier le développement linguistique – sachant que les techniques influent toujours directement sur les développements théoriques ? (2) Quel cadre théorique choisir pour analyser les données et pour faire des prédictions à tester ?

4.3 Le recueil et le traitement des données

Pour tout travail portant sur le développement du langage chez l'enfant, il faut choisir quel type de données recueillir, comment les préparer et comment les traiter. Les données qui sont utilisées dans les travaux décrits dans cette thèse sont des données de production de langage spontané. Ces données ont été recueillies à l'aide du protocole de « la maison de famille » depuis 1986 par Marie-Thérèse Le Normand (cf. Le Normand, 1986; Le Normand, 1991) dans le but de constituer une base de référence du développement typique de l'enfant et de mesurer les déviations observées chez les enfants souffrant de troubles d'acquisition du langage. Le recueil de données de production offre l'avantage, par rapport au recueil de données en compréhension, de permettre d'acquérir un volume beaucoup plus important de données et, dans le cas de recueil de production libre, de laisser l'enfant exprimer son niveau tel qu'il est, sans influence éventuelle de paramètres externes. Les tests, qu'ils soient de compréhension comme de production, permettent de cibler précisément certains éléments, mais par contre il est plus difficile d'obtenir beaucoup de données. Il faut souligner que si le protocole de la maison de famille ne comporte qu'une phase de jeu spontané, sa passation est presque toujours accompagnée de celle de tests classiques de compréhension, dénomination, ou phonétique, surtout lorsque ce protocole sert à évaluer le développement langagier d'un enfant.

4.3.1 *Recueil des données de production*

Il s'agit d'un recueil de parole spontanée effectué au cours d'un jeu symbolique, dans une situation standard d'une durée de vingt minutes. Cette situation de jeu a été choisie afin de permettre à l'enfant de commenter ses actes, de raconter des événements vécus ou imaginaires et de dialoguer avec un partenaire adulte. Le matériel strictement standardisé est constitué de la « Maison de famille » Fisher-Price qui comprend :

- Une maison de famille de grande taille qui peut s'ouvrir et se fermer complètement pour accéder à l'intérieur de la maison. La maison présente 4 pièces – salle à manger, cuisine, 2 chambres – et il y a un garage séparé ;
- Cinq personnages (deux adultes, un enfant, un bébé, un chien) ;
- Seize objets miniatures (un cheval à bascule, une poussette, trois lits, deux tables, deux fauteuils et cinq chaises, deux voitures).

Les consignes sont données verbalement à l'enfant et à l'adulte en même temps. L'adulte doit être un partenaire familier et son rôle est d'inciter l'enfant à s'exprimer, à décrire des actions et des événements.

La passation est entièrement enregistrée en vidéo, au vu et au su de l'enfant, dans le but de pouvoir faire une transcription phonétique, surtout dans les cas où seul le contexte permet de retrouver les paroles exactes de l'enfant, par exemple dans des cas difficiles comme /a a õ a œ œ/ produit pour « dans la maison le monsieur ».

Pour la mise en forme de données textuelles, la technique de l'échantillonnage complet des comportements a été utilisée et le discours des enfants a été segmenté en énoncés selon les critères définis par Rondal, Bachelet, et Pérée (1985) afin d'obtenir une transcription standard. Tous les textes sont alors mis au format CHAT, ce qui permet leur utilisation avec le programme CLAN du système CHILDES (Child Language Data Exchange System, pour le format et pour une description du système et des outils associés, voir MacWhinney & Snow, 1985; MacWhinney, 2000, et surtout le site Internet <http://childes.psy.cmu.edu>).

Cette procédure de recueil peut être utilisée chez l'enfant âgé de 18 mois à 5 ans. Lorsqu'ils sont plus jeunes, les enfants ne parlent pas assez pour que la procédure soit utilisable et à partir de quatre ans, on obtient progressivement un effet plafond pour les mesures de complexité langagière et en particulier syntaxique.

4.3.2 Analyse des données de production

4.3.2.1 Pourquoi une analyse automatique des transcriptions ?

Depuis l'apparition de CHILDES, la longueur et le nombre des corpus de langage enfantin étudiés se sont multipliés. Il devient maintenant possible d'étudier des corpus qui représentent plusieurs semaines ininterrompues de parole. Ces millions de mots sont nécessaires parce que le développement du langage passe par des interactions de cette taille. L'utilisation de gros corpus analysés de manière exhaustive est absolument vitale pour progresser dans les recherches sur ce domaine (Bates & Carnevale, 1993; Pine et al., 1998). Toutefois ceci pose des problèmes techniques et une étude exhaustive impose l'utilisation de moyens automatiques.

Un simple exemple montre bien le type de problème auxquels le chercheur est confronté. L'enfant de 2 ans ou plus utilise en français le mot /la/ sous trois formes : 'la' article féminin singulier, 'la' pronom féminin singulier, 'là' adverbe de lieu. Si les corpus traités ont été transcrits sous forme écrite et non phonétique, il n'y a plus à traiter les ambiguïtés à l'oral (entre 'la' et 'là', de même prononciation /la/). Néanmoins, l'ambiguïté sur la forme écrite subsiste et doit être levée. Avec des corpus importants, le nombre de cas d'ambiguïtés peut être très grand. Ainsi, sur les 95000 mots de la base qui a été rassemblée dans le laboratoire et qui contient des enregistrements d'enfants de deux à quatre ans et ayant un développement typique du langage, 2900 occurrences de 'la' doivent être désambiguïsées entre article ou pronom (cas de l'écrit), 4600 occurrences devraient l'être entre article, pronom et adverbe (cas de l'oral). Pour ce corpus de 95000 mots, un étiquetage manuel prenant 10 secondes par mot prendrait 7 semaines de travail ininterrompu (sans aucune pause). On peut imaginer qu'en réalité il faudrait au moins deux fois plus de temps. Si de telles réalisations ne sont

pas impossibles, elles ne peuvent avoir qu'un caractère exceptionnel et limité. De tels exemples d'ambiguïtés ne sont pas rares, hélas. Le tableau 8 montre l'ensemble des ambiguïtés que l'on trouve dans le corpus des enfants français de deux ans (la description des noms de catégories grammaticales utilisés dans cette thèse se trouve en Annexe 1). Soulignons que le taux d'ambiguïté est aussi important à deux ans qu'à quatre ans (Parisse & Le Normand, 1997; Parisse & Le Normand, 2000a). À deux ans, le nombre moyen de catégories que peut prendre un mot dans un texte est de 2,30 (à comparer avec un chiffre de 2,50 chez l'adulte). Même en réduisant le lexique au vocabulaire utilisé par les petits enfants, c'est-à-dire en réduisant le nombre de possibilités par mot, on reste dans des chiffres élevés. De plus, cette réduction est dangereuse car elle peut induire des erreurs sur des corpus nouveaux, ou alors elle oblige à une revue préalable complète du texte qui est justement ce que l'on veut éviter. L'automatisation partielle du traitement morphosyntaxique est donc nécessaire et offre des perspectives nouvelles d'exploitation des corpus. C'est dans cette optique que POST a été développé et que nous continuons à travailler.

mot	classes		exemples		
	ambiguës	nb. occur.	cas 1	cas 2	cas 3
autre	n, adj	17, 3	autre chaise	l'autre	
"balance"	n, v	3, 1	"balance le cheval"	"la balance"	
boum	n, co, adj	2, 26, 2	oh boum	un autre boum	c'est boum
bébé	n, n:prop	24, 80	le bébé	oh bébé !	
dodo	n, co	25, 47	au dodo	dodo !	
fait	v, v:pp	7, 4	fait dodo	c'est fait	
l'	pro, det	55, 18	où l'est	l'école	
la	pro, det	1, 54	oh la voilà	c'est la dame	
le	pro, det	4, 65	y a le chien	le voilà	
maman	n, n:prop	2, 35	la maman	maman !	
"petit"	n, adj	2, 15	"tout petit"	"les petits enfants"	
"place"	n, v	2, 1	"le chien place"	"place"	
qui	prn, prn:rel	3, 3	c'est qui	qui c'est	
tout	pro, det:gen	3, 6	c'est tout	tout ça	
un	det, pro	3, 21	un lit	encore un	

Tableau 8 : Exemples d'ambiguïtés à 24 mois

4.3.2.2 Implémentation de POST

POST (Part Of Speech Tagger) est une extension de CLAN, l'utilitaire de saisie et de traitement de corpus de langage développé pour CHILDES (MacWhinney, 2000). Le programme CLAN, avec son extension POST, est disponible sur le site CHILDES à l'adresse <http://childes.psy.cmu.edu> – pour une description plus complète de POST et des diverses techniques d'étiquetage lexico-syntaxique de mots, voir Parisse (2000a). POST est un programme d'étiquetage lexico-syntaxique basé sur des règles de Markov binaires (Andreewsky & Fluhr, 1973; Fluhr, 1977; Andreewsky, Debili, & Fluhr, 1980). Les règles binaires ont le format suivant :

$$\langle C^1_1, C^1_2, \dots, C^1_m \rangle + \langle C^2_1, C^2_2, \dots, C^2_n \rangle \rightarrow (R^1_1 + R^2_2), \dots, (R^1_p + R^2_p)$$

C_y^x et R_t^z sont des catégories syntaxiques (pour tout x, y, z, t), $\langle C_1^1, C_2^1, \dots, C_m^1 \rangle$ représente les catégories que peut prendre un mot hors contexte et '+' doit être lu comme « suivi par dans un énoncé ».

Les deux éléments de la partie gauche de la règle correspondent à la liste de toutes les catégories syntaxiques d'un mot hors contexte. Par exemple, soit les mots *le* et *livre*, *le* peut être un article défini ou un pronom personnel objet, et *livre* peut être un nom ou un verbe. Un exemple de partie gauche de règle serait donc $\langle \text{det}, \text{pro:obj} \rangle + \langle n, v \rangle$ (voir annexe 1 pour la signification des catégories syntaxiques). Les éléments de la partie droite d'une règle sont les deux catégories syntaxiques qui restent suite à la levée de l'ambiguïté de la partie gauche de la règle. Ceci signifie que, lorsqu'un mot qui a comme catégories possibles $\langle C_1^1, C_2^1, \dots, C_m^1 \rangle$ est suivi d'un mot ayant comme catégories possibles $\langle C_1^2, C_2^2, \dots, C_n^2 \rangle$, alors le premier mot aura la catégorie R^1 et le second mot la catégorie R^2 , i.e. $(R^1 + R^2)$. Comme plusieurs solutions peuvent exister, la partie droite d'une règle est faite d'autant de résolutions que nécessaire. Dans l'exemple précédent, lorsque la paire de mots *le livre* est produite, deux solutions sont possibles selon le contexte : *le* est un article et *livre* est un nom ou *le* est un pronom personnel objet et *livre* est un verbe conjugué, et donc la partie droite de la règle sera $(\text{det} + n, \text{pro:obj} + v)$. Ces règles peuvent être apprises automatiquement en partant d'un corpus préalablement étiqueté. D'abord, toutes les paires de mots sont extraites du corpus avec leurs catégories respectives, c'est-à-dire $(\{w^1, r^1\}, \{w^2, r^2\})$ où w^x est la forme lexicale du mot et r^x sa catégorie syntaxique en contexte. La partie catégorie des paires, (r^1, r^2) , va correspondre à la partie droite des règles générées. Il est alors possible de récupérer l'ensemble de toutes les catégories possibles hors contexte pour les mots w^1 et w^2 en les recherchant dans le dictionnaire. Ceci fournit la partie gauche des règles à générer, w^1 fournissant $\langle c_1^1, c_2^1, \dots, c_m^1 \rangle$ et w^2 $\langle c_1^2, c_2^2, \dots, c_n^2 \rangle$. Si l'on supprime l'information sur les mots, seule reste la règle binaire, $\langle c_1^1, c_2^1, \dots, c_m^1 \rangle + \langle c_1^2, c_2^2, \dots, c_n^2 \rangle \rightarrow (r^1 + r^2)$. L'information lexicale est perdue au cours de ce processus, mais si un mot présente une ambiguïté syntaxique originale, c'est-à-dire que la catégorie ambiguë qui lui correspond, $\langle c_1, c_2, \dots, c_p \rangle$, est unique, alors une certaine information lexicale est conservée cachée, dans le dictionnaire de

règles (Adda, 1987). Ceci explique que les règles binaires aient un plus grand potentiel de désambiguïisation que les matrices de précedence binaires ou même ternaires.

<I + play>	⇒	<pro> + <v, n>	➔	pro + n, pro + v
<play + with>	⇒	<v, n> + <prep, adv>	➔	v + prep, n + prep, v + adv, n + adv
<with + her>	⇒	<prep, adv> + <pro, det:poss>	➔	prep + det:poss, prep + pro
<her + book>	⇒	<pro, det:poss> + <v, n>	➔	det:poss + n
<book + .>	⇒	<v, n> + <.>	➔	n + .

Figure 8 : Règles binaires correspondant à l'énoncé *I play with her book*.

Note: ⇒ indique un accès au lexique et ➔ un accès au dictionnaire de règles binaires.

L'analyse est réalisée phrase par phrase – une phrase correspond soit à l'ensemble des mots entre deux ponctuations pour les textes écrits, soit à un énoncé dans un corpus au format CHAT (voir page 100). Pour chaque mot, on génère la liste de toutes les catégories que le mot peut avoir hors contexte. Puis, paire de mots après paire de mots, les règles binaires sont extraites du dictionnaire de règles. Un exemple du résultat obtenu est présenté dans la figure 8. Seule la liste des parties droites de règles est nécessaire pour l'analyse. Le traitement effectué est plus simple à décrire en présentant les mots (pour mémoire car ils ne servent pas durant l'apprentissage) et les parties droites de règles comme dans la figure 9.

I + play	play + with	with + her	her + book	book + .
l_1 r_1	l_2 r_2	l_3 r_3	l_4 r_4	l_5 r_5
pro + n	v + prep	prep + det:pos s	det:pos + n s	n + .
pro + v	n + prep n + adv v + adv	prep + pro		

⇩
⇩
⇩
⇩
⇩
⇩

l_1	Intersection between r_1 and l_2	Intersection between r_2 and l_3	Intersection between r_3 and l_4	Intersection between r_4 and l_5	r_5
pro	v, n	prep	det:poss	n	.

Figure 9 : Analyse par règles : calcul de l'intersection des résolutions de règles

Note: Les mots sont présentés uniquement pour une compréhension plus aisée du processus. En réalité, seules les catégories lexicales sont utilisées dans cette partie de l'analyse.

Pour chaque mot, on calcule l'intersection entre la partie droite de la résolution de la règle binaire du mot précédent (par exemple r_1) et la partie gauche de la résolution de la règle binaire du mot suivant (par exemple l_2) – voir figure 9. Les catégories syntaxiques qui appartiennent à l'intersection sont conservées et utilisées pour construire le résultat de l'analyseur. Il peut y avoir plus d'une solution. Dans ce cas, elles sont triées selon la fréquence des parties droites des règles binaires qui ont servies à leur construction.

4.3.2.3 Utilisation de CLAN, POST et autres outils

On peut recenser sur Internet toute une liste de logiciels obtenant des performances proches. Les références des logiciels qui sont testables directement sont données dans le tableau 9. Les pourcentages qui sont présentés ne sont pas complètement significatifs de la qualité des analyseurs. En effet, ces pourcentages résultent d'un test sur un petit texte de 100 énoncés (187 mots) choisi au hasard

chez un enfant de deux ans et demi. Le meilleur résultat de POST ne fait que refléter le fait que les fichiers d'apprentissage utilisés ici contiennent des corpus d'enfants, ce qui n'est probablement pas le cas des autres analyseurs. D'ailleurs, des logiciels comme ceux de CLAWS XEROX annoncent des pourcentages d'étiquetage correct supérieurs à celui de POST, de l'ordre de 96 à 98%.

	URL (adresse Internet)	No. of errors	% correct
POST	http://childes.psy.cmu.edu	9	95.2%
XEROX	http://www.rxc.xerox.com/research/mltt/Tools/pos.html	11	94.1%
CLAWS	http://www.comp.lancs.ac.uk/ucrel/claws/trial.html	11	94.1%
MBT	http://ilk.kub.nl/~zavrel/tagtest.html	19	89.8%
QTAG	mailto:tagger@clg.bham.ac.uk	22	88.2%
LT POS	http://www.ltg.ed.ac.uk/software/posdemo.html	13	93.0%

Tableau 9 : Pourcentage d'étiquetage correct pour plusieurs analyseurs disponibles sur Internet.

Note : Ce test a été réalisé sur un échantillon de transcription d'un enfant de 2 ans 6 mois

Du point de vue de la linguistique automatique, ce type d'application est maintenant classique et largement répandu. Il est par contre très intéressant de savoir que ce type de programme fonctionne sur le langage produit par les enfants, même les enfants très jeunes, et ceci aussi bien si ce n'est parfois mieux que chez les adultes. Ceci montre que les enfants reproduisent très correctement les formes adultes et ne créent pas beaucoup de formes anormales ou agrammaticales. Ou alors, s'ils le font, c'est de façon systématique, ce qui permet de retrouver des régularités distributionnelles.

Actuellement, POST est implémenté comme un sous-programme dans le logiciel CLAN de CHILDES. Son utilisation suppose donc tout d'abord une transcription des corpus en respectant le format CHAT de CHILDES. Puis il faut utiliser le sous-programme MOR de CLAN qui effectue une décomposition morphologique du texte et génère toutes les catégories possibles pour un mot, y compris le genre, la personne, le temps. La version française de MOR que nous

avons nous-mêmes réalisée et fournie à CHILDES contient environ 95 000 entrées, ce qui correspond à plus de 200 000 mots en toutes formes. Si des formes manquent, ce qui est presque toujours le cas pour les onomatopées et interjections qui sont souvent des créations originales des enfants, il est aisé de rajouter des mots à sa propre version de MOR. Enfin, on utilise POST qui effectue une désambiguïsation complète des lignes « %mor ». Un exemple de texte ainsi traité est présenté en annexe 2. Les lignes commençant par « *CHI: » sont les transcriptions des énoncés des enfants. Les lignes commençant par « %mor: » sont le résultat du sous-programme MOR et celles commençant par « %pos: » sont le résultat de l'analyseur POST. Une fois l'analyse réalisée, il est alors tout à fait aisé d'utiliser tous les utilitaires de CLAN sur les champs %mor et %pos, ce qui permet de calculer les fréquences lexicales, de rechercher des occurrences de mots, des répétitions, etc. POST peut être utilisé en français et en anglais, ceci grâce à l'utilisation de corpus disponibles dans CHILDES et qui sont complètement étiquetés. Ces corpus peuvent servir de textes d'apprentissage, ce qui permet d'utiliser le même outil pour l'étude du développement de la langue française ou anglaise. Si aucune autre langue n'est traitée actuellement par POST, son concept permet le traitement d'autres langues dans l'avenir, et ceci en particulier grâce à l'interface avec MOR qui permet de traiter aussi bien des langues flexionnelles ou agglutinantes que des langues isolantes.

5 DEVELOPPEMENT DU LANGAGE : ÉTUDES SPECIFIQUES

Dans ce chapitre, ainsi que dans le dernier chapitre de conclusion, on sera amené à utiliser un vocabulaire technique qui peut, dans certains cas et chez certains auteurs, être interprété de manière très différente. C'est pourquoi nous donnons nos propres définitions ci-dessous, bien que celles-ci soient pas spécialement différentes de l'usage habituel.

Un **énoncé** est un élément du discours oral qui est difficile à définir précisément car il faut souvent recourir à plusieurs critères pour correctement décomposer un discours en énoncés. L'idée de base est qu'il s'agit d'un élément qui correspond à un seul contour intonatoire et qui, sémantiquement et syntaxiquement est autonome et forme un tout. Comme beaucoup d'énoncés sont incomplets chez le petit enfant, ces deux critères ne sont pas toujours applicables, et on utilise souvent un critère qui dit que l'énoncé est délimité par un (ou deux) silence dont la durée est supérieure ou égale à un seuil. Le plus souvent, le seuil choisi est de 600 ms, mais des durées plus longues peuvent être parfois rencontrées, surtout chez les enfants ayant de grands retards de langage, chez qui on trouve parfois des silences d'une seconde ou plus à l'intérieur d'un contour intonatoire bien formé.

Un **mot** correspond à la forme « entre deux blancs » du langage français (ou anglais) écrit. Bien que nous critiquons plus loin (voir chapitre 6) la confusion qui est faite entre langage oral et langage écrit, nous avons adopté les conventions du langage écrit pour définir la notion de mot et ce pour deux raisons principales. Premièrement, cette notion étant celle du dictionnaire et des grammaires scolaires, elle est immédiatement comprise de manière non ambiguë par une personne qui n'a pas lu cette définition. Pour cette raison, si nous avons besoin de redéfinir la notion d'élément lexical en français, nous n'utiliserions certainement pas le terme de « mot ». Un deuxième avantage est que, à cause des propriétés particulières de la langue française, il n'y a presque pas de différence entre mots et morphèmes en français oral (surtout chez le petit enfant qui est le thème principal de notre

travail), la plupart des marques morphologiques étant muettes. Ceci facilite l'analyse du langage du petit enfant. Il existe une exception à cette règle : les mots composés comme « père Noël » et les formes figées comme « il y a », « c'est », qui sont considérées comme ne correspondant qu'à un seul mot et non à deux ou trois mots.

5.1 Le mot isolé

5.1.1 La dictature du nom (et des grandes classes lexicales)

Les études des tout premiers stades de développement du langage se divisent en trois grands thèmes : (1) le pré-verbal ou pré-articulé jusqu'à l'âge de dix mois environ ; (2) les tout débuts, qui traitent l'apparition des premiers mots, et concernent surtout les enfants de l'âge de un an à un an et demi ; (3) le stade du mot isolé où l'enfant développe son vocabulaire avant de se mettre à produire des assemblages de mots. Si les études très nombreuses du stade (1) et (2) traitent de tout l'univers cognitif de l'enfant, les études du stade (3) ont tendance à se consacrer uniquement à l'étude du nom. Cette tendance part d'une observation très légitime qui est que les noms d'objets et de personnes sont les mots les plus fréquemment produits par les très jeunes enfants (Gentner, 1982). Ainsi, alors que les tous premiers mots des enfants sont tirés de tout un ensemble de classes syntaxiques comprenant en particulier les interjections, les mots relationnels, les « désignateurs » d'objets, les noms de personnes proches ou d'objets, les études qui se consacrent à la suite du développement perdent tout à coup cette généralité pour ne plus voir qu'un côté précis du développement cognitif. Un bon exemple est l'étude de Griffiths (1985) qui traite d'abord du stade (1) puis passe au stade (2) en précisant explicitement qu'il « n'étudie plus que les noms parce qu'il s'agit des éléments les plus courants » et parce qu'il est « probablement aisé d'étendre l'étude des noms aux autres classes de mots ». Cette orientation systématique a été critiquée, soit parce qu'elle a pour conséquence de donner une image trop simple de l'univers lexical du petit enfant (Bloom et al., 1993; Nelson, Hampson, & Shaw, 1993; Bloom, 2000a), soit parce que dans certaines langues comme le mandarin, le coréen, ou le tzotzil (langue maya), les verbes sont aussi fréquents que les noms (Choi & Gopnik, 1993; Tardif, 1996; Tardif, Gelman, & Xu, 1999;

de León, 2001). De plus, dans une langue comme le français, on trouve, certes plus de noms que de verbes chez le jeune enfant, mais dans une proportion moins grande que chez l'enfant de langue anglaise (Bassano, 2000). Egalement, en français, la catégorie lexicale la plus représentée chez le jeune enfant est celle des éléments para-lexicaux et non celle des noms. Une autre spécificité du français est que les marques morphosyntaxiques des noms et surtout des verbes se développent beaucoup plus tôt qu'en anglais.

Mettre l'accent sur le développement du nom a d'autres dangers. Cette décision repose non seulement sur la prééminence du nom, mais aussi sur celle de l'objet. Or ce choix, qui n'est pas réellement justifié au vu des études sur l'apparition des premiers mots (voir 4.1.2 « L'enfant avant 18 mois – Les modèles cognitifs/sociaux »), dénote le choix d'une théorie de la cognition statique et représentationnaliste. En réponse à cette situation, nous désirons compléter en quelque sorte le travail de Bloom, Tinker et Margulis (1993). Ces auteurs ont insisté sur la non-prééminence du nom dans le développement du vocabulaire de l'enfant au cours de sa seconde année. Notre but est d'aller plus loin et de montrer, sur des corpus anglais et français, que le vocabulaire de l'enfant, de l'âge de un an et demi jusqu'à l'âge de deux ans et demi, et au delà, bien sûr, comprend beaucoup, jusqu'à 50%, de mots qui ne sont ni des noms, ni des verbes, c'est-à-dire aucune des deux grandes catégories « génériques » des langues humaines.

5.1.2 Une réelle diversité dans le vocabulaire des mots isolés

5.1.2.1 Caractéristiques lexicales des énoncés des enfants

Pour ces expériences, trois corpus anglais extraits de la base CHILDES ont été utilisés : le corpus de Bates, Bretherton et collègues (Carlson-Luden, 1979; Bates, Bretherton, & Snyder, 1988); le corpus de Snow et Pan (Ninio, Snow, Pan, & Rollins, 1994); et le corpus de Gordon Wells et collègues (Wells, 1981). Seules les transcriptions correspondant à du jeu spontané ont été utilisées dans le corpus de Bates et Bretherton, et seules les transcriptions d'enfants âgés de moins de deux ans et demi ont été utilisées dans le corpus de Wells. La totalité du corpus de Snow et Pan a été utilisée. L'ensemble des corpus représente 37 590 mots.

Pour le corpus français, la partie du corpus de Marie-Thérèse Le Normand concernant des enfants âgés de un an et demi à deux ans et demi a été retenue. L'ensemble de ce corpus représente 17 919 mots.

Tous les enfants de tous les corpus présentés ici ont un développement typique du langage. Les caractéristiques des corpus sont présentés dans le tableau 10.

Nom abrégé du corpus	Nombre d'enfants	Âge moyen	LME en mots	Pourcentage d'énoncés à un seul mot	Nombre de mots par enfant
Corpus anglais					
Snow 1;2	52	1;2.5	1,08	83	10
Wells 1;6	32	1;6.1	1,39	74	97
Snow 1;8	48	1;7.28	1,34	77	84
Bates 1;8	28	1;8	1,28	80	29
Wells 1;9	32	1;8.25	1,46	70	103
Wells 2;0	31	2;0.1	1,78	57	179
Wells 2;3	32	2;3.3	2,08	52	252
Bates 2;4	30	2;4	2,04	50	94
Wells 2;6	31	2;6.0	2,41	42	303
Corpus français					
French 1;6	7	1;6	1,12	88	10
French 1;9	20	1;9	1,57	61	52
French 2;0	27	2;0	1,61	62	139
French 2;3	24	2;3	2,03	46	189
French 2;6	30	2;6	2,62	34	284

Tableau 10 : Caractéristiques de corpus pour l'étude du vocabulaire de très jeunes enfants

Note : Le LME représente la longueur moyenne d'énoncé.

Pour tous ces corpus, on a utilisé POST pour réaliser automatiquement un étiquetage syntaxique complet des énoncés des enfants. Puis, on a rassemblé les catégories utilisées par POST en huit grands groupes : noms, verbes, communicateurs, adverbes, adjectifs, pronoms et adverbes relatifs, pointeurs et autres. L'équivalent anglais dans cette classification de la catégorie pronoms et adverbes relatifs est « wh-words ». Les autres catégories sont les mêmes dans les deux langues. Dans le tableau 11, on trouve les pourcentages de mots figurant dans ces huit macro-catégories ainsi que les pourcentages de mots figurant dans

les catégories nom et verbe ou dans l'ensemble des autres catégories. Ces valeurs correspondent au nombre total d'occurrences (tokens), c'est-à-dire y compris les multiples utilisations d'un même mot.

Corpus anglais	Snow 1;2	Wells 1;6	Snow 1;8	Bates 1;8	Wells 1;9	Wells 2;0	Wells 2;3	Bates 2;4	Wells 2;6
LME	1,08	1,39	1,34	1,28	1,46	1,78	2,08	2,04	2,41
% de noms et verbes	23	47	51	36	49	51	48	36	48
% non-noms et non-verbes	77	53	49	64	51	49	52	64	52
% de noms	19	36	41	30	40	37	29	17	27
% de verbes	4	11	10	6	9	14	18	18	21
% de communicateurs	55	25	19	36	18	15	14	22	11
% d'adverbes	5	4	10	8	7	7	9	7	8
% d'adjectifs	3	7	3	2	8	7	6	4	6
% de wh-words	1	1	2	2	2	1	2	4	2
% de pointeurs	3	6	4	3	4	5	5	7	4
% d'autres catégories	10	10	11	13	11	14	17	21	22

Corpus français	French 1;6	French 1;9	French 2;0	French 2;3	French 2;6
LME	1,12	1,57	1,61	2,03	2,62
% de noms et verbes	43	37	43	45	43
% non-noms et non-verbes	57	63	57	55	57
% de noms	29	19	22	23	18
% de verbes	14	18	21	22	25
% de communicateurs	32	23	16	11	5
% d'adverbes	4	8	9	6	7
% d'adjectifs	0	2	3	2	3
% de relatifs	0	3	2	2	2
% de pointeurs	20	16	14	13	11
% d'autres catégories	1	11	13	20	28

Tableau 11 : Répartition des corpus en grandes catégories lexicales

On peut voir clairement dans les résultats présentés dans le tableau 11 que l'ensemble des noms et des verbes ne représente presque jamais plus de 50% des mots produits. Si les noms et les verbes sont bien les éléments lexicaux les plus courants, l'ensemble des autres éléments a autant ou même plus d'importance. On peut argumenter à propos du choix qui a été fait de considérer le nombre d'occurrences et non de types. Les valeurs obtenues pour certaines catégories comme les pronoms et adverbess relatifs, les pointeurs et les « autres catégories » seraient certainement plus faibles en considérant les types. En fait, changer de perspective ne modifie pas forcément de manière significative les résultats obtenus ici. Pour le prouver, un autre type de mesure peut être utilisé pour montrer la présence importante de toutes les catégories, type de mesure qui n'est pas sensible à la différence entre types et nombre d'occurrences. Il s'agit de compter, non pas le pourcentage de mots apparaissant dans telle ou telle catégorie, mais le pourcentage d'enfants qui produisent au moins un mot dans une catégorie, c'est-à-dire le pourcentage d'enfant qui démontrent au moins une fois la connaissance d'un représentant de telle ou telle catégorie. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 12.

Corpus anglais	Snow 1;2	Wells 1;6	Snow 1;8	Bates 1;8	Wells 1;9	Wells 2;0	Wells 2;3	Bates 2;4	Wells 2;6
noms	50	100	96	93	100	100	100	100	100
verbes	25	91	84	50	88	100	100	100	97
communicateurs	87	97	96	89	100	100	100	100	100
adverbes	19	72	82	57	91	90	97	93	94
adjectifs	19	78	67	25	94	100	97	70	94
relatifs	13	25	35	32	25	42	50	60	74
pointeurs	13	56	61	39	66	90	88	83	97
autres catégories	29	91	86	75	97	100	100	97	100

Corpus français	French 1;6	French 1;9	French 2;0	French 2;3	French 2;6
noms	71	76	100	100	100
verbes	29	80	100	100	100
communicateurs	86	92	100	88	93
adverbes	29	64	96	96	97
adjectifs	0	28	78	79	93
relatifs	0	44	67	46	53
pointeurs	86	80	100	100	100
autres catégories	14	76	96	100	100

Tableau 12 : Pourcentage d'enfants produisant au moins un mot dans un catégorie lexicale donnée

On observe que les résultats sont assez proches entre langue anglaise et langue française. En particulier, la proportion d'enfants pour les noms et les verbes est presque identique (voir tableau 11). Néanmoins, en observant de plus près les résultats, on trouve des différences significatives. En anglais, les enfants produisent plus fréquemment les noms et les adjectifs qu'en français ; inversement, c'est les verbes et les pointeurs qui sont plus souvent produits en français – pour les noms, $t(12) = 2.43$, $p = .03$; pour les verbes, $t(12) = 2.80$, $p =$

.02 ; pour les adjectifs, $t(12) = 3.44$, $p = .005$; pour les pointeurs, $t(12) = 4.01$, $p = .002$. Les différences se retrouvent dans le tableau 12 mais, de manière surprenante, la différence n'est significative que pour ce qui est de la classe pointeurs – $t(12) = 2.67$, $p < .02$. Cette plus faible significativité traduit peut-être un phénomène plafond de la mesure utilisée dans le tableau 12.

Anglais		Français					
Tous les énoncés	Énoncés de un mot seulement	Tous les énoncés	Énoncés de un mot seulement				
co oh	9	co uh	9	adv:neg pas	5	adv:place voilà	5
co no	9	co oh	9	adv:place là	5	co ah	5
pro:dem that	9	co no	9	adv:place voilà	5	co oh	5
v be&3S	9	co yes	7	co oh	5	n voiture	5
pro:dem there	8	co ah	7	pro:dem ça	5	pro:dem ça	5
co uh	7	pro:dem there	6	v être&3S	4	co dodo	4
pro it	6	v look	5	v avoir&3S	4	adv oui	4
det the	6	n mummy	5	pro c'	4	adv encore	4
co yes	6	n daddy	5	n voiture	4	adv:place là	4
wh:pro what	5	n mum	5	det le	4	adv:neg non	4
det a	5	co yeh	4	det la	4	v regarder	3
co ah	5	co yeah	4	co ah	4	n papa	3
v look	4	co um	4	v:mdl aller	3	co coucou	3
pro you	4	co mm	4	pro:subj il	3	v tenir	2
pro me	4	co huh	4	adv:neg non	3	v attendre	2
n mummy	4	wh:pro what	3	v tenir	2	v:pp partir	2
co yeah	4	pro me	3	v regarder	2	v:pp fermer	2
v want	3	n ma	3	v:pp partir	2	n maman	2
v go	3	n car	3	pro:obj l'	2	n bébé	2
pro I	3	co ow	3	n bébé	2	co hein	2

Tableau 13 : Mots les plus fréquemment utilisés par les enfants anglais et français

Une comparaison plus directe des mots les plus fréquemment utilisés par les enfants anglais et français permet de mieux comprendre la nature des mots utilisés par les enfants. Ces mots sont présentés dans le tableau 13. Les valeurs numériques affichées dans ce tableau correspondent au nombre de fois que chaque

mot figure parmi les vingt mots les plus courants dans un corpus. Ce calcul de fréquence permet de relativiser les différences importantes de nombres d'occurrences entre des corpus d'enfants âgés de un an et demi à deux ans et demi. On constate d'abord que certaines catégories syntaxiques n'apparaissent que dans l'ensemble des énoncés, et pas dans les seuls mots isolés, qui sont plus représentatifs des enfants les plus jeunes. Ces catégories sont celles des mots fonctionnels, auxiliaires, articles, pronoms personnels, adverbes de négation (forme *pas* en français et forme *not* en anglais), et les verbes modaux. Les mots de ce type sont au nombre de neuf en français et de quatre en anglais, ce qui reproduit deux résultats classiques (Parisse & Le Normand, 1997; Bassano et al., 1998) dans la comparaison entre langues française et anglaise : plus faible diversité lexicale et apparition plus tardive des marqueurs morphologiques en anglais. On peut diviser l'ensemble des mots en trois grandes catégories, noms et verbes, mots fonctionnels et tout le reste des catégories. La définition que nous donnons de mot fonctionnel et qui sera reprise plus loin est légèrement différente de la définition usuelle. Sont considérés comme fonctionnels les éléments lexicaux dont l'existence indépendante de celle d'un autre mot est impossible. À l'opposé, tous les mots qui peuvent apparaître seuls, c'est-à-dire former un énoncé d'un seul mot, ne sont pas considérés comme des mots fonctionnels, mais entrent dans le « reste des catégories ». Ainsi, une catégorie comme adverbe de lieu (adv:place dans la terminologie CLAN), ne fait pas partie des mots fonctionnels (il s'agit en particulier des mots 'là', 'voilà', 'ça'). L'argument est que ces mots ont une valeur syntaxique différente de celle des auxiliaires et des déterminants, aussi bien dans la construction des énoncés que dans la fabrication des éléments lexicaux de la langue. Sémantiquement, leur fonction est plus proche de celle d'une interjection, par exemple, que d'un mot fonctionnel. La distribution des mots les plus fréquemment utilisés par les enfants entre les catégories nom et verbe et les autres catégories (hors les mots fonctionnels) est largement à l'avantage des autres catégories (voir tableau 14).

	Anglais		Français	
	Tous les énoncés	Énoncés de un mot	Tous les énoncés	Énoncés de un mot
Mots fonctionnels non-utilisés seuls	4	0	9	0
Noms et verbes	4	6	5	9
Autres catégories	12	14	6	11

Tableau 14 : Distribution des vingt mots les plus fréquents chez les enfants

Plus de la moitié des mots isolés, c'est-à-dire des premières productions des enfants, sont des mots provenant des autres catégories. Ces mots forment un ensemble très riche, comprenant des pointeurs (voilà, ça, là), des communicateurs avec des fonctions diverses (oh, ah, hein, coucou), des adverbes de négation et affirmation (non, oui), un adverbe de répétition (encore). Il y a une très bonne correspondance entre les mots utilisés par les enfants anglais et français (voir tableau 13). La plupart des mots énoncés en français retrouvent leur traduction dans le corpus anglais, avec une plus grande variété de communicateurs en anglais et une moins grande variété de pointeurs. L'équivalent anglais de *encore*, *more*, ne figure pas dans le tableau, mais en réalité n'est pas très loin puisqu'on le trouve en 26^{ème} position. Seul le *me* anglais n'est pas fréquent en français. On ne retrouve son équivalent qu'en 44^{ème} position, mais cet écart est peut-être dû aux différences dans les conditions de recueil des corpus.

5.1.2.2 Caractéristiques lexicales des adultes et comparaison avec les enfants

De manière ultime, tout le vocabulaire des enfants vient de ce que produisent leurs parents. Mais dans quelle mesure l'enfant apporte-t-il ses propres pierres à la construction de son lexique ? Il est fondamental de vérifier si les enfants ne réalisent qu'une copie des productions de leurs parents ou s'ils génèrent leurs propres classifications. Pour les corpus anglais, les sources utilisées pour les enfants anglais ont été reprises car les transcriptions des énoncés des adultes étaient disponibles. L'ensemble des corpus adultes anglais comprend 377 745 mots. Pour le corpus français, il n'y a pas de transcription d'adultes correspondant à celles des enfants dans les corpus utilisés ci-dessus. C'est pourquoi d'autres sources ont été utilisées : premièrement la partie adulte du

corpus de Madeleine Léveillé disponible dans la base CHILDES (Suppes, Smith, & Léveillé, 1972; Suppes, Léveillé, & Smith, 1974), deuxièmement la partie adulte du corpus de Jean Rondal également disponible dans la base CHILDES (Rondal, 1985), et troisièmement un corpus issu de notre laboratoire qui correspond à des interactions enfant-adulte, mais pour des enfants un peu plus âgés, de 3 à 4 ans, dans la cadre de la passation du protocole du bain des poupées issu de l'épreuve BEPL (Chevrie-Muller, Simon, Le Normand, & Fournier, 1988). L'ensemble des corpus adultes français comprend 397 992 mots.

	Anglais		Français	
	Tous énoncés	Mots isolés	Tous énoncés	Mots isolés
Pourcentages de mots par rapport à l'ensemble des mots produits				
noms et verbes	42	27	34	27
autres catégories	58	73	66	73
noms	14	19	9	18
verbes	28	8	25	9
communicateurs	7	45	4	17
adverbes	6	13	11	32
adjectives	5	5	4	9
wh-words / relatifs	2	4	8	9
pointeurs	5	3	3	4
autres	33	2	36	1
Pourcentages d'adultes qui ont produit au moins un mot dans une catégorie donnée				
noms	99	90	100	84
verbes	99	70	100	74
communicateurs	99	97	98	86
adverbes	99	77	100	97
adjectifs	99	57	99	80
wh-words / relatifs	83	52	100	72
pointeurs	98	43	82	51
autres	100	26	100	47

Tableau 15 : Caractéristiques lexicales des adultes anglais et français

Les caractéristiques des corpus adultes anglais et français sont décrites dans le tableau 15. On trouve les mêmes tendances générales dans les deux langues avec comme seules différences notables l'usage des catégories communicateurs et

adverbes en mots isolés. On trouve également dans les deux langues une grande différence d'usage entre mots isolés et l'ensemble des énoncés, différence que l'on ne trouvait pas chez les enfants. Pour montrer l'évolution des différences d'usage de catégories lexicales entre enfants et adultes dans les deux langues, on calcule la corrélation entre les distributions lexicales des enfants et des adultes. On utilise un seul corpus adulte pour chaque langue, constitué de l'ensemble des corpus adultes pour cette langue. On calcule par contre les corrélations pour chaque corpus d'enfants et à chaque fois, soit sur l'ensemble des énoncés, soit sur les mots isolés seulement. Le résultat est fourni ci-dessous dans le tableau 16.

Corrélations entre les enfants anglais et les adultes anglais pour tous les énoncés											
Corpus	Snow 1;2	Wells 1;6	Snow 1;8	Bates 1;8	Wells 1;9	Wells 2;0	Wells 2;3	Bates 2;4	Wells 2;6	Moyenne	Ecart-type
Tous les énoncés	-0,08	0,15	0,18	0,08	0,17	0,36	0,61	0,71	0,80	0,33	0,29
Mots isolés	0,97	0,76	0,70	0,95	0,64	0,57	0,74	0,96	0,79	0,79	0,14

Corrélations entre les enfants français et les adultes français pour tous les énoncés							
Corpus	1;6	1;9	2;0	2;3	2;6	Moyenne	Ecart-type
Tous les énoncés	-0,33	0,05	0,30	0,59	0,86	0,29	0,41
Mots isolés	0,23	0,24	0,35	0,31	0,49	0,32	0,09

Tableau 16 : Corrélations entre les distributions lexicales des enfants et des adultes

Dans le tableau 16, on peut voir qu'il y a une très nette évolution en fonction de l'âge dans les corrélations dans le cas où on considère tous les énoncés, et ceci aussi bien pour les enfants anglais que français. Le taux de corrélation atteint à deux ans et demi dans les deux langues plus de 0,80 et la moyenne est presque la même. Par contre, il y a une grosse différence entre les enfants anglais et français dans les corrélations pour les mots isolés. Ainsi, pour la

langue anglaise, il y a corrélation très forte entre les enfants et les adultes, ceci pour toute classe d'âge et dès le plus jeune âge. De fortes corrélations se retrouvent même chez les enfants les plus jeunes. Chez les enfants français, les résultats sont très différents. On observe une corrélation moyenne faible, pas plus forte que celle obtenue pour tous les énoncés. De plus, il y a une évolution, assez faible mais nette tout de même, allant d'une corrélation faible à une corrélation plus forte. Il y a donc un décalage très net entre l'usage des mots isolés dans la langue anglaise et française. D'où vient ce décalage ? Pourquoi les enfants français ne présentent pas le même comportement que les enfants anglais. Il est instructif, pour répondre à ces questions, de calculer les corrélations entre usage lexical des enfants anglais et des enfants français, en mots isolés et pour tous les énoncés, ainsi que les mêmes corrélations chez les adultes. La comparaison entre langue anglaise et française peut ne pas paraître très naturelle, mais il est possible d'utiliser les mêmes catégories lexicales car ces deux langues sont tout de même assez proches, tout au moins dans leurs grands principes lexicaux et syntaxiques. La corrélation obtenue entre enfants anglais et français est la même pour les mots isolés et l'ensemble des énoncés : 0,74. Par contre, chez les adultes, il y a une différence nette entre la corrélation pour les mots isolés, 0,47, et l'ensemble des énoncés, 0,94. Ceci montre que les deux langues n'ont pas les mêmes caractéristiques dans l'usage des mots isolés, mais sont proches pour l'usage des catégories syntaxiques en général. À l'inverse, les enfants ont des caractéristiques d'utilisation des mots isolés très proches. On aurait pu penser, à observer les enfants anglais, que ceux-ci reproduisaient les mots isolés de leurs parents, mais les résultats sur les enfants français infirment cette idée. Ceci montre que les enfants utilisent, pour les mots isolés, donc sur les premiers mots qu'ils utilisent, un système différent de celui de l'adulte et propre à eux.

On peut montrer de manière plus précise que les enfants ne reproduisent pas simplement les mots qu'ils entendent le plus fréquemment. Il faut pour cela comparer, corpus par corpus, les fréquences des mots produits par les enfants et les adultes. Ce test ne peut donc être réalisé que sur les corpus anglais puisque nous ne disposons pas de corpus français d'enfants jeunes contenant la transcription des adultes. Les résultats sont donnés dans le tableau 17. On trouve,

dans chaque colonne de ce tableau, les vingt mots les plus fréquents des enfants pour chacun des corpus anglais. On trouve également dans les trois premières lignes du tableau : (1) le rang moyen des mots des enfants chez les adultes, (2) le nombre de mots parmi les vingt plus fréquents des enfants qui ne sont ni des noms, ni des verbes, ni des mots fonctionnels, et (3) le nombre de mots fréquents chez l'adulte et présents dans les vingt mots les plus fréquents des enfants. Les valeurs moyennes obtenues pour ces trois mesures confirment, à la fois que les mots des enfants ne sont pas les mots les plus fréquents des adultes puisque la moyenne pour (1) est de 132 et pour (3) de 7,33, à comparer avec la valeur minimale possible de 13 pour la mesure (1) et maximale de 20 pour la mesure (3). Enfin, la moyenne pour mesure (2), 11,4, confirme que la proportion de mots qui ne sont, ni des noms, ni des verbes est très forte puisque cela correspond à un pourcentage de 57%.

Tableau 17 : Liste des vingt mots les plus fréquents pour les enfants anglais et rang de ces mots dans le lexique anglais adulte

Corpus	Snow 1;2	Wells 1;6	Snow 1;8	Bates 1;8	Wells 1;9	Wells 2;0	Wells 2;3	Bates 2;4	Wells 2;6
Rang moyen	95,05	113,95	142,55	102,95	100,35	144,15	154,4	159,45	176,3
Mots ni noms, ni verbes	14	13	8	14	11	10	9	16	8
Mots fréquents	6	5	6	3	7	7	11	9	12
Rang 1	<i>uh</i> (292)	THE R (14)	<i>no</i> (25)	<i>uh</i> (274)	NO (9)	NO (10)	NO (18)	THAT (3)	I (22)
2	<i>woof+woof</i> (457)	OH (16)	<i>yeah</i> (27)	ball (64)	mummy (174)	mummy (173)	I (30)	<i>yeah</i> (28)	NO (12)
3	OH (8)	<i>ah</i> (158)	ball (26)	<i>uuh</i> (437)	da (1219)	<i>oh</i> (21)	THE R (17)	GO (15)	my (80)
4	BALL (18)	<i>mm</i> (73)	mommy (40)	<i>no</i> (26)	OH (14)	THE R (17)	IT (3)	IN (5)	IT (3)
5	NO (16)	<i>da</i> (1207)	A (3)	<i>yeah</i> (21)	THE R (16)	THAT (7)	YES (13)	THE R (13)	want (26)
6	<i>yeah</i> (26)	look (43)	THAT (5)	<i>ah</i> (210)	YES (18)	IT (2)	THE (2)	THIS (11)	OH (14)
7	kitty (134)	<i>uh</i> (337)	IT (4)	THAT (6)	mum (608)	want (24)	<i>oh</i> (21)	<i>here</i> (25)	YOU (1)
8	car (130)	NO (15)	OH (8)	OH (15)	<i>uh</i> (422)	I (27)	THAT (9)	ONE (8)	THE (2)
9	<i>awoh</i> (274)	THAT (10)	I (30)	<i>(o)k</i> (192)	<i>ah</i> (263)	<i>uh</i> (442)	mummy (163)	<i>uh</i> (155)	THAT (9)
10	<i>uhuh</i> (277)	mum	WHAT (10)	<i>uhoh</i> (95)	daddy (320)	me (46)	IN (11)	A (4)	A (4)
11	duck (95)	mummy (221)	THE (2)	bed (37)	me (35)	daddy (404)	YOU (1)	<i>where</i> (57)	ON (5)
12	THIS (11)	ma	duck (86)	mommy (137)	<i>er</i> (1184)	look (38)	look (50)	<i>huh</i> (48)	<i>yes</i> (24)
13	THAT (5)	daddy (239)	chair (76)	<i>where</i> (24)	car (234)	YES (14)	A (4)	OH (14)	GO (20)
14	baby (59)	do (25)	<i>yes</i> (117)	<i>uhuh</i> (333)	A (6)	A (6)	ON (5)	<i>no</i> (45)	look (66)
15	<i>ah</i> (248)	<i>me</i> (45)	car (113)	THE R (14)	THAT (7)	YOU (1)	want (26)	<i>um</i> (390)	me (50)
16	WHAT (13)	<i>ooh</i> (165)	<i>uh</i> (293)	<i>what's</i> (36)	ma (621)	<i>mm</i> (67)	my (90)	I (23)	AND (7)
17	<i>bow+wow</i> (675)	A (5)	<i>there</i> (28)	<i>um</i> (273)	YOU (1)	my (101)	GO (16)	<i>uhhuh</i> (82)	mummy (87)
18	<i>baba</i> (510)	<i>mmm</i> (232)	box (31)	teacher (335)	IT (2)	<i>gone</i> (78)	<i>mm</i> (33)	<i>right</i> (59)	TO (6)
19	mom (184)	<i>gone</i> (100)	kitty (118)	people (34)	<i>down</i> (45)	<i>more</i> (85)	<i>ah</i> (219)	IT (9)	<i>there</i> (21)
20	<i>wow+wow</i>	<i>down</i> (52)	mama (330)	car (40)	<i>mm</i> (66)	<i>mum</i>	<i>mum</i> (644)	WHAT (7)	IN (15)

Note: Les mots en italique ne sont ni des noms, ni des verbes, ni de purs mots fonctionnels (déterminants, pronoms personnels, auxiliaires et modaux). Les mots en petites capitales et en gras appartiennent aux vingt mots adultes les plus fréquents. Ces deux critères peuvent s'appliquer simultanément.

5.1.3 *Langue et cognition*

Notre travail a porté sur un très large échantillon de données de langage, 37 590 mots chez les enfants anglais, 17 919 mots chez les enfants français, 377 745 mots chez les adultes anglais, 397 992 mots chez les adultes français. Cette étude a donc une portée très différente de celle d'études plus classiques, très détaillées sur un ensemble plus réduit de données. A notre avis, aucune approche n'est meilleure que l'autre, elles sont au contraire complémentaires, l'utilisation de grandes quantités de données venant soit confirmer des éléments connus, soit relativiser des idées suggérées par un ensemble de données trop réduit.

En conclusion de ce travail sur les tout débuts du langage, on constate que l'enfant n'est pas une simple éponge qui absorbe son environnement. Il est un participant actif de son développement, comme le montrent les travaux de Baldwin (1993), Tomasello et Kruger (1992), et Bloom (2000a) et c'est lui qui crée son propre agenda en complète interaction avec le monde qui l'entoure. Un exemple simple est celui du mot « voiture ». Ce mot ne fait pas partie des mots les plus courants produits par les parents même s'il est probablement assez courant. C'est évidemment un mot qui présente une connotation culturelle forte dans les sociétés occidentales, mais la raison de son omniprésence est beaucoup plus probablement que la voiture fait partie des premiers jouets de la plupart des enfants, et des objets, les vraies voitures, avec lesquels les enfants ont beaucoup d'interactions, motrices et visuelles, et pas uniquement linguistiques.

Le but premier de ce travail était surtout de montrer que les mots utilisés par l'enfant couvrent tout un ensemble de fonctions au-delà de la référence à des objets et des actions et représentent un univers cognitif d'une très grande richesse et variété qui va servir de vivier pour le développement cognitif et linguistique de l'enfant. Cette richesse du langage des petits enfants a été aussi soulignée par Bassano, Maillochon et Eme (1998). On peut faire, à notre avis, deux reproches à beaucoup d'études des premiers mots des enfants. Elles tendent à n'attribuer que des fonctions uniques aux mots et à traiter tous les mots comme ayant le même degré d'élaboration. Beaucoup d'études ont catégorisé les mots des enfants en leurs multiples fonctions, et en particulier les fonctions référentielles et

expressives ou pragmatiques (Halliday, 1975; McShane, 1980). Mais les interactions entre ces fonctions sont rarement étudiées. Beaucoup de mots produits par l'enfant ont en fait de multiples fonctions, en même temps référentielles et expressives. C'est par exemple le cas de *bonjour* qui réfère aussi bien à une personne que l'on a clairement identifiée – on dit bonjour à quelqu'un, donc on l'a identifié –, qu'à un acte social, et ce autant chez l'adulte que chez l'enfant – même si bien sûr chez l'enfant l'acte social n'a pas la même valeur que chez l'adulte. Lorsqu'il est petit, l'enfant ne sait évidemment pas dissocier ces fonctions et il va être amené à le faire progressivement, comme proposé et démontré par Werner et Kaplan (1963). D'un point de vue logique, il est beaucoup plus complexe de démêler l'écheveau des significations liées à « bonjour » que de simplement référencer un objet ou émettre une protestation avec un cri ou un pleur. L'enfant qui maîtrise correctement un mot aussi complexe (sémantiquement et pragmatiquement) aura en général plus de deux ans et aucun problème pour apprendre à nommer un nouvel objet. Le système de référence des mots utilisés par l'enfant est également beaucoup plus complexe que la simple référence à l'objet. Des mots comme *encore*, *plus*, *à moi*, *non*, référencent des objets, précis ou génériques, des actions, des personnes, des sentiments. Un simple mot comme *oh*, très utilisé par les enfants anglais ou français, référence un acte, une surprise, une désapprobation, une satisfaction, et est utilisé aussi bien seul qu'en conversation avec un adulte. Avec ces mots, on voit que les enfants ont pu, au cours de leur seconde année, apprendre aussi bien la référence multiple que spécifique, la généralité, qu'ils peuvent référencer des objets et des actions par les mêmes mots ou des mots différents selon le cas, que le même mot peut avoir plusieurs sens, ou au moins être utilisé en différentes circonstances. L'apprentissage de notions comme élément et catégorie débute très tôt avec les mots *bébé*, *maman* ou *papa* lors des contacts de l'enfant avec le monde. L'usage fréquent de ces mots explique que l'enfant puisse avoir effectivement acquis cette notion pour certains éléments spécifiques avant de l'utiliser pour apprendre de nouveaux mots.

Peu d'études se posent vraiment le problème de savoir pourquoi les enfants apprennent un mot (pour des exceptions, voir Locke, 1996; Bloom, 2000a). Les

études qui se basent sur le principe de contraintes ou de biais, quelle que soit la terminologie utilisée et la philosophie sous-jacente (plus ou moins nativiste), sont en général à caractère descriptif. C'est pour cela que se posent des problèmes gênants pour ces travaux lorsque l'on découvre que tel ou tel biais peut être ignoré au profit d'un autre. Si l'on se demande pourquoi les enfants apprennent un mot, on ne peut, en fonction des résultats précédents et de la littérature, que proposer que les enfants apprennent ce qui leur semble important en fonction du contexte de l'action et de leur développement social et cognitif. Si l'enfant associe automatiquement les éléments les plus saillants qu'il perçoit, alors les biais ne représentent que la description des capacités cognitives de l'enfant. La manifestation de tel ou tel biais n'est alors que la manifestation du choix de l'enfant parmi l'ensemble des interprétations dont il est capable. Ainsi le choix entre associer un mot nouveau à l'ensemble de l'objet, ou à une partie de l'objet, n'est pas une réponse automatique, innée ou acquise, c'est une décision, consciente ou non, en fonction de l'adéquation à la situation. Cette capacité de l'enfant peut paraître surprenante si l'on n'étudie que le développement du nom, surtout en vertu des hésitations des enfants comme les sur-généralisations et sous-généralisations. Mais au vu de l'ensemble du développement lexical, de toute l'étendue des interprétations et des subtilités que l'enfant manifeste dans l'ensemble de son vocabulaire, alors cette capacité semble beaucoup plus crédible, d'autant plus que l'on a pu la voir se développer progressivement tout au long de la seconde année de l'enfant.

5.2 Le développement de la syntaxe

5.2.1 Le développement initial

On ne parlera pas ci-dessous du développement initial de capacités qui vont jouer sur le développement de la syntaxe – par exemple, l'utilisation de la prosodie et du rythme pour grouper ou séparer des éléments ou pour déterminer si une langue se dérive à gauche ou à droite. Comme on n'étudie ci-dessous la syntaxe que dans sa production, on ne l'étudiera qu'à partir du moment où l'enfant produit des énoncés de plusieurs mots ou morphèmes (du point de vue du linguiste). Il est par ailleurs difficile d'étudier ce développement syntaxique avant

deux ans chez l'enfant. Certes, beaucoup d'enfants produisent leurs premières associations de mots et leurs premiers éléments morphologiquement complexes avant deux ans, en général moins d'une année après leurs premiers mots. Les grandes variations d'un enfant à l'autre, même dans le cas d'un développement tout à fait normal du langage, font qu'il y a peu d'intérêt à dater de manière trop précise telle ou telle phase de développement. De plus, il est bien souvent impossible de « dater » une acquisition chez un enfant donné. En effet, comment dater l'apparition des premières combinaisons de mots ? Certainement pas au premier assemblage produit, car il peut être dû au hasard ou à une surinterprétation de l'adulte. Alors, au cinquième, au dixième, au vingtième ? À partir du moment où l'usage est systématique, ou alors qu'il est encore exceptionnel ? Ces questions ne sont fondamentales que s'il l'on réalise une étude dont le but est le dépistage et le diagnostic de problèmes d'acquisition. Dans la réalité, la plupart des acquisitions sont progressives et les âges qui sont donnés ci-dessous ne sont que des indicateurs destinés à fixer les idées et à autoriser la comparaison avec d'autres études, sur le français ou sur d'autres langues. Les chiffres qui seront donnés correspondent à l'âge où un comportement est attesté chez la moitié des enfants. Ainsi, les premières associations de mots apparaissent en moyenne avant deux ans. Chez les enfants de deux ans dont nous avons enregistré la production avec le protocole de la maison de poupée, la longueur moyenne d'énoncé (LME) est de 1,63 avec des extrêmes allant de 1,10 à 2,88 (Parisse & Le Normand, 2000b). Il faudrait rajouter à ces chiffres les enfants qui n'ont pas parlé durant la passation du protocole et qui ne figurent pas dans ces statistiques, ce qui correspond à plus d'un enfant sur deux. Soulignons que ce protocole n'est pas un test fiable de la capacité de l'enfant à parler puisque certains peuvent refuser de parler. Il faut donc dans ce cas utiliser d'autres outils. On voit néanmoins que l'association de mots est tout à fait attestée à deux ans, à la fois suffisamment développée pour justifier d'une étude à cet âge et suffisamment simple encore pour contenir des éléments des premières étapes de l'apparition de la syntaxe.

5.2.1.1 L'outil d'observation de la syntaxe

Étudier le développement grammatical de l'enfant impose un choix quant à l'outil utilisé pour représenter et classifier cette grammaire. Ce choix n'est pas innocent de présupposés théoriques. Pour le travail ci-dessous, comme le thème est la syntaxe de l'enfant, le choix se porte sur des grammaires qui ne traitent pas de l'interprétation sémantique et sont basées sur des catégories lexicales telle que celle de *nom*. Le choix de l'outil sous-entend aussi un choix de point de vue : celui de l'enfant ou celui de l'adulte. Certains auteurs cherchent à utiliser une classification qui fasse sens « du point de vue de l'enfant », c'est-à-dire qui utilise des catégories que l'enfant est en mesure de percevoir. Cette approche pose trois problèmes : (1) l'enfant perçoit-il des catégories ? (2) s'il en perçoit, comment déterminer ces catégories ? (3) faut-il mettre à jour ces catégories en fonction de chaque âge et de chaque enfant ? Comme ces trois problèmes sont très complexes, on ne les traite pas usuellement dans les études sur la syntaxe de l'enfant. On décide en fonction des résultats des recherches en psychologie quelles catégories l'enfant peut utiliser ou manipuler et on utilise cette base pour travailler. Il s'agit donc d'un parti-pris, tout à fait légitime car il n'est pas forcément raisonnable et justifié d'utiliser des classifications beaucoup plus complexes que les données à traiter. Ce parti-pris n'est pas spécifique de l'étude du langage de l'enfant. On aurait pu rajouter ci-dessus que le point de vue peut aussi être celui du grammairien ou celui de l'homme de la rue. Peu de personnes ont, à l'âge adulte, plus qu'une connaissance explicite superficielle de la grammaire de leur langue et encore moins des grammaires utilisées par les linguistes. Les connaissances implicites, épilinguistiques, de ces mêmes personnes, sont certainement plus larges qu'elles ne le paraissent, mais on ne connaît pas exactement leur étendue et elles ne sont pas forcément identiques d'un individu à l'autre. Ce n'est pas pour autant que le travail du linguiste qui ne cherche pas à produire une théorie linguistique mais à décrire les faits de langue qu'il observe, est sans intérêt. Alors pourquoi ce qui semble naturel chez l'adulte ne le serait plus chez l'enfant ?

Comme le but de ce travail est une description externe et formelle de la langue de l'enfant, c'est le point de vue morpholexical et morphosyntaxique qui a été retenu, point de vue clairement hors de la compétence du petit enfant. Les

mots ont été classés selon leur catégorie lexicale (voir Annexe 1 pour une liste des catégories retenues). Ces catégories correspondent pour la plupart à des groupes lexicaux classiques (noms, verbes, adverbes, etc.). Le but est d'utiliser, pour définir une catégorie, uniquement des critères positionnels et non sémantiques. Ainsi, par exemple, les noms se caractérisent en français par la présence d'un déterminant. Si un nom n'est pas précédé d'un tel mot – moyennant l'insertion optionnelle d'adjectifs – alors il s'agit d'un nom propre. Les mots comme *maman*, *papa*, *bébé* peuvent ainsi se trouver dans les deux formes, « *maman* » et « *la maman* », qui seront différenciées entre nom propre et nom dans les corpus traités par POST. Il existe quelques exceptions à cette règle, notamment les noms de jours et de mois qui peuvent être construits avec ou sans déterminant sans qu'on puisse (comme c'est le cas pour le mot *maman*) faire une différence de sens entre une forme et l'autre. Ceci justifierait la création d'une classe syntaxique particulière, « *n:temps* », qui n'a pas été utilisée ici car les enfants ne produisent pas ces mots avant l'âge de 3 ans et demi (d'après notre corpus d'enfants de référence). Un autre cas particulier est celui des noms propres qui peuvent être construits avec des articles lorsqu'on les utilise de manière générique et non plus spécifique (c'est-à-dire au pluriel ou avec un article indéfini). Ainsi, la typologie linguistique choisie est une description d'une nature volontairement plus complexe que celle de la langue de l'enfant à deux ans, dans le but de laisser les données recueillies et les résultats statistiques déterminer la réalité et la prégnance de tel ou tel caractère dans la langue de l'enfant.

5.2.1.2 Le découpage des énoncés en mots ou en morphèmes

On peut différencier deux types d'énoncés composites dans les productions des tout petits : les associations explicites de deux éléments que l'enfant utilise séparément par ailleurs (par exemple, F. 21 mois, « *garage voiture* ») et les énoncés constitués de plusieurs éléments de la langue adulte mais dont seulement une partie est utilisée de manière constructive par l'enfant (par exemple, F. 21 mois, « *où il est* »). Cette différence pose des problèmes de transcription – comment choisir si on est dans tel ou tel cas ? – et des problèmes théoriques – comment décider ce qui est un mot, un morphème, et faut-il faire la différence

entre morphèmes constructifs et morphèmes figés en fonction de l'âge de l'enfant ? Rappelons que si l'enfant n'a pas de conscience de l'existence de « mots » avant sa scolarité (Gombert, 1990), il sait utiliser certains morphèmes de manière productive sans avoir une conscience de l'existence d'éléments séparés dans la langue (voir par exemple Berko-Gleason, 1958; Tomasello & Olguin, 1993, et tous les travaux sur les erreurs de sur-généralisation – i.e. *prendu pour pris*, etc.). La décision est importante car elle influe sur l'évaluation que l'on fera du développement du langage de l'enfant.

Le premier type d'énoncé ne pose pas de problèmes si l'enfant utilise par ailleurs et de manière isolée les mots qui composent l'énoncé. Dans les autres cas, comment décider si l'on est face à un énoncé de plusieurs mots ou morphèmes ou d'une forme globale non-décomposée. La question se pose souvent et sa résolution ne peut se dissocier des choix théoriques quant aux principes syntaxiques sous-jacents (voir Peters, 1983). Lorsque l'enfant n'a pas encore une bonne prononciation, on sait qu'il utilise une forme toute faite lorsque la forme phonétique de l'expression est déformée comme le serait un mot isolé. Cette déformation est un bon indice que l'acquisition passe par une forme à caractère global. Mais lorsque l'enfant arrive à une bonne prononciation, diviser ou non la forme morphosyntaxique est d'abord un choix de convention. Ainsi, à quel moment décider que la forme /lamezõ/ (la maison) devient /la/ /mezõ/ ? Y-a-t-il chez l'enfant à un moment donné une perception, consciente ou non, de la séparation de l'article et du nom, et si oui à quel moment ?

Dans ce travail et dans les transcriptions qui sont faites au laboratoire, les mots sont dissociés dans les transcriptions à partir du moment où l'enfant a une prononciation claire et distincte, c'est-à-dire probablement bien avant qu'il puisse avoir conscience de la présence d'un article. Cette technique est celle que l'on retrouve dans la plupart des travaux du domaine. Elle permet notamment d'appliquer des connaissances linguistiques générales à l'étude du langage de l'enfant, de le comparer avec celui d'enfants plus âgés ou d'adultes, et d'utiliser des outils automatiques comme POST, décrit ci-dessus. Par ailleurs, comme les morphèmes grammaticaux sont écrits de manière séparées en français moderne, aucune transcription particulière de morphème n'est faite. Seules les appositions en

fin de mot de clitiques (*fait-il*) sont considérées comme des morphèmes dissociés (*fait il*).

5.2.1.3 Les premiers assemblages en français

Les premiers assemblages en français sont décrits en détail dans Parisse et Le Normand (2000b). Cette étude est basée sur les enregistrements de 27 enfants de 24 mois. Leur LME (en mots) moyen est de 1,63, avec des valeurs allant de 1,10 à 2,88. Le nombre d'énoncés produit par chaque enfant durant les vingt minutes de passation du protocole vont de 27 à 187, avec une moyenne de 80. Le corpus contient 2157 énoncés et 3765 mots. Comme élément de comparaison, le choix a porté sur la partie des adultes du corpus de Madeleine Léveillé figurant dans CHILDES (Suppes et al., 1972; Suppes et al., 1974), contient 22 669 énoncés et 131 354 mots.

Mots isolés				Énoncés d'au moins deux mots			
Enfant de 2 ans		Adulte		Enfant de 2 ans		Adulte	
Catégorie	%	Catégorie	%	Catégorie	%	Catégorie	%
adj	1,23	adj	3,32	adj	3,53	adj	3,45
adv	8,15	adv	31,98	adv	2,35	adv	4,87
adv:neg	2,39	adv:neg	8,07	adv:neg	3,96	adv:neg	3,52
adv:place	7,74	adv:place	0,85	adv:place	7,02	adv:place	1,22
adv:voilà	6,42	adv:voilà	3,23	adv:voici	0,86	adv:voici	0,14
				adv:y	1,8	adv:y	1,04
co	15,23	co	17,05	co	3,88	co	1,45
co:act	9,22	co:act	6,52	co:act	5,53	co:act	1,16
		conj	0,35	conj	1,22	conj	4,32
				det	7,1	det	6,89
				det:gen	0,35	det:gen	2,15
n	22,30	n	2,85	n	15,69	n	10,81
n:prop	6,01	n:prop	2,44	n:prop	3,25	n:prop	1,60
num	0,41	num	0,35	num	0,04	num	0,40
				prep	0,67	prep	5,13
				prep:art	1,53	prep:art	2,21
pro	0,33	pro	0,41	pro	11,45	pro	18,27
pro:dem	1,98	pro:dem	0,79	pro:dem	3,84	pro:dem	2,06
pro:rel	0,74	pro:rel	15,34	pro:rel	2,47	pro:rel	5,38
v	4,69	v	5,73	v	2,82	v	7,41
				v avoir	3,41	v avoir	3,26
				v être	9,65	v être	4,26
v:inf	4,69	v:inf	0,09	v:inf	2,24	v:inf	2,89
v:mdl	0,16	v:mdl	0,44	v:mdl	1,49	v:mdl	3,43
v:pp	8,31	v:pp	0,19	v:pp	3,84	v:pp	2,63
						v:ppe	0,07
Nombre de mots							
1215		3160		2550		128 194	

Tableau 18 : Catégories syntaxiques utilisées par l'enfant de deux ans et par l'adulte

Note : les pourcentages sont calculés pour toutes les occurrences des mots, y compris les répétitions.

Le premier résultat intéressant consiste en la comparaison des catégories syntaxiques utilisées par l'enfant et par l'adulte, dans le cas des mots isolés et dans le cas des énoncés d'au moins deux mots. Les résultats sont présentés dans le tableau 18. Les enfants ne produisent jamais de mots isolés dans les catégories purement fonctionnelles, comme on a déjà pu le voir dans l'étude précédente. La différence fondamentale de nature entre les catégories syntaxiques du mot isolé de l'enfant et de l'adulte est également confirmée. Il y a une nettement plus grande corrélation entre les catégories produites par l'enfant et celles produites par l'adulte dans les énoncés de plusieurs mots ($r = 0.68, p < 0,0005$) qu'en mots isolés ($r = 0,23, p$ non significatif). S'il y a de grandes différences entre l'usage des mots isolés et celui des énoncés de plusieurs mots chez l'adulte, il y a également une grande différence chez l'enfant. C'est-à-dire que si l'enfant utilise ses propres mots isolés (il ne reproduit que peu ceux de l'adulte), ses constructions de plusieurs mots ne sont pas exactement des mots isolés « allongés », c'est-à-dire où l'on aurait rajouté, qui un article, qui un pronom, etc. Quelle est alors la structure exacte des énoncés de plusieurs mots ?

Enfants de deux ans			Adultes	
Rang	Nb de mots	Bi-catégorie	Rang	Nb de mots
1	197	pro + v être	3	4949
2	168	det + n	1	6866
3	46	v être + adv:place	131	122
4	46	v être + adj	29	727
5	44	pro:rel + pro	4	3292
6	40	v avoir + adv:neg	39	530
7	39	prep:art + n	8	2340
8	39	v être + v:pp	30	706
9	35	pro + v	2	5200
10	31	pro:y + v avoir	23	877
11	29	adv:neg + adv:place	207	56
12	29	adj + n	16	1224
13	25	co:act + pro	118	146
14	24	co:act + v:pp	548	1
15	20	v être + adv:neg	36	627
Total	812			27663

Tableau 19 : Liste des quinze constructions de deux catégories les plus fréquentes chez l'enfant de deux ans et les fréquences correspondantes chez l'adulte

Le tableau 19 présente la liste des paires de catégories lexicales les plus courantes chez l'enfant de 24 mois et leurs fréquences correspondantes chez l'adulte. À partir de maintenant, on appellera bi-catégorie la paire formée par deux catégories lexicales qui se suivent exactement dans un corpus. De la même façon, bi-mot sera la paire formée de deux mots qui se suivent exactement dans un corpus. Enfin, toujours de la même manière, les termes tri-catégorie et tri-mot seront utilisés pour des triplets qui se suivent exactement, catégorie lexicale ou mot. Le nombre de bi-catégories figurant dans le tableau 19 représente la moitié de l'ensemble de toutes les occurrences de bi-catégories produites par les enfants (802 sur un total de 1604). À l'opposé, les quinze bi-catégories de l'adulte ne représentent que 23% des bi-catégories adultes (27 663 sur un total de 120 843). En types, les quinze bi-catégories représentent 6,8% des bi-catégories chez les

enfants et 2,4% chez les adultes. On constate à la fois une grande correspondance entre les productions de l'enfant et de l'adulte et l'existence de créations originales de l'enfant, qui ne sont que peu ou pas utilisées par l'adulte. Tandis que certaines bi-catégories sont fréquentes chez l'enfant et l'adulte, d'autres ne sont fréquentes que chez l'enfant. C'est le cas en particulier de certaines bi-catégories du tableau 19, comme v|être + adv:place (par exemple : *est là*), adv:neg + adv:place (*pas là*), co:act + pro (*oh tout*), co:act + v:pp (*oh tombé*). Il existe des bi-catégories qui sont complètement absentes chez l'adulte tout en apparaissant plus de cinq fois dans le corpus des enfants. Ces bi-catégories sont présentées avec des exemples dans le tableau 20. Bien que moins fréquentes que les bi-catégories du tableau 19, ces cas sont suffisamment courants pour constituer un élément caractéristique des productions de l'enfant. D'une façon générale, ces assemblages utilisent le plus souvent des mots comme des communicateurs, des pointeurs ou des interjections et sont très représentatifs de l'univers cognitif de l'enfant et de ses intérêts propres, ce qui confirme les résultats obtenus ci-dessus à propos de l'usage du mot isolé.

Bi-catégorie spécifique de l'enfant	Exemples d'énoncés complets
co:act / v:pp	oh caché, ah tombé, oh assis
n / co	joujou hein, poussette boum
co:act / n	oh camion, ah nounours
co:act / adv:voilà	ah voilà, oh voilà, ah voilà chapeau
adv:place / n	là bobo, dedans chien
adv:y / adv:y	y'en a plus

Tableau 20 : Exemples d'énoncés avec des bi-catégories totalement spécifique des enfants

On ne peut utiliser un calcul de corrélation pour mesurer le taux de correspondance entre les énoncés enfant et adulte. Pour pouvoir néanmoins évaluer une telle correspondance, la mesure choisie est le pourcentage de bi-catégories utilisées par l'enfant et qui font partie des bi-catégories utilisées par les adultes. On obtient un résultat de 99% en nombre d'occurrences et de 95,5 % en

nombre de types différents. Le même calcul peut être fait sur les tri-catégories et les bi-mots. Pour les tri-catégories, on obtient 93% en nombre d'occurrences et 83% en nombre de types, pour les bi-mots 61% et 44%. Ces dernières valeurs, bien qu'apparemment nettement plus faibles que pour les catégories sont très élevées si l'on tient compte du fait que les corpus enfant et adulte n'ont pas la même origine ! S'il n'y a pas de doute que l'apprentissage d'une langue maternelle est un processus qui comporte une importante partie où l'enfant est autonome et crée et utilise ses propres structures, il y a aussi manifestement une partie de la langue suffisamment déterminée et rigide pour être la même d'une personne à l'autre, et donc d'un enfant à l'autre. Comment alors faire la différence entre ces deux parties ?

Pour répondre à cette question, nous avons choisi de nous baser sur les propriétés des mots isolés produits par les enfants. Nous avons déjà évoqué plusieurs fois la dichotomie qui peut être faite entre les mots isolés et les mots utilisés dans des énoncés de plusieurs mots, dichotomie qui sépare les mots fonctionnels des mots pleins. Nous allons nous baser sur cette dichotomie pour définir de manière inhabituelle une opposition entre mots pleins (mots sémantiques) et mots fonctionnels. La différence avec les notions usuelles est que nous ne gardons pas une correspondance entre catégories de mots pleins et catégories ouvertes et que donc l'opposition catégorie ouverte/catégorie fermée ne s'applique pas. Certaines catégories de mots pleins sont des catégories fermées selon notre définition (les pronoms et adverbes relatifs et les pointeurs). Par contre, toutes les catégories de mots fonctionnels sont fermées.

Les catégories syntaxiques qui sont produites par l'enfant en tant que mot isolé ont toujours une valeur sémantique et correspondent aux mots pleins. Il y a sept grandes catégories de ce type : les noms, les verbes, les communicateurs, les adverbes, les adjectifs, les pronoms et adverbes relatifs et les pointeurs. Cette classification n'est pas exhaustive et définitive. Elle correspond simplement à notre corpus d'enfants français mais est également valide pour les enfants anglais. Comme les sens des mots et les caractéristiques lexicales varient d'une langue à l'autre en se chevauchant et sans correspondance terme à terme, la liste de ces catégories doit aussi varier légèrement. Pour une langue comme le turc, par

exemple, il pourrait ne pas y avoir de différence entre la classe des adjectifs et des adverbes – cette distinction pose d’ailleurs souvent un problème en français, par exemple entre *dormir seul* et *un homme seul*. C’est pourquoi la liste des catégories de mots pleins, définie comme l’ensemble des catégories qui peuvent s’utiliser de manière isolée dans une langue donnée, doit être toujours recalculée lors de l’étude d’une langue nouvelle. Sont considérés comme des mots fonctionnels les mots qui ne sont jamais produits de manière isolée. Ces catégories sont encore plus variables d’une langue à l’autre. En français, on trouve les déterminants, les auxiliaires, les pronoms personnels, les prépositions, les conjonctions. Il n’y a pas de différence fondamentale entre les mots fonctionnels et, par exemple, les suffixes du hongrois. De même qu’il n’y a pas de différence fondamentale entre l’auxiliaire avoir qui marque le passé composé et les suffixes qui forment l’imparfait. Dans les deux cas, ce sont des formes qui n’existent pas de manière isolée et dont la complexité de l’apprentissage est proche pour l’enfant. La tradition écrite française récente est d’écrire de manière séparée les éléments fonctionnels grammaticaux qui supportent l’insertion d’autres éléments (par exemple l’adjectif peut s’insérer entre le déterminant et le nom) et de coller les éléments qui ne supportent pas l’insertion. La tradition est par contre de coller les dérivations lexicales. Cette tradition comporte des exceptions, à la fois parce que c’est seulement une tradition et que le côté non systématique des langues naturelles a toujours ruiné les efforts produits lors de normalisations de l’écriture. D’autres traditions existent, comme la tradition chinoise qui rythme son écrit en fonction de la structure syllabique. Ce qui compte ici n’est pas une discussion du bien fondé de tel système d’écriture, tâche pour laquelle nous ne sommes pas compétent, mais le fait que les processus mis en œuvre par l’enfant pour apprendre à utiliser des mots fonctionnels non libres et des formes fléchies sont les mêmes. Soulignons enfin que la classification des éléments de la langue utilise une dichotomie non classique : les mots pleins (qui ne correspondent pas toujours à des classes ouvertes) et les mots fonctionnels. Il ne s’agit pas vraiment d’une dichotomie, d’ailleurs, car il est tout à fait possible de trouver des mots qui appartiennent aux deux ensembles. Par exemple, les conjonctions figurant en tête d’énoncé sont difficiles à classer dans un ensemble où l’autre. Le problème est le

même pour les locutions prépositionnelles, par exemple *manière* dans *à la manière de*. Mais dans tous les cas, ces ambiguïtés ne concernent pas le petit enfant, mais l'enfant d'au moins trois ans et plus.

La théorie proposée est la suivante : l'enfant apprend d'abord à manier des groupes morphologiques qui sont, dans la langue de l'adulte et de l'enfant, soit des mots isolés, soit des groupes formés d'un mot pouvant s'utiliser isolément et d'un ou de plusieurs mots fonctionnels. Ces groupes sont porteurs de sens, même et surtout pour le petit enfant. L'apprentissage des flexions, qu'il s'agisse de flexions proprement dites ou de mots fonctionnels, ne survient que de manière plus tardive, notamment à partir du moment où l'enfant arrive à une sensibilité épilinguistique qui lui permet de se rendre compte qu'un groupe morphologique comporte plusieurs fonctions. Ceci ne peut clairement être le cas pour l'enfant de deux ans. Par contre, l'enfant est capable dès le plus jeune âge de maîtriser la composition d'éléments qu'il manipule de manière isolée. On peut déduire une hypothèse permettant de tester ce principe. Si l'enfant compose des expressions isolées sans utiliser de syntaxe ou de morphologie, il doit y avoir plus d'erreurs en regard de la norme adulte dans le cas de la composition que dans le cas des groupes morphologiques qui sont eux copiés de manière globale. Pour tester cette hypothèse, les énoncés des enfants de deux ans ont été regroupés en fonction du nombre de mots qu'ils présentent dans l'une des sept catégories décrites ci-dessus : noms, verbes, communicateurs, adverbes, adjectifs, pronoms et adverbes relatifs, pointeurs. Ceci permet de connaître leur nombre de mots pleins. On a alors calculé pour chacun des ensembles d'énoncés, le LME, le ratio type/occurrence et les pourcentages de bi-catégories, de tri-catégories et de bi-mots qui, issus de l'un des ensemble, appartiennent au corpus adulte. Plus ces pourcentages sont faibles, et plus les énoncés des enfants sont différents de ceux des adultes. On doit donc trouver des pourcentages plus faibles dans les énoncés de plusieurs mots pleins, puisque ces énoncés sont plus souvent des créations des enfants (comme les enfants peuvent reproduire par imitation des énoncés de plusieurs mots pleins, ceux-ci ne sont pas tous des constructions originales).

nombre de mots pleins	1-3	1	2	3
nombre d'énoncés	926	44.9%	46.7%	6.7%
LME	2.70	2.41	2.74	4.42
ratio type/occurrence	8.64	6.03	5.89	3.03
bi-catégorie (%)	85	92	86	89
tri-catégorie (%)	66	86	70	67
bi-mots (%)	42	57	38	52

Tableau 21 : Caractéristiques des énoncés d'enfants de deux ans en fonction de leur nombre de mots pleins.

Note : Le groupe 1-3 correspond à l'ensemble des énoncés et non à la moyenne des valeurs pour 1, 2 et 3. Toutes les valeurs sont calculées en nombre d'occurrences.

Les résultats sont présentés dans le tableau 21. La mesure du LME permet d'évaluer si les énoncés sont comparables. Ainsi, la différence très nette entre la longueur des énoncés de trois mots pleins et les autres ne permet pas d'affirmer que les erreurs sur ces énoncés ne sont pas dues à leur plus grande complexité. Par contre, les énoncés de un et de deux mots pleins sont tout à fait comparables. La différence faible du LME n'est pas significative, même si elle l'est presque, $t(54) = 1.88, p = 0.06$. Par contre les différences entre pourcentages de bi-catégories, de tri-catégories et de bi-mots sont tous significatifs. Les résultats sont : bi-catégorie, $t(54) = 3.1, p = 0.003$; tri-catégorie, $t(46) = 2.84, p = 0.008$; bi-mots, $t(54) = 3.64, p = 0.0006$. Enfin, il n'y a pas de différence significative pour le rapport type/occurrence.

5.2.2 L'hypothèse du 3-pas

La théorie proposée ci-dessus peut être à nouveau mise à l'épreuve en utilisant une simulation sur ordinateur, et non plus la méthode hypothético-déductive (voir l'introduction de la thèse). Pour cela, il faut d'abord décrire de manière précise les étapes suivies par l'enfant. Le principe de la simulation est d'utiliser les productions des enfants, à la fois pour en extraire les informations que l'on suppose importantes pour l'enfant, et pour vérifier si les énoncés produits par l'enfant peuvent être construits à l'aide de ces informations. Il s'agit donc d'un test du pouvoir génératif de la théorie. Il est en effet clair que toute théorie du

développement syntaxique doit pouvoir expliquer l'ensemble des productions de l'enfant et leur développement, et non pas seulement décrire les productions de l'enfant à un âge donné (comme cela a été fait à deux ans dans la partie ci-dessus).

5.2.2.1.1 L'algorithme du 3-pas

La théorie avancée postule que l'enfant utilise un mécanisme en trois étapes répétées autant de fois que nécessaire au cours du développement. Ces trois étapes sont :

Étape 1 : Tous les mots isolés produits par l'enfant ont une signification pour lui et sont directement extraits d'énoncés produits par des adultes (même si l'enfant est capable par ailleurs de créer des formes linguistiques nouvelles sans modèle adulte).

Étape 2 : Les énoncés contenant un seul mot produit par ailleurs de manière isolée (produit à l'étape 1) ainsi que d'autres mots jamais produits de manière isolée (jamais produits à l'étape 1), sont directement extraits d'énoncés produits par des adultes. Cette extraction est facilitée par la connaissance des mots isolés. Ces énoncés de plusieurs mots sont manipulés et compris par l'enfant comme des formes figées, de la même manière que le sont les mots isolés.

Étape 3 : Les enfants combinent les énoncés des étapes 1 et 2 pour produire des énoncés comportant plusieurs mots produits de manière isolée (mots produits à l'étape 1). Ils combinent ces énoncés pour créer des énoncés qui sont nouveaux (qu'ils peuvent n'avoir jamais entendu) et qui font sens pour eux – c'est-à-dire qui sont organisés en fonction de l'univers cognitif de l'enfant.

L'idée maîtresse de cette théorie est qu'il n'est pas nécessaire pour l'enfant de disposer de puissants moyens syntaxiques pour produire un langage de bonne qualité et surtout d'une grande complexité syntaxique. Pour démontrer cela, on implémente ce mécanisme sur ordinateur pour vérifier, sur des données réelles, si le pouvoir générateur du mécanisme est suffisant pour rendre compte des comportements relevés chez les enfants. Soulignons que dans cette proposition théorique, l'argument majeur de Chomsky pour une grammaire générative, « qu'il doit exister un mécanisme linguistique permettant de générer un potentiel infini de phrases nouvelles », est conservé. En revanche, ce n'est pas le cas de sa position

quant au contrôle de cette génération, puisque ce contrôle est ici confié plus à la sémantique et à la cognition qu'à la syntaxe. Il y a implicitement un contrôle syntaxique dans l'apprentissage des énoncés lors de l'étape 2, mais il ne s'agit là que d'une reproduction des constructions de l'adulte. La partie générative de cette première version du 3-pas est purement sous contrôle sémantique.

5.2.2.2 Expérience 1

Le test expérimental a été fait à l'aide d'un matériel en langue anglaise extrait de la base CHILDES. Il s'agit du corpus de Manchester, importante base de donnée textuelle constituée d'échanges entre enfant et adulte (Theakston, Lieven, Pine, & Rowland, 1999). Ce matériel consiste en une série de 34 observations comprenant chacune 12 enregistrements d'enfants différents en interaction avec des adultes. Les enregistrements ont été transcrits et représentent en tout 215 000 énoncés d'enfants (698 000 mots) et 366 000 énoncés d'adultes (1 808 000 mots). L'algorithme est implémenté de manière itérative. Les trois étapes ci-dessous sont appliquées sur le premier des 34 enregistrements. Trois listes sont constituées, L1, L2 et L3. Les trois étapes sont à nouveau appliquées sur le second enregistrement, ce qui incrémente les contenus de L1, L2 et L3. On continue ainsi en suivant l'ordre chronologique des enregistrements. Les étapes sont :

Étape 1 : Pour chaque enregistrement, les énoncés de l'enfant constitués d'un simple mot isolé sont extraits et rajoutés à la liste L1. Il est possible de vérifier alors dans quelle mesure les mots de L1 peuvent être extraits des énoncés produits par les adultes. Pour cela, une liste annexe L-adulte, contenant tous les énoncés des adultes, est aussi constituée.

Étape 2 : Pour chaque énoncé de l'enfant comportant plusieurs mots, le nombre de mots de cet énoncé produits auparavant de manière isolée est calculé en utilisant la liste L1. Les énoncés de plusieurs mots ne comportant qu'un seul élément de L1 sont ajoutés à la liste L2. Il est également possible de vérifier dans quelle mesure les éléments de L2 sont extraits des énoncés adultes (voir liste L-adulte de l'étape 1).

Étape 3 : Les énoncés restants (qui constituent la liste L3) contiennent plus d'un seul mot produit par l'enfant de manière isolée. Ces énoncés sont utilisés

pour tester l'étape finale de l'algorithme. Le test consiste à essayer de reconstruire ces énoncés à l'aide des seuls éléments des listes L1 et L2. Il y a deux manières d'évaluer les résultats obtenus. On peut calculer le pourcentage d'énoncés complètement reconstruits. Ce calcul a l'inconvénient de ne pas faire de différence entre un énoncé presque complètement reconstitué et un énoncé non reconstitué. On peut donc aussi calculer le pourcentage de recouvrement, c'est-à-dire la proportion de mots (dans tous les énoncés) reconstruits à l'aide des listes L1 et L2. Par exemple, pour l'énoncé « The boy has gone to school », si on dispose de « The boy » et de « has gone », on ne peut reconstruire que « The boy has gone » ce qui donne un pourcentage de recouvrement de 66%.

On trouve que le pourcentage de mots de L1 présents dans les énoncés adultes est en moyenne de 72% (écart-type 10%). Pour les éléments de L2, la moyenne est de 58% (écart-type 7%). Ces deux résultats restent stables avec l'âge bien que les listes L1, L2 et L-adulte croissent en permanence. Après deux enregistrements, L1+L2 représente 11 979 mots et L-adulte 82 255 mots. Après 17 enregistrements, 89 479 et 688 802 mots. Après 34 enregistrements, 167 149 et 1 370 565 mots. Le ratio entre le nombre d'éléments de L1+L2 et de L-adulte est assez stable, évoluant entre 6 et 8.

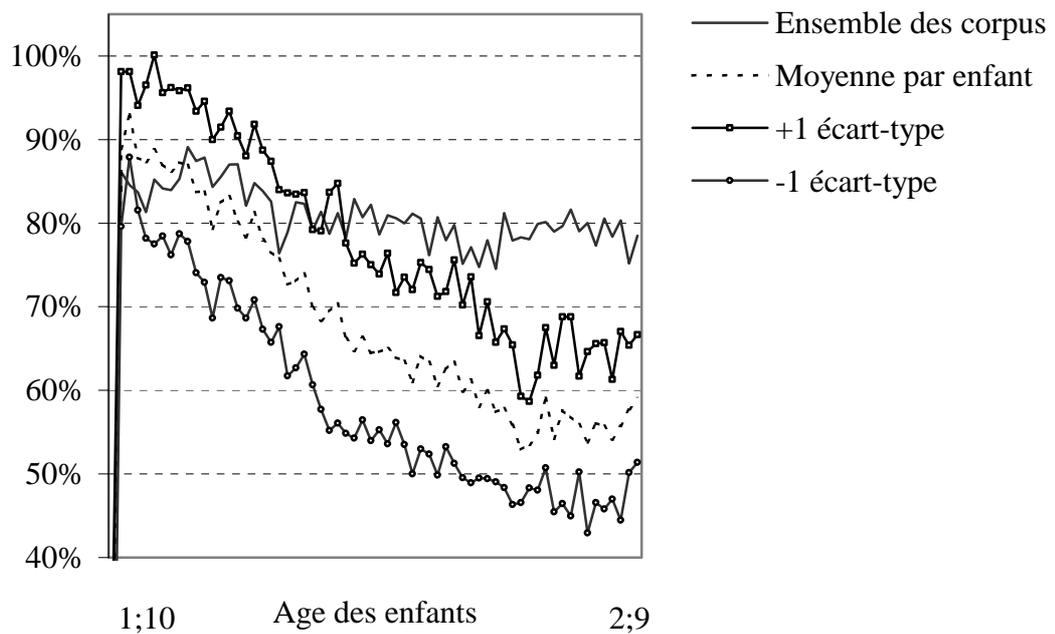


Figure 10 : Pourcentage d'énoncés complètement reconstruits

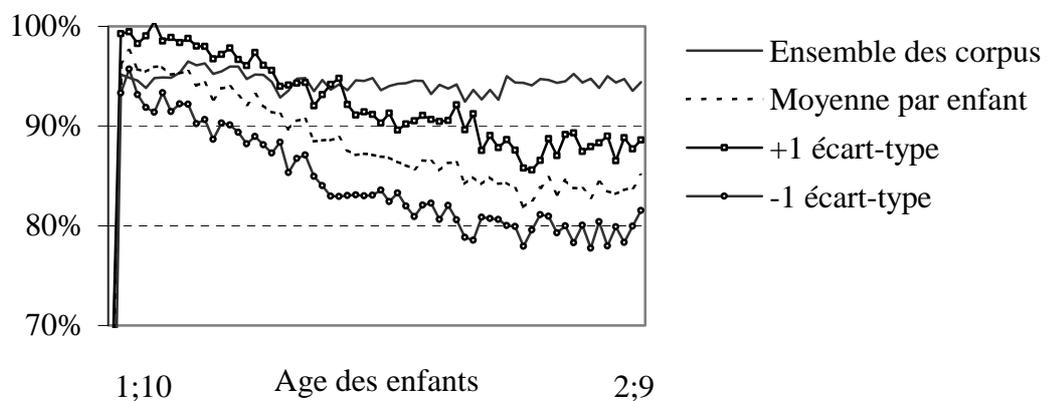


Figure 11 : Pourcentage de recouvrement des énoncés

Par contre, le ratio entre L1+L2 et L3 évolue en fonction de l'âge. Après deux enregistrements, L3 contient autant d'éléments que L1+L2. Après 17 enregistrements, L3 contient 42% d'éléments de plus que L1+L2, et après 34 enregistrements, 127% de plus. Les résultats de l'étape 3 sont présentés dans la figure 10 (pourcentage de reconstruction exacte) et la figure 11 (pourcentage de

recouvrement). Chaque point des figures correspond à la nième itération réalisée avec le nième enregistrement. La valeur moyenne représente la moyenne des pourcentages obtenus pour chacun des 12 enfants (reconstructions réalisées entre son corpus et celui de ses parents seulement). L'algorithme a aussi été appliqué à l'ensemble des corpus réunis en un seul élément. Ceci permet de réaliser un test de plus grande ampleur (corpus enfant et adulte) qui soit plus proche du nombre réel de mots produits et entendus par un enfant. Les pourcentages pour la réunion des corpus sont visualisés dans les figures par un trait continu. Ces pourcentages sont nettement plus élevés que ceux obtenus enfant par enfant. Au fur et à mesure que les enfants grandissent, les pourcentages obtenus diminuent d'une façon générale, mais de manière plus forte pour les enfants pris individuellement que pour l'ensemble des enfants, ce qui suggère un effet de taille de corpus.

L'algorithme de production présenté ici n'arrive pas dans les conditions ci-dessus à couvrir 100% des énoncés à produire. Ceci peut être une conséquence de la taille des corpus. Le corpus de tous les enfants réunis représente 408 heures de parole, c'est-à-dire de 8 à 10 semaines environ, alors qu'il suit le développement des enfants sur une année. Un effet de taille ayant été constaté, de meilleurs résultats pourraient être obtenus avec un corpus plus important.

5.2.2.3 Expérience 2

Pour compenser l'effet de taille, trois manières artificielles de simuler un corpus plus important ont été testées.

La première technique consiste à considérer que tous les mots pleins produits par l'enfant sont en fait connus de lui comme mots isolés. Il est clair que d'une part avec un corpus plus important, il y aurait plus de variété dans les mots isolés, mais que d'autre part rien n'oblige l'enfant à produire de manière isolée tous les mots qu'il sait pouvoir être produits de cette façon (sauf à proposer que la production d'un mot dans un contexte donné change son statut, ce qui est une éventualité qui n'est pas testée ici). Pour faire ce test, il suffit d'ajouter à la liste L1 tous les mots produits par l'enfant dont la catégorie lexicale fait partie des catégories qui sont produites de manière isolée. Cette liste, noms, verbes, communicateurs, adverbes, adjectifs, pronoms et adverbes relatifs, pointeurs, a été

déterminée lors des recherches précédentes (voir 5.2.1 : « Le développement initial »). Le reste du test se déroule de la même façon que précédemment.

La deuxième technique consiste à considérer que les catégories nom et verbe sont maîtrisées par l'enfant. Les noms et les verbes deviennent alors des variables libres. Pour réaliser ce test, il faut remplacer dans la liste L2 toutes les occurrences d'un nom ou d'un verbe par la variable *nom* ou la variable *verbe*. Puis dans l'étape 3, ces variables accepteront toutes les valeurs de noms ou de verbes, respectivement.

La troisième et dernière technique consiste à considérer que l'enfant maîtrise cette fois toutes les catégories syntaxiques. Pour cela, on utilise la même technique que pour les seuls noms et verbes, mais étendue à toutes les catégories lexicales. Soulignons que si les deux premières techniques ont une certaine plausibilité et peuvent éventuellement être utilisées par l'enfant, la dernière technique est tout à fait impossible à appliquer pour un enfant. Le dernier test n'a pour but que de fixer la limite absolue du pouvoir génératif de l'algorithme du 3-pas.

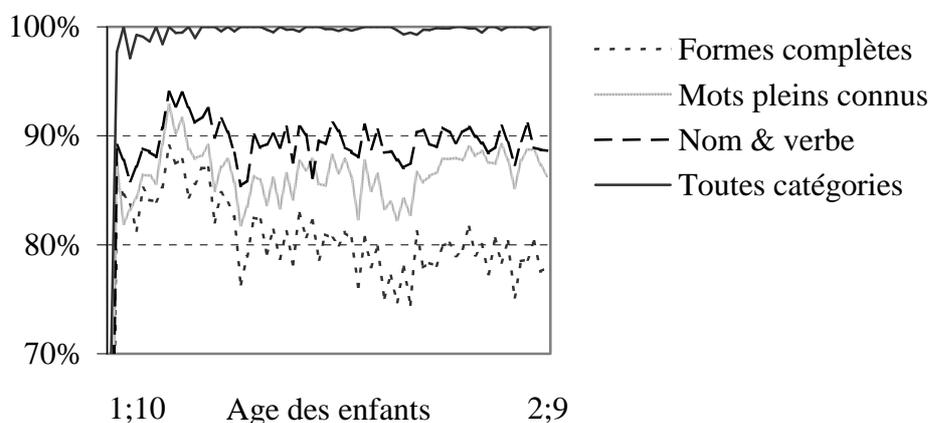


Figure 12 : Pourcentage d'énoncés complètement reconstruits



Figure 13 : Pourcentage de recouvrement des énoncés

Les résultats pour les pourcentages d'énoncés totalement reconstruits et de recouvrement partiel des énoncés sont présentés dans les figures 12 et 13. Les résultats obtenus sur les listes L1 et L2 n'ont pas beaucoup de sens pour ces expériences. Il est évident qu'en créant des catégories génériques, on augmente ces résultats et inversement, en supposant que l'enfant connaît de manière isolée tous les mots pleins qu'il utilise, on a un moins bon résultat puisque l'on n'a pas modifié le corpus adulte. Par contre, pour la liste L3, là où auparavant on obtenait pour l'ensemble des corpus un pourcentage d'énoncés totalement reconstruits de 80%, et de recouvrement partiel des énoncés de 94%, on passe à des valeurs de 86% et 96% pour le test qui considère tous les mots pleins connus de manière isolée, de 89% et 97% pour la connaissance générique des noms et des verbes, et de 99% et 100% pour celle de toutes les catégories lexicales.

Un dernier test dans la lignée du précédent a été fait pour savoir si les résultats obtenus peuvent s'étendre au-delà de l'âge de trois ans. Pour cela, c'est le corpus de Sarah de la base de données de Brown (1973), disponible sur CHILDES, qui a été utilisé. Ce corpus contient 139 enregistrements allant de l'âge de 2 ans 3 mois à l'âge de 5 ans 1 mois. Le LME évolue de 1,47 à 4,85. L'ensemble du corpus fait 99 918 mots (3990 mots différents). On réalise les mêmes tests que ci-dessus, l'algorithme du 3-pas de base, l'ajout de tous les mots pleins dans la liste L1, la connaissance générique des noms et verbes et celle de toutes les catégories lexicales.

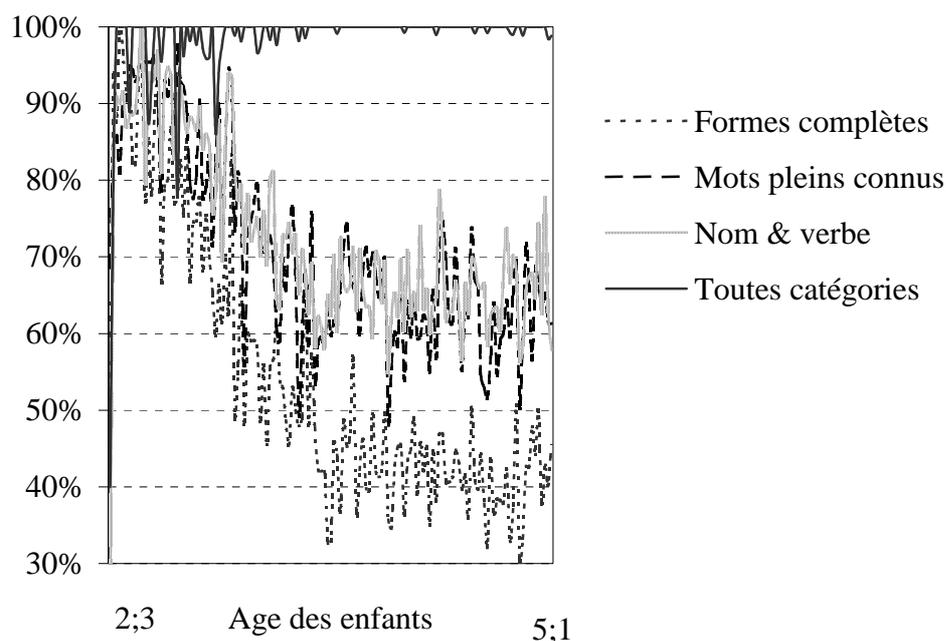


Figure 14 : Pourcentage d'énoncés complètement reconstruits

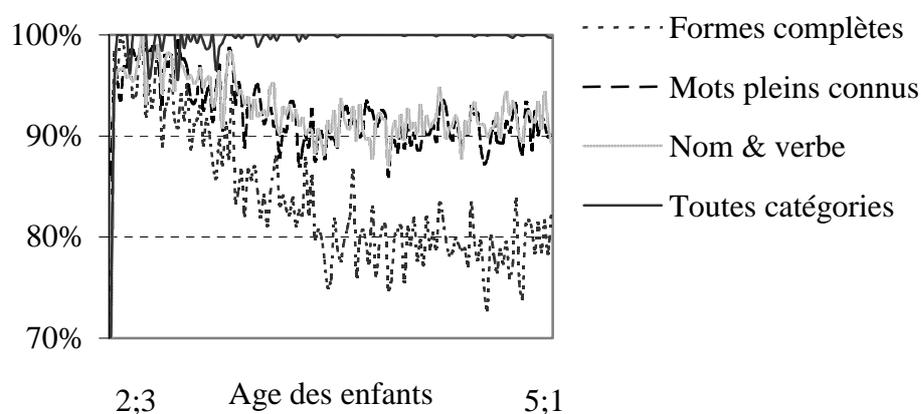


Figure 15 : Pourcentage de recouvrement des énoncés

Les figures 14 et 15 présentent l'ensemble des résultats. La valeur moyenne obtenue pour la liste L1 est de 77%, pour la liste L2 de 38%. Pour la liste L3, on obtient un pourcentage d'énoncés totalement reconstruits de 54%, et de recouvrement partiel des énoncés de 84%, on passe à des valeurs de 71% et 92% pour les tests qui considère tous les mots pleins connus de manière isolée, de 72% et 92% pour la connaissance générique des noms et des verbes et de 98% et 99% pour celle de toutes les catégories lexicales. Il faut comparer ces valeurs à celles

obtenues sur les enfants de corpus Manchester pris individuellement, c'est-à-dire les valeurs moyennes des tableaux 11 et 12. On retrouve environ les mêmes valeurs à 3 ans pour l'algorithme 3-pas standard et une chute d'environ 5% pour les valeurs après trois ans. On constate que les résultats obtenus ne chutent plus après l'âge de trois ans, ce qui permet d'envisager, premièrement l'hypothèse que le 3-pas soit utilisé jusqu'à un âge avancé, deuxièmement que le 3-pas représente une partie de la performance langagière des enfants âgés et des adultes. Il pourrait notamment être utilisé, soit pour des productions simples, soit pour des productions dans des situations où la charge cognitive ne laisse pas beaucoup de place à l'élaboration linguistique.

5.2.2.4 Discussion et analyse des inversions ou des erreurs des enfants

Le 3-pas n'atteint 100% de recouvrement des énoncés qu'à condition d'utiliser des procédures dont l'existence est peu probable. Même la maîtrise des catégories nom et verbe est largement hypothétique. Il faut probablement envisager de rediviser ces catégories en fonction de critères comme le type de dérivation morphologique (genre ou conjugaison) et le type de construction de la phrase. Il y a au moins trois types de processus linguistiques que le 3-pas n'explique pas : (1) comment l'enfant crée des catégories génériques, comment il classifie et comment il crée des prototypes ; (2) comment l'enfant apprend à générer des formes morphologiques ; (3) comment l'enfant apprend à ordonner des mots ou des groupes de mots dans une phrase, comment il apprend quelle fonction associer à l'ordre des mots, syntaxique, sémantique ou pragmatique, selon la langue et la situation de l'énonciation. Le 3-pas est incomplet et ne peut couvrir totalement que les tout débuts du langage – des propositions de réponse à cette question publiées dans la littérature ont été présentées au début de la partie développement du langage de cette thèse. Néanmoins, il semble que le 3-pas puisse recouvrir totalement le début du développement du langage, l'apparition d'autres processus pouvant être progressive et réalisée tout d'abord au coup par coup, selon une conception dite « item based », c'est-à-dire basée sur des exemples, du fonctionnement linguistique. Ceci recouvre aussi bien les théories de

Tomasello (2000b), que des travaux fondamentaux en linguistique (Skousen, 1989; Bod, 1998; Hopper, 1998; Barlow & Kemmer, 2000).

Ces éléments seront abordés à nouveau dans la partie « Conclusion et perspectives ». Il est par contre possible de tester la plausibilité de l'utilisation du 3-pas par les jeunes enfants en analysant les types d'inversions et d'erreurs que produisent les enfants. Deux éléments peuvent être contrôlés :

1. Les caractéristiques des erreurs des enfants doivent être compatibles avec l'algorithme du 3-pas.
2. Comme aucun ordre n'est spécifié dans le 3-pas, il devrait être possible de trouver des éléments utilisés indifféremment dans un ordre ou un autre. Lorsque les enfants font des erreurs ou des inversions sur l'ordre des mots, celles-ci ne doivent intervenir qu'avec des mots ou des groupes de mots utilisés de manière isolée, et jamais avec des mots utilisés seulement dans des énoncés de plusieurs mots (et encore moins des mots fonctionnels). Comme au fur et à mesure que les enfants grandissent, ils vont progressivement apprendre l'ordre standard des mots (par d'autres moyens que le 3-pas, comme suggéré ci-dessus), les erreurs d'ordre des mots doivent être plus fréquentes chez les jeunes enfants.

5.2.2.5 Résultats et discussion question 1

Comme les erreurs sont transcrites dans le corpus de Manchester, il est possible de les classer et de vérifier si elles sont compatibles avec le 3-pas. Deux formats sont utilisés pour décrire les erreurs dans ce corpus. Le premier utilise la notation « 0x [*] » où « x » est le mot qui est considéré comme manquant dans l'énoncé. Le second n'utilise qu'un « [*] » et correspond à des erreurs qui ne sont pas liées de manière évidente à un mot manquant. Des exemples du premier type sont :

CHI: what 0is [] this

CHI: Warren-0's [] hair

des exemples du deuxième type sont :

CHI: me [] play

CHI: foot-s []

Il y a 12216 erreurs signalées dans le corpus de Manchester, dont 9253 qui correspondent à des éléments manquants. Les dix types de mots les plus fréquents sont :

CHI: baby 0is [] stuck

CHI: I 0am [] write-ing

CHI: they 0have [] gone

CHI: all 0are [] eat-ing table

CHI: it 0has [] gone

CHI: Daddy-0's [] thumb

CHI: Andy want-0es [] it

CHI: there two penguin-0s []

CHI: what-'is he do-0ing []

CHI: I bang-0ed [] it

Dans ces exemples, qui ont été choisis au hasard dans les enregistrements des enfants les plus jeunes, tous les mots produits sont utilisés par l'enfant de manière isolée, ou comme un groupe formant un énoncé complet. C'est le cas notamment de *I bang*, *what-'is*, et *he do*. Il y a une exception, c'est le *I* de *I writing* ; à part cet énoncé, tous les autres sont des productions normales du 3-pas.

I writing fait partie d'une liste d'erreurs qui ne sont pas facilement ou pas du tout expliquées par le 3-pas. Les autres erreurs sont celles qui impliquent l'usage du déterminant *a* avec un mot inattendu comme par exemple *a car-s*, *a flower-s*, *a apple*, *a people*, *a same*. Il y a 121 erreurs de ce type. Une première explication pour ces erreurs est qu'il n'est pas certain que *I* et *a* ne soient jamais utilisés de manière isolée. En effet, ils apparaissent soit en fin de phrases incomplètes, soit comme éléments isolés (mais considérés dans les transcriptions du corpus de Manchester comme des énoncés incomplets, ce qui est explicitement noté comme tel par les auteurs). Dans ce cas, les énoncés ci-dessus pourrait être des produits

du 3-pas. Toutefois, cette explication n'est pas valable pour d'autres erreurs, comme celles des sur-généralisations de constructions morpholexicales comme par exemple *milk-s*, *foot-s*, *smoke-s* (166 erreurs de ce type). Toutes ces erreurs correspondent à des constructions originales à l'intérieur de groupes morpholexicaux de type «un mot plein + un certain nombre de formes fonctionnelles». Ces erreurs peuvent être générées par ce qui est appelé en anglais, le mécanisme des *slot-and-frame patterns* (Lieven et al., 1997; Pine & Lieven, 1997; Pine et al., 1998), que l'on peut traduire plus simplement par mécanisme des emplacements libres. Il s'agit de structures de la forme $p1 + x + p2$, où $p1$ et $p2$ sont des paramètres fixes qui sont constitués de un ou plusieurs mots (l'un des deux paramètres peut être vide), et x est une variable qui peut prendre toute une série de valeurs (de un ou plusieurs mots également). Il s'agit d'une variante et d'une extension du principe de mécanisme pivot de Braine. Les erreurs ci-dessus s'expliqueraient alors par des productions de type $a + x$, $I + x$, ou $x + s$. Ce mécanisme est bien attesté chez le petit enfant et pourrait se développer parallèlement au 3-pas.

Par contre, la plupart des autres erreurs des enfants peuvent être générées par le 3-pas. L'une des erreurs les plus courantes est l'utilisation de *me* ou *my* comme pronom personnel sujet obligatoire ou comme verbe d'existence, par exemple *me play*, *me sit down*, *me egg*, *me tea*, *my make a tower*, *my do that*. Il y a 615 occurrences de ce type pour *me* et 210 pour *my*. D'autres exemples du même type utilisent *no* (167 erreurs) ou *mine* (47 erreurs), par exemple *no fit*, *no away*, *mine doggie*, *mine water*. Sans passer en revue toutes les erreurs, on trouve de nombreux exemples qui donnent l'impression d'être le résultat de la concaténation de deux éléments, comme *draw another one [*] fish*, ou *I want [*] need my sock-s on*. Ces erreurs pourraient aussi être des hésitations ou des reprises des enfants.

5.2.2.6 Résultats et discussion question 2

Il y a trois types d'inversions de mots : (1) les inversions entre mots et groupes de mots correspondant à un énoncé complet – listes L1 et L2 ; (2) les inversions dans des groupes de mots de la liste L2, c'est-à-dire un mot plein et un

ou plusieurs mots fonctionnels ; (3) le reste des inversions possibles. Le taux d'inversions est calculé par rapport aux couples de mots qui apparaissent plusieurs fois. Deux scores peuvent être calculés pour une transcription : soit en considérant une inversion vis-à-vis de tous les couples de mots de tout le corpus ; soit en ne considérant que les inversions par rapport à un couple apparaissant dans la même transcription. Le premier score est plus juste parce que les chances que l'enfant inverse deux mots dans un temps réduit d'une demie-heure sont faibles, mais le deuxième score permet d'être certain que l'enfant manipule les mots dans un ordre libre, puisque leur ordre varie d'un instant à l'autre. Les résultats pour les deux scores sont donnés dans le tableau 22.

	Inversions entre groupes	Inversions morpholexicales	Toutes les inversions
Valeur par rapport à l'ensemble du corpus	22,72	5,91	23,60
Moyenne par rapport à la même transcription	12,54 (17,19)	2,05 (5,58)	10,78 (10,87)

Tableau 22 : Pourcentages d'inversions pour des couples de mots

Note : L'écart-type est fourni entre parenthèses. Il ne peut être calculé que dans le cas de la moyenne par rapport à la même transcription.

Il est possible de tester, sur les statistiques par rapport à la même transcription, si les différences de pourcentages entre types d'inversion sont significatives. La différence entre le type 1 et le type 2 est très significative, $t(11) = 5.67$, $p < 0.00001$, comme l'est celle entre le type 2 et le type 3, $t(11) = 9.40$, $p < 0.000001$. Par contre, la différence entre le type 1 et le type 3 ne l'est pas, $t(11) = 1.55$, $p = 0.07$. Des exemples de mots utilisés dans un ordre quelconque dans une même transcription sont présentés en annexe 3. Les erreurs de l'enregistrement Warren 01A donnent un bon exemple des types d'inversions produites par les enfants. Le premier type est celui de *gone Controler* et de *Controler gone*. On a ici une inversion pure de deux éléments apparemment équivalents. Le deuxième exemple est celui de *there brick there*, où l'enfant se

répète. Dans ce cas, il semble que l'enfant ne se préoccupe pas de l'ordre des mots, mais de se faire comprendre.

Les inversions à l'intérieur d'un groupe L2 sont inusuelles et il ne semble pas qu'il y ait plus de deux cas de figures. Le premier est le cas, fréquent, des inversions parfaitement correctes entre pronom et auxiliaire, comme *I can* vs. *can I*, ou *they are* vs. *are they*. Le second type comprend des répétitions comme *got a got a rabbit*, ou *in a in a minute*, et des erreurs de segmentation ou de codage. Il semble qu'en fait les inversions entre mot fonctionnel et mot plein soient effectivement impossibles, à l'exception en anglais de la construction des formes interrogatives.

D'une façon générale, le pourcentage d'inversion n'est pas très grand, moins que l'on aurait pu s'y attendre si l'ordre des mots était totalement libre. Il faut donc s'attendre à ce que le processus d'apprentissage de l'ordre des mots commence à être acquis assez tôt. Le résultat important reste que les erreurs d'inversion sont plus courantes dans un contexte sémantique que morphologique. Ce serait donc les contextes morphosyntaxiques qui seraient appris le plus tôt, c'est-à-dire les formes les plus fréquentes. Ceci est en particulier un argument pour les théories basées sur l'utilisation d'exemples comme source de connaissances linguistiques.

Enfin, notre hypothèse sur la plus grande fréquence des inversions chez les plus jeunes enfants ne semble pas se vérifier. Ceci peut entraîner deux interprétations différentes. Soit le pourcentage d'inversions est constant avec l'âge et la question se pose de faire la vérification chez l'adulte, soit l'utilisation du 3-pas se prolonge assez tard et l'ordre non-strict qu'il autorise n'a pas commencé à disparaître à l'âge de 2 ans 9 mois.

5.3 Les pathologies de développement du langage : retard et déviance

« L'apport des données du langage retardé ou déviant est particulièrement important car la réorganisation pathologique peut, à maints égards, simuler la méthode expérimentale. De plus, les déviances et les retards montrent des phases souvent si rapides dans le développement normal que leur analyse est difficile. »

Konopczynski (1995). C'est pourquoi l'étude des troubles du développement du langage est aussi importante, vis-à-vis de l'étude du langage normal, que l'étude des troubles acquis du langage chez l'adulte l'est par rapport à l'étude du langage en psychologie (voir partie 2.1 : « Principes méthodologiques »). Les pathologies de développement du langage sont aussi un thème de recherche qui a des retombées importantes en termes de santé publique au vu de la grande fréquence des troubles d'acquisition du langage. Les chiffres de prévalence varient d'une étude à l'autre et d'un pays à l'autre – voir par exemple le DSM IV (American Psychiatric Association, 1994). Pour le langage oral, on parle de 5% de troubles d'acquisition avec 1% de troubles graves. Ces chiffres sont ceux du rapport Ringard (5 juillet 2000, à consulter sur l'adresse Internet <http://www.education.gouv.fr/rapport/ringard/som.htm>) qui fait l'état des problèmes d'apprentissage du langage en France en insistant sur les besoins en recherche, notamment appliquée, dans le domaine du développement du langage. Tomblin et collaborateurs (Tomblin, Records, & Zhang, 1996; Tomblin et al., 1997) ont eux trouvés une valeur de 7,4% sur une population de 7218 enfants (avec 8% chez les garçons et 6% chez les filles). Silva (1987) avait relevé dix ans auparavant des prévalences de 3 à 15% avec une valeur médiane de 6 à 8%. Bishop (1997) quant à elle donne des valeurs allant de 3 à 8%. Dans tous les cas, le consensus est pour une prévalence assez importante qui justifie l'utilité de cette recherche. Il existe une théorie de base des pathologies du langage. C'est simplement celle du fonctionnement et du développement typique, à laquelle on adjoint l'explication de la manière dont les mécanismes normaux peuvent se dérégler. La quasi-totalité des grandes questions dans le domaine de la pathologie du langage repose en effet sur l'ignorance dans laquelle nous sommes encore quant à la connaissance du fonctionnement typique. Par voie de retour, les découvertes sur les pathologies sont d'une importance fondamentale pour la compréhension des mécanismes normaux du langage, ce qui explique d'autant plus l'intérêt et le développement de ce thème de recherche. Il y a tout de même des situations où cette théorie simple ne peut pas s'appliquer. C'est le cas lorsque, à la suite d'un trouble, l'enfant développe une structure atypique qui n'a plus de rapport avec le fonctionnement de l'enfant typique. Ce type d'explication est

toutefois plus couramment avancé dans les pathologies du développement cognitif (autisme par exemple).

5.3.1 Classification des troubles du langage chez l'enfant

Il n'existe pas de consensus fort sur une classification des troubles du langage chez l'enfant. La raison principale de cet état de fait est que l'on ne connaît que très rarement les causes physiologiques exactes des troubles, ce qui ne permet pas de faire une classification précise et approuvée par tous. On peut de ce fait opposer deux types de classifications, pragmatique ou fondamentale. Dans le premier cas, on classe les troubles en fonction de caractères comportementaux ou médicaux, dans le deuxième cas en fonction d'une théorie linguistique ou neurologique.

Le premier type de classification est le plus répandu car c'est celui que vont utiliser les médecins et qui est le fait d'organisations nationales ou internationales. Il y a en particulier deux grandes classifications, celle du DSM-IV (American Psychiatric Association, 1994) et celle de l'ICD-10 (World Health Organization, 1993) – CIM-10 en français. La classification du DSM IV, la plus connue des deux, comprend trois grandes catégories qui couvrent des déficits du langage chez l'enfant :

1. les troubles de l'apprentissage (Learning Disorders) qui comprennent les troubles de la lecture, du calcul et de l'expression écrite.
2. les troubles de la communication (Communication Disorders) qui comprennent tous les troubles dits spécifiques du langage : les troubles de l'expression (Expressive Language Disorders), les troubles mixtes perception-production (Mixed Receptive-Expressive Disorders), les troubles phonologiques et le bégaiement.
3. les troubles généraux du développement (Pervasive Developmental Disorders) qui comprennent l'autisme, le syndrome de Rett, troubles envahissants du développement (Childhood Disintegrative Disorders) et le syndrome d'Asperger.

Cette classification est utile car elle permet le dialogue avec les médecins ou les autres chercheurs mais trop générale pour différencier les troubles qu'étudient les chercheurs. La classification de l'ICD-10 comprend des catégories supplémentaires qui sont :

- les troubles secondaires à des déficits instrumentaux, auditifs ou articulatoires.
- les aphasies acquises au cours du développement et en particulier le syndrome de Landau-Kleffner et les conséquences d'une lésion hémisphérique acquise.
- le bredouillement est séparé du bégaiement.

Pour la recherche, ces classifications ne sont pas satisfaisantes car elles ne permettent pas de développer des hypothèses précises. Il est donc intéressant de présenter des classifications qui font rentrer en ligne de compte les principes perceptifs, linguistiques et cognitifs des théories du développement ou du fonctionnement cognitif. Un exemple de classification de ce type est celui de Chevrie-Muller et Narbona (1999, p. 202). Les pathologies du langage chez l'enfant y sont divisées en quatre grandes catégories : (1) les déficits des « instruments de base » (déficits anatomiques, du système phonatoire, de l'audition) ; (2) les troubles neurolinguistiques (langage oral et écrit) ; (3) le bégaiement ; (4) les troubles du langage en psychopathologie et carences de l'environnement. Dans la catégorie (4) rentrent les déficiences intellectuelles et l'autisme. La catégorie (2) est celle qui regroupe l'ensemble des troubles que l'on pourrait qualifier de purement linguistiques (Troubles Spécifiques du Développement du Langage : TSDL), c'est-à-dire ne faisant intervenir que lexicale, syntaxe ou sémantique, mais pas de problèmes moteurs ou comportementaux suspectés. Il s'agit clairement de la catégorie de trouble la plus proche de nos recherches théoriques et qu'il est utile de décrire ici plus en détail. Nous ne parlerons pas des troubles du langage écrit chez l'enfant car ceux-ci ne rentrent pas dans nos thèmes de recherche actuels. Toutefois, ces troubles peuvent être causés par des déficits du système de perception de l'écrit que nous avons étudié et décrit ci-dessus (voir section 3.3 et 3.5). De plus, bien que les troubles puissent ne concerner que le langage écrit, de nombreuses théories lient ces

troubles à des problèmes de conscience phonologique, ce qui tend à démontrer qu'il y a un continuum entre développement du langage oral et écrit.

Les troubles du langage oral à l'âge pré-scolaire sont de deux types : les troubles acquis et les troubles du développement. Les troubles acquis surviennent à la suite d'une période de développement sans histoire et ont beaucoup de points communs avec les troubles acquis de l'adulte. Théoriquement, les troubles du développement apparaissent dès le début de l'acquisition du langage, sans suivre une période d'acquisition typique. Toutefois certains troubles, comme l'autisme, peuvent apparaître après une période de développement (linguistique ou non) apparemment typique. Le trouble acquis est défini comme un trouble apparaissant après un certain âge, âge qui selon les auteurs varie de un an et demi à deux ans. Cette limite d'âge n'est pas forcément absolue. Un trouble plus tardif peut amener à une perte du langage puis à un nouveau développement. Si la perte est totale ou presque totale, alors les études réalisées sont plus proches du thème des troubles du développement que de celui des aphasies acquises comme le syndrome de Landau-Kleffner.

Les classifications des troubles relevant des troubles de la communication sont basées à la fois sur les classifications des troubles acquis adultes et sur les résultats de tests d'évaluation du langage (voir par exemple Korkman & Hakkinen Rihu, 1994). Cette classification et ces tests reproduisent la typologie dessinée par les théories modulaires qui séparent les versants perception et production, les traitements phonétiques, lexicaux, syntaxiques, sémantiques, et pragmatiques. Chaque versant présente tous les types de traitements, les traitements étant ici classés par leurs « niveaux », du plus « primaire » au plus « élaboré ». Primaire signifie proche du signal de parole, élaboré éloigné de ce signal. Les classifications usuelles sont résumées dans le tableau 23 ci-dessous (d'après Chevrie-Muller & Narbona, 1999; Van Hout, 2000), en utilisant une classification originellement proposée par Rapin et Allen (1988), sur la base d'une analogie avec les troubles acquis de langage chez l'adulte.

Type de troubles	Nom usuel des pathologies	Versants et processus concernés
Gnosiques	Agnosie (verbale)	Perception, phonétique, lexicale
Praxiques	Dyslalie, apraxie (verbale), déficit de programmation phonétique	Production, phonétique
Linguistiques	Dysphasie, dysphasie anomique, retards, trouble phonologico-syntaxique	Lexique, syntaxe, sémantique, peut-être phonétique
Psycholinguistiques	Troubles sémantico-pragmatiques	Tous sauf phonétique

Tableau 23 : Classification des troubles de développement du langage

Ce modèle de classification a un défaut, c'est qu'il ne précise ni les niveaux de gravité ni l'origine réelle des troubles. En effet, même si la thèse modulaire était complètement vérifiée, les relations et dépendances entre modules font qu'une faiblesse dans un module donné peut résulter d'une faille dans un autre module. De plus, cette incertitude est d'autant plus forte que les troubles sont faibles car ils sont alors souvent diffus. Il en résulte d'ailleurs de nombreuses controverses quant à l'origine ou la spécificité des troubles et quant à la présence de troubles cognitifs accompagnant ou non les troubles « purement langagiers » (dans le cas de TSDL) ou, inversement, de troubles subtils du langage chez des malades comme ceux souffrant du syndrome de Williams qui sont censés avoir un langage intact malgré leur fort retard mental. Si dans le cas de troubles graves, il est rarement proposé une seule étiologie pour tous les troubles du langage, des explications uniques sont proposées pour des troubles légers comme ceux des TSDL (voir Leonard, 1997, pour une revue complète de la question). C'est pourquoi la gravité des troubles influe sur leur classification et qu'il existe des situations où la classification ci-dessus révèle son insuffisance, insuffisance qui n'est d'ailleurs que la simple conséquence de notre relative ignorance des mécanismes neuronaux du langage.

Il existe un autre moyen que l'usage de classifications par typologie clinique pour diagnostiquer un trouble du langage. Il suffit pour cela de mesurer les scores

obtenus par un enfant à des tests de langage. S'il montre un retard important, alors on pourra considérer qu'il a trouble du langage. C'est de cette manière que procède la plupart des auteurs d'articles scientifiques sur le sujet. Pour différencier troubles spécifiques du langage (TSDL, aussi appelés dysphasies, cf. Gérard (1991) et Chalumeau (1995)) et troubles simples du langage, on ajoute un ensemble de critères d'exclusion :

- 1) l'enfant doit avoir un QI non-verbal au moins égal à 85 pour ne pas confondre retard mental avec retard de langage,
- 2) l'enfant ne doit pas avoir de trouble neurologique attesté,
- 3) l'enfant ne doit pas avoir de trouble attesté dans les systèmes perceptif et moteur du langage,
- 4) enfin, il ne doit pas avoir de trouble d'ordre psychologique ou social.

Les définitions exactes varient d'un chercheur à l'autre (Bishop, 1997; Leonard, 1997; Plante, 1998; Tager-Flusberg & Cooper, 1999) et le choix de tel ou tel seuil, critère d'inclusion ou critère d'exclusion peut être discuté comme l'attestent de nombreux ateliers de travail dans les congrès dédiés à l'étude des troubles du développement du langage. Ainsi, par exemple, pour le niveau de retard mental accepté, la valeur de QI acceptée peut varier de 70 à 90. L'absence de trouble d'ordre neurologique est plus ou moins bien contrôlé, l'instrument le plus précis pour détecter un problème cérébral potentiel, l'imagerie cérébrale, ne pouvant pas toujours être utilisé en raison de son danger pour l'enfant ou de son coût. L'absence de trouble perceptif est également parfois sujet de problème, sachant que dans certains cas des enfants qui n'ont pas de problèmes auditifs sur des sons purs peuvent avoir des difficultés pour analyser des sons de parole (d'où l'hypothèse théorique de Paula Tallal et collaborateurs). Enfin, le dernier critère d'exclusion permet de ne pas confondre trouble du langage avec d'autres troubles comme notamment l'autisme ou l'hyperactivité.

Il faut également définir la valeur de « retard » considérée comme critique qui est le seul critère inclusif. Leonard (1997) donne comme définition du retard de langage la valeur de -1,25 écart-type sur l'ensemble des mesures de langage. Certains auteurs utilisent la notion de différence entre QI verbal et QI non-verbal,

en exigeant une valeur de QI non-verbal supérieure à celle du QI verbal d'au moins 20 points. D'autres auteurs mesurent la différence entre l'âge réel de l'enfant et son âge en termes de performances de langage : un retard de 12 mois en production de langage est considéré significatif. Les critères de diagnostic du DSM IV ne font pas de distinction entre les enfants ayant ou non des troubles neurologiques associés aux troubles du langage, ni entre le retard de langage et la déviance. Si les chercheurs font souvent attention à la première distinction dans le choix de leurs sujets de recherche, il y a souvent un mélange dans la littérature anglo-saxonne entre retard et déviance, ce qui peut amener à des problèmes d'interprétation des troubles du langage de l'enfant (Bishop, 1992). La définition du TSDL pose donc deux types de problèmes. 1) Comment le différencier des simples retards (Gérard, 1991) et des troubles plus graves et dont la cause neurophysiologique est encore inconnue ? 2) Est-ce qu'il y a un seul type de TSDL ou plusieurs ? Les deux questions sont liées.

Il est impossible de répondre à la première question actuellement. On définit le retard par le fait que l'apprentissage est plus lent mais se déroule normalement en suivant les mêmes étapes que le développement typique et finit, en théorie, par disparaître. Dans la pratique, les retards accumulés ont souvent de graves incidences sur le développement cognitif et social des enfants (voir le rapport Ringard). Le diagnostic précoce du retard est difficile car il faudrait connaître les causes des troubles, et donc pouvoir attester l'existence et mesurer la gravité d'un problème neurologique. Comme c'est impossible, on utilise des normes pour évaluer le développement de l'enfant et émettre un avis diagnostique. Toutefois, dans certains cas, la production de structures clairement déviantes peut permettre de faire la différence entre retard et trouble grave (cf. Gérard, 1991). La deuxième question est l'objet d'un débat dans la littérature (Aram, 1991; Bishop, 1997, p. 35-37; Leonard, 1997, p. 23-25) et, notamment, il paraît raisonnable de faire une différence entre les enfants présentant seulement un problème en production, ceux présentant des problèmes perceptifs et ceux présentant des problèmes dans tous les types de performance. En fait, on retombe un peu sur les classifications générales des troubles du langage, ce qui pose à nouveau le problème de savoir s'il y a une différence entre les TSDL et les dysphasies de développement.

Nous décrivons ci-dessous deux cas sur lesquels nos études ont porté jusqu'ici, l'autisme qui est un trouble d'ordre cognitif, et un trouble du développement qui fait suite à un trouble neurologique identifié.

5.3.2 Le cas des enfants autistes

L'autisme est un trouble du développement qui apparaît avant l'âge de trois ans. Le diagnostic n'est toutefois que rarement proposé avant l'âge de trois ou quatre ans. En effet, les symptômes de l'autisme ne sont pas clairement définis dans la mesure où on ne connaît pas l'origine physiologique de ce trouble. On est obligé de recourir à un faisceau d'indices convergents, comme ceux du DSM-IV (American Psychiatric Association, 1994) ou de l'ICD-10 (World Health Organization, 1993). L'autisme se caractérise principalement par un désordre grave du comportement social, et en particulier une incapacité totale d'avoir une relation avec autrui ou de comprendre comment fonctionne une telle relation – ceci dans les cas où les malades ont un langage suffisamment développé pour exprimer leurs problèmes. Ainsi, le plus souvent on ne trouve pas de jeu spontané avec autrui, pas de recherche de contact, un refus ou une incapacité de croiser le regard de l'autre. Les comportements des autistes sont la plupart du temps très répétitifs, stéréotypés et peu imaginatifs. Les changements dans les routines quotidiennes sont en général traumatisantes pour le malade. Ce trouble s'accompagne presque systématiquement d'un grave problème de développement du langage. La moitié des autistes ne parle pas (Wing, 1976). Enfin beaucoup d'autistes ont des problèmes dans les fonctions exécutives, parfois des troubles moteurs (Carr, 1976). De plus une proportion importante (de 11 à 37%) des autistes ont d'autres troubles, souvent d'origine génétique connue (Gillberg & Coleman, 1996).

L'autisme est fondamentalement un trouble de la communication sociale, ce qui explique qu'on regroupe sous la même étiquette des comportements aussi variés et qu'on puisse encore chercher une cause physiologique commune à ces troubles. De fait, la variété des comportements n'a d'égale en ce domaine que la variété des causes physiologiques qui ont été avancées pour expliquer l'apparition de ce syndrome. De nombreuses différences ont été trouvées dans la morphologie

cérébrale, mais la plupart du temps, les résultats sont contradictoires d'une étude à l'autre, ou peu significatifs, surtout en l'absence d'une compréhension complète des variations normales du développement cérébral. De plus comme il s'agit d'un trouble du développement, il est difficile de savoir si les différences observées sont les causes ou les conséquences des troubles. Par exemple, un volume cérébral plus important a souvent été associé à l'autisme (Hardan, Minshew, Mallikarjun, & Keshavan, 2000), mais, dans le cas où cette différence viendrait d'une insuffisance dans la suppression des neurones, synapses et axones inutiles, cette insuffisance est-elle le résultat d'un apprentissage impossible ou difficile, ou la cause de ces problèmes ? De la même façon, il existe une théorie qui associe l'autisme à un déficit dans l'amygdale temporale car cette zone cérébrale est associée à la gestion de l'émotion et de l'affectivité. Des chercheurs ont effectivement trouvé une hypo-activation de cette zone (Baron-Cohen et al., 2000). Si les autistes n'ont pas de réactions affectives, il est normal qu'ils ne sollicitent pas cette zone. Inversement, si cette zone est non fonctionnelle, des troubles de l'affection sont prévisibles. La direction de la flèche de la causalité est ici impossible à déterminer. Seule l'observation précoce de très jeunes enfants pourra un jour apporter des réponses.

En attendant des réponses précises sur la neurophysiologie de l'autisme, cette pathologie présente des caractéristiques uniques pour étudier les rapports entre développement de la cognition et du langage (Parijsse, 1999). Il y a un rapport direct chez les autistes entre QI et développement du langage. En effet, seuls les plus intelligents des autistes parviennent à parler. Ceci ne signifie pas pour autant que l'intelligence est nécessaire pour le langage, car même des enfants très atteints peuvent produire quelques mots ou répéter des séquences mot à mot. Cela signifie plutôt que, soit cette intelligence leur permet de trouver des moyens de compenser leurs carences de communication sociale ou des raisons pour se forcer à parler, soit que cette intelligence supérieure ne fait qu'exprimer un trouble moins grave. On ne peut tirer des conclusions de l'observation des autistes quant à la modularité du langage car, même si un tel système modulaire était totalement préservé, encore faudrait-il qu'il soit sollicité par le reste du système cérébral pour fonctionner. En fait, on peut montrer que le langage des autistes reflète leur

particularités cognitives et non des troubles de langage proprement dit, ce qui confirmerait l'idée de Happé (1999) comme quoi l'autisme pourrait être un « style cognitif ».

5.3.2.1 Matériel

Pour cette étude, nous avons utilisé le matériel de Tagger-Flusberg et Calkins (Tagger-Flusberg et al., 1990; Tagger-Flusberg & Calkins, 1990; Tagger-Flusberg, 1994), disponible sur CHILDES. Ces auteurs ont étudié des autistes ayant un haut niveau de développement. Il a été possible de montrer que les imitations des autistes n'étaient pas plus complexes que leur langage spontané et ne pouvaient donc pas être considérées comme un moyen de faciliter l'apprentissage du langage (Tagger-Flusberg & Calkins, 1990). Cette conclusion est très importante car les autistes sont en général considérés comme produisant une proportion élevée d'imitations. Si l'imitation était un moyen de progresser dans la maîtrise du langage, les autistes pourraient être restés bloqués au stade de l'imitation. Comme il ne semble pas que ce soit le cas, il faut chercher des réponses ailleurs. Une autre de ces études (Tagger-Flusberg et al., 1990) a montré que le développement du langage des autistes suivait le même chemin, lexical et syntaxique, que des enfants trisomiques et des enfants sans trouble de langage, ce qui confirme le résultat d'études antérieures. Le langage de autistes n'apparaît pas déficient dans sa structure formelle, mais dans le fait qu'il remplit un nombre de fonctions réduit, avec en particulier un manque dans les fonctions du discours et les relations entre locuteurs.

L'étude que nous avons réalisée sur les données de ces auteurs a pour but de voir en quoi la nature lexicale des productions des autistes diffère de celle de leurs parents, et ceci dans leurs productions originales et dans leurs répétitions. Les résultats obtenus avec les corpus des autistes ont été comparés avec ceux obtenus dans des corpus d'enfants typiques et d'enfants ayant des troubles spécifiques du développement du langage (TSDL). Pour les TSDL, le corpus de Conti-Ramsden a été retenu (Conti-Ramsden & Dykins, 1991; Conti-Ramsden & Jones, 1997). Pour les enfants typiques, le corpus de Conti-Ramsden et celui de Wells (Wells, 1981) ont été retenus. Dans le corpus de Conti-Ramsden, les enfants typiques et

les TSDL ont été séparés en deux corpus appelés *CR TSDL* et *CR Typiques*. Dans le corpus de Wells, les enfants âgés de un an 6 mois à deux ans d'une part, et de deux ans à deux ans 6 mois d'autre part, ont été regroupés en deux corpus différents appelés *Wells-1* et *Wells-2*. Enfin, dans le corpus de Tagger-Flusberg, les enfants autistes et les enfants trisomiques ont été regroupés en deux corpus appelés *Autistes* et *Trisomiques*.

5.3.2.2 Méthodes et résultats

Les pourcentages d'imitation et de répétition ont été calculés pour tous ces corpus dans le but de confirmer et d'étendre les résultats de Tagger-Flusberg et Calkins (1990). Les deux groupes d'autistes et de trisomiques ont un taux d'imitation plus fort que les autres groupes (17,6% et 18,7% contre des taux de 14,4% à 6,6% pour les autres groupes). Seuls les enfants les plus vieux du corpus de Wells (Wells-2) ont un taux d'imitation significativement plus faible que les autres. Par contre, ils ont le même taux de répétition. Seuls les plus jeunes enfants du corpus de Wells ont un taux de répétition très élevé (20,9% alors que les autres vont de 6,2% à 9,7%). Lorsque l'on sépare les énoncés d'un seul mot, qui sont souvent chez l'enfant des routines ou des expressions immédiates (en particulier les interjections), on constate que le taux d'imitation des autistes est plus faible que celui des trisomiques et équivalent à celui des autres enfants (à l'exception du corpus Wells-2). Inversement, si l'on ne considère que les énoncés d'au moins deux mots, alors les autistes imitent plus que tous les autres enfants et les trisomiques imitent à peine plus que les autres (de manière non significative).

Pour étudier plus précisément la nature des imitations et répétitions, tous les corpus ont été étiquetés avec MOR et POST (voir ci-dessus) afin de connaître la structure lexicale des énoncés et de la comparer avec celle des adultes (tous les corpus contiennent les transcriptions des énoncés des adultes et donc les comparaisons sont faites à l'intérieur d'un même corpus). La comparaison de l'usage des classes lexicales entre enfants et adultes révèle une répartition très proche pour les différents groupes d'enfants (voir Parisse, 1999, pour des résultats complets). Seule la classe des verbes est plus développée chez les autistes et les enfants âgés du corpus de Wells, mais il est possible que cette différence ne révèle

qu'un état plus avancé du développement langagier chez ces enfants. Il n'y a que dans la classe des communicateurs que les autistes se différencient des autres enfants. Ils n'en produisent pas plus que les adultes alors que c'est le cas pour toutes les autres catégories d'enfants qui produisent beaucoup plus – de deux fois plus à trois fois plus – de communicateurs que les adultes. Il est également possible de réaliser un calcul de corrélation entre les distributions lexicales des enfants et des adultes. Les résultats de ces calculs sont présentés dans la figure 16 où on trouve les valeurs calculées pour l'ensemble des corpus ainsi que les valeurs pour les imitations seulement, pour les répétitions, les énoncés qui ne sont ni des imitations, ni des répétitions et enfin les imitations de mots isolés et d'énoncés de plusieurs mots. On constate dans la figure 16 que les corrélations entre les autistes et leurs parents sont plus fortes que celles des autres enfants, et ceci dans tous les cas de figure sauf pour les énoncés qui ne sont ni des imitations, ni des répétitions.

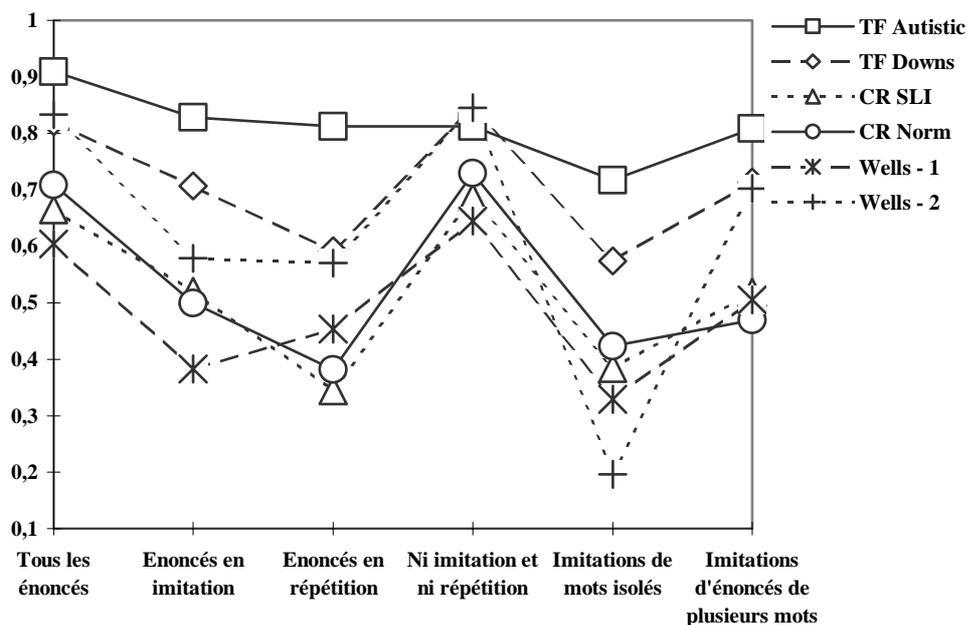


Figure 16 : Corrélations entre distributions lexicales des enfants et des adultes selon le type d'énoncé

Les résultats obtenus avec la classe des communicateurs et des pronoms démonstratifs incitent à faire une étude plus précise de ces catégories. Une étude a

portée spécifiquement sur les mots *there, that, oh, ah* et *uh*, ainsi que leurs variantes comme *oooh*. Les résultats sont présentés dans le tableau 24. On constate que les autistes produisent ces mots en nombre beaucoup plus faible que tous les autres groupes d'enfants et de manière très significative. Ils produisent également moins souvent ces mots que leurs parents, à l'inverse de la totalité des autres groupes. Les différences les plus flagrantes sont entre les autistes et le corpus Wells-2. Dans ce cas, les parents des deux groupes produisent ces mots en nombre identique alors que d'un côté les enfants produisent deux fois moins de ces mots et de l'autre côté une fois et demie plus.

		TF Autistic	TF Downs	CR TSDL	CR Typique	Wells-1	Wells-2
% enfants	M	1,53 ^{***}	4,42	6,76	8,38	9,76	4,81 [*]
	SD	1,26	2,54	4,35	4,92	8,60	4,61
% adultes	M	2,66	4,34 ^{***}	6,67 ^{**}	8,15	4,34	2,97 ^{***}
	SD	1,04	1,12	1,90	1,79	1,32	1,52

Tableau 24 : Pourcentages d'énoncés formés de pointeurs utilisés en mots isolés (oh, ah, uh, ooh, aah, uuh, aaah, uuuh, there, that)

Note: ^{*} la différence entre cette moyenne et la moyenne immédiatement supérieure a une valeur significative inférieure à 0,05 ; ^{**} valeur significative inférieure à 0,005 ; ^{***} valeur significative inférieure à 0,00005. (M représente la moyenne, SD l'écart-type).

5.3.2.3 Discussion

Les résultats qui ont été obtenus, et en particulier ceux de la figure 16, montrent que ce n'est pas tant la quantité d'imitations et de répétitions qui distingue les autistes des autres enfants, mais la qualité de ces imitations et répétitions. Ainsi, les corrélations entre distribution de catégories lexicales ne changent pas chez les autistes selon que ceux-ci produisent des imitations ou des énoncés originaux. Cette uniformité est spécifique des autistes et ne se retrouve chez aucun autre groupe d'enfants. Également, la nature lexicale des imitations en

mots isolés est différente de celle des énoncés de plusieurs mots, sauf chez les autistes. Ceci tend à montrer que les imitations chez les enfants typiques ne sont produites que dans certaines parties des échanges, en fonction de circonstances spécifiques. Inversement, les autistes imitent de manière beaucoup plus systématique, ce qui peut expliquer que l'on remarque souvent ces imitations. Elles sont hors contexte et ne suivent pas le schéma classique des échanges enfant-adulte.

5.3.2.4 Quelle théorie pour l'autisme ?

Une revue de détail des théories de l'autisme peut se trouver dans de nombreux travaux (Fay & Schuler, 1980; Frith, 1989; Happé, 1994; Baron-Cohen, 1995; Greenspan & Benderly, 1997; Happé, 1999; Parisse, 1999; Baron-Cohen et al., 2000). Deux types de théories existent. D'une part des théories qui ont plus un caractère descriptif et qui s'appliquent essentiellement aux autistes les plus développés, comme en particulier la théorie impliquant un trouble de la théorie de l'esprit. La théorie d'un trouble des fonctions exécutives peut au contraire s'appliquer aussi à des autistes très gravement atteints, mais n'explique pas d'où vient ce trouble. De plus, cette théorie n'explique pas très bien les problèmes de la théorie de l'esprit. A côté de ces théories descriptives existent de nombreuses propositions quant à l'origine physiologique des troubles mais, comme cela a déjà été dit ci-dessus, les propositions sont très contradictoires et les résultats souvent variés et difficiles à reproduire.

Il n'y a pas encore de consensus entre une théorie et une autre et il est fort possible que plusieurs étiologies existent. En particulier, est-il justifié de supposer que les autistes hautement fonctionnels sont atteints du même syndrome que les malades les plus gravement atteints ? Le manque de théorie de l'esprit pourrait, par exemple, être une description adéquate d'un état mental provoqué par des causes très variées. Dans ce cas, les points communs entre les autistes serait leur comportement et il faudrait les classer en sous-catégories selon leurs troubles physiologiques réels. Il reste néanmoins troublant de constater que le repli sur soi n'est pas synonyme de très faible intelligence ni de retard très grave et que la crainte d'autrui, apparaissant dès le début du syndrome, est bien une

caractéristique originale de l'autisme. Comme on ne trouve pas d'explication localiste convaincante, il est possible que l'autisme soit un résultat d'un défaut du processus de développement neuronal, processus encore assez peu compris (voir Parisse, 1999). Il semble en tout cas fort probable que la compréhension de l'autisme doive attendre celle des mécanismes neuronaux.

5.3.3 Troubles du développement consécutifs à des troubles neurologiques identifiés – Un cas d'hémisphérectomie

Certains troubles neurologiques graves amènent à l'obligation d'effectuer chez certains enfants une hémisphérectomie –résection d'un hémisphère complet du cerveau– ou un hémiphérotomie pour les opérations récentes – déconnexion chirurgicale de tout l'hémisphère sans résection. En dépit de sa gravité, si cette opération est réalisée chez un sujet suffisamment jeune, la récupération peut être complète (Mariotti, Iuvone, Torrioli, & Silveri, 1998). Opérée plus tardivement, la récupération est beaucoup plus problématique (Vargha-Khadem et al., 1997). Ces patients sont étudiés avec soin et attention car ils représentent des arguments qui plaident pour ou contre les théories de localisation et de latéralisation des activités cérébrales. Le taux de récupération des fonctions mentales en fonction de l'âge du sujet lors de l'opération est également crucial pour la recherche car il permet de mesurer la diminution de la plasticité cérébrale avec l'âge et de mieux comprendre l'influence des mécanismes du développement cérébral. L'exemple qui est présenté ci-dessous (voir Parisse & Le Normand, 1999) est celui d'un enfant, AB, qui regroupe les deux caractéristiques décrites ci-dessus. Cet enfant a souffert d'un syndrome HHE (hémiplégie hémiconvulsion épilepsie), depuis l'âge de 8 mois jusqu'à son opération à l'âge de 5 ans et demi (épilepsie de Sturge-Weber). Il a souffert pendant cette période de plusieurs crises hémicorporelles par jour en dépit de son traitement médical. À l'âge de 5 ans et demi, il a enfin été traité par intervention chirurgicale sous la forme d'une hémisphérotomie gauche, ce qui le met dans une situation critique car cet enfant a dépassé l'âge de plasticité cérébrale maximale et ne possède plus l'hémisphère qui développe le plus souvent le langage, le gauche. L'histoire médicale de cet enfant ne lui a jamais permis, avant son opération, de développer normalement langage ou cognition (à cinq ans,

il présente un âge de développement approximatif de 21 mois, pas de résultats de test de langage précis disponibles).

Âge	6;2	6;4	6;6	6;8	6;11	7;11
Désignation	<i>aucune</i>	<i>aucune</i>	3/30	3/30	5/30	28/30
Usage des prépositions	<i>aucun</i>	<i>aucun</i>	6/18	6/18	6/18	6/18
Narration	<i>aucune</i>	<i>aucune</i>	4/14	3/14	4/14	12/14
Dénomination	<i>aucune</i>	<i>aucune</i>	3/33	3/33	7/33	15/33
Répétition	<i>aucune</i>	<i>aucune</i>	<i>aucune</i>	<i>aucune</i>	9/33	31/33
Diversité lexicale	32/82	37/52	37/108	53/122	98/272	63/183
Nb d'énoncés	56	41	87	86	196	68
LME en mots	1,5	1,3	1,4	1,4	1,3	2,7
Proportion de phonèmes manquants	6,5%	7,5%	4,7%	9,7%	7,8%	7,8%
Proportions d'énoncés sans erreur phonétique	46%	51%	51%	40%	35%	76%
Proportions d'énoncés avec des phonèmes manquants	14%	24%	22%	26%	28%	22%
Proportions d'énoncés avec d'autres types d'erreurs	39%	24%	27%	34%	37%	2%
Longueur phonétique moyenne	4,11	4,83	4,11	4,21	4,78	8,25

Tableau 25 : Caractéristiques langagières de AB

Cet enfant a été vu six fois de l'âge de 6 ans 2 mois à 7 ans 11 mois. Son langage a été évalué régulièrement avec une batterie de tests psycholinguistiques standardisés et le protocole de la maison de famille a été utilisé pour tester sa production spontanée – voir tableau 25. Lors de la première session, le langage de l'enfant était difficilement intelligible et très peu fluent. Lors de la dernière session, son langage était devenu plus intelligible et fluent, bien que son vocabulaire et sa syntaxe ne se soient pas améliorés. De plus, en dépit d'une beaucoup plus grande variété phonétique, le nombre d'erreurs phonétiques reste important. Par exemple, jusqu'à 10% de phonèmes attendus ne sont pas produits,

et certaines consonnes sont encore absentes. AB tend à confondre l'usage de /p/, /b/, /t/, avec celui de /d/, /ð/ avec /ã/, et /'o'/, /u/ avec /e/. Sa prononciation n'est pas toujours précise et certains mots fréquents sont produits de manière différente au cours de la même session (par exemple, "fermé" est prononcé /fame/, /feme/, /feRme/). Les tableaux qui suivent décrivent les caractéristiques phonétiques de AB (liste intégrale des phonèmes produits, substitutions de phonèmes, liste des phonèmes non produits).

Âge	6;2	6;4	6;6	6;8	6;11
Phonèmes en position initiale	k g b ʃ a e u y i ã õ ě	k g b ʃ a o œ e u i ã õ w	p t k b d g v m a o œ e u y i ã õ	p t k b d g f s v ʒ n m a o œ e i õ ě	p t k b d g f s ʃ v n m l R a o œ e u y i ã õ w
Phonèmes en position médiane	b d g v a o œ e ã ě	b d g v n l a o œ e ã õ ě	p t k b d g f v ʒ m l R a o e u	p t k b d g f ʃ n m l a o œ e u i ã õ w	p t k b d g s v z ʒ n m l R a o œ e u y i ã õ ě w
Phonèmes en position finale	p t a œ e u y i ã ě	p t a o œ e u i ã ě	p t k b m l R a o œ e u y i ã j	p t k f n m l a o e u y i ã õ ě j	p t k b d g s ʃ v z ʒ n m l R a o œ e u y i ã õ ě

Tableau 26 : Liste des phonèmes produits par AB

Voyelles											
	<i>a</i>	<i>e</i>	<i>œ</i>	<i>o</i>	<i>i</i>	<i>Y</i>	<i>u</i>	<i>ã</i>	<i>ě</i>	<i>õ</i>	<i>w</i>
<i>a</i>		1		2			<i>l</i>				
<i>e</i>			1		2					1	
<i>œ</i>	1,1			1				1		1,5	
<i>ø</i>											
<i>o</i>							<i>l,1</i>	<i>l</i>		<i>l,2</i>	
<i>u</i>											
<i>y</i>											
<i>ã</i>											
<i>ě</i>	1							<i>l</i>			

Consonnes												
	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>g</i>	<i>s</i>	<i>f</i>	<i>ʃ</i>	<i>ʒ</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>R</i>
<i>p</i>		3										
<i>t</i>	4											
<i>k</i>												
<i>b</i>				10								
<i>d</i>			1									
<i>g</i>				2								
<i>s</i>												
<i>ʃ</i>										<i>l</i>		

Tableau 27 : Substitutions à 6ans 2 mois (en gras), à 6 ans 4 mois (en italique), et à 6 ans 6 mois (en caractères normaux)

		Voyelles										
		a	e	œ	o	i	Y	u	Ã	ě	õ	w
a			<i>4</i>		<i>l</i>							
e		1,2		<i>l</i>		1,l		<i>2</i>				
œ		1,3	2		2		1		1	<i>l</i>	1,2	
ø												
o				<i>l</i>				1,3	<i>l</i>		<i>l</i>	
u												<i>l</i>
y								1				
ã											<i>2</i>	
ě												

		Consonnes											
		p	t	b	d	g	s	f	ʃ	ʒ	m	n	R
p			1	<i>l</i>	<i>4</i>	<i>l</i>		<i>l</i>	<i>l</i>				
t		1		<i>l</i>							<i>l</i>		
k		<i>l</i>											
b		<i>l</i>			1								
d										1			
g					4								
s								<i>3</i>	<i>l</i>				
ʃ				<i>l</i>	1		<i>l</i>					<i>l</i>	

Tableau 28: Substitutions à 6 ans 8 mois (en gras) et à 6 ans 11 mois (en italique)

Âge	a	e	i	y	u	ã	õ	p	t	b	g	s	ʃ	v	z	ʒ	m	l	R	
6;2												<i>2</i>		<i>1</i>				<i>2</i>	<i>10</i>	
6;4	<i>1</i>							<i>1</i>	<i>1</i>			<i>2</i>			<i>1</i>				<i>9</i>	
6;6	<i>2</i>					<i>3</i>				<i>2</i>			<i>1</i>				<i>1</i>	<i>1</i>	<i>6</i>	
6;8		<i>3</i>	<i>2</i>			<i>3</i>	<i>2</i>	<i>2</i>			<i>1</i>	<i>2</i>					<i>2</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>13</i>
6;11	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>		<i>2</i>	<i>2</i>	<i>1</i>								<i>16</i>	<i>46</i>

Tableau 29 : Phonèmes manquants de AB

L'observation détaillée de la phonétique de AB de l'âge de 6 ans 2 mois à 6 ans 11 mois permet de constater un progrès important. Bien qu'il fasse encore beaucoup d'erreurs, AB est passé d'une phonétique très incomplète et hésitante à une grande variété phonétique et une prononciation nette. Ceci ne lui a pas permis de progresser en LME syntaxique en même temps, mais cet enfant a maintenant

les capacités phonétiques qui peuvent lui permettre cette progression. Il a, d'une façon très grossière, développé les stratégies de langage que l'enfant acquiert typiquement dans sa seconde année. Il est parti d'une capacité attestée mais peu maîtrisée à nommer des objets, situations et personnes. A la fin de l'année, cette capacité est maintenant maîtrisée avec un vocabulaire accru. AB est maintenant arrivé à un point où ses capacités phonétiques vont lui permettre de développer son vocabulaire, mais surtout sa syntaxe, comme cela est suggéré par des auteurs comme Bates (1997) qui considèrent que les développements du lexique et de la syntaxe sont liés et peuvent se nourrir l'un de l'autre. C'est ce qui se vérifie avec les données à 7 ans 11 mois. Un an après avoir acquis une maîtrise phonétique et une fluence suffisante, AB est rentré dans l'acquisition de la morphologie. Sa phonétique est maintenant très bonne même si sa diction n'est pas toujours très claire. Seuls quelques mots lui posent de réels problèmes en prononciation. Le devenir linguistique de l'enfant reste toutefois encore une grande inconnue. Il est actuellement à un stade langagier proche d'un enfant de 2 ans et demi, et il lui faut encore beaucoup progresser pour atteindre une maîtrise complète de la langue, car le passage des premiers assemblages de deux ans et demi aux constructions complexes de l'enfant de cinq ans reste à faire, ce qui, à l'âge réel de AB, ne sera pas forcément possible. Il a encore notamment de grosses faiblesses morphosyntaxiques avec très peu de pronoms et encore un léger manque de l'article obligatoire. Il sera ainsi très important de pouvoir suivre cet enfant pour vérifier si l'évolution favorable qu'il connaît peut se prolonger et jusqu'où. Il existe de tels cas dans la littérature et il est très instructif d'essayer de comprendre ce qui fait la réussite ou non de l'apprentissage du langage suite à une hémisphérectomie tardive.

6 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les travaux que nous avons réalisés jusqu'ici nous ont amené à définir quatre axes de recherche dans nos travaux en cours ou en préparation. Premièrement, il reste encore beaucoup de travail prospectif à faire sur le développement de la phonétique de l'âge de un an et demi à deux ans et demi et de la syntaxe de l'âge de trois à cinq ans. Deuxièmement, l'étude des troubles d'apprentissage du langage est nécessaire pour apporter des réponses quant à la manière dont le système nerveux réalise les fonctions linguistiques. Troisièmement, il serait nécessaire de développer encore la notion de traitement global et local en faisant d'abord des propositions similaires pour la reconnaissance de formes orales à celles que nous avons faites pour la reconnaissance de formes écrites, puis ensuite de montrer comment la notion de développement est liée à la notion de traitement global puis local. Quatrièmement, aucune des théories actuelles du développement du langage et du langage en général ne nous satisfait pleinement et nous terminerons cette partie conclusion et perspectives en expliquant les critiques que nous faisons aux théories actuelles et pourquoi nous avons le sentiment qu'il faut travailler à construire une théorie vraiment nouvelle et non une simple modification d'une théorie existante.

6.1 Perspectives générales

6.1.1 *Phonétique, phonologie, morpho-syntaxe*

Le besoin d'un travail prospectif sur la phonétique et la syntaxe du petit enfant s'explique par le fait qu'il existe peu de travaux qui utilisent les mêmes méthodes que nous, c'est-à-dire en particulier des grands corpus de langage d'enfants et une comparaison avec le langage adulte portant elle-même sur de grands volumes de données. Le but ultime serait bien sûr de disposer d'un corpus couvrant la totalité des interactions et des environnements linguistiques d'un enfant de sa naissance (et même avant puisque l'enfant apprend déjà la mélodie de

sa langue in-utero) à l'âge de cinq ou six ans. De plus, la variabilité d'un enfant à l'autre impose le recueil et l'analyse de plus d'un corpus de ce type. En attendant qu'une telle réalisation soit possible ou puisse être approchée, il est nécessaire d'utiliser les plus grands corpus possibles. Ce travail est en cours de trois manières : 1) certaines modifications de POST sont en développement afin d'abord d'encore améliorer la qualité d'étiquetage et d'extraire automatiquement les structures syntaxiques utilisées par l'enfant comme le groupe nominal, le groupe verbal, les structures sujet-verbe, verbe-objet, sujet-verbe-objet, etc. ; 2) nous étudions actuellement le développement de la syntaxe de l'enfant de langue française de l'âge de deux à quatre ans grâce au corpus de référence rassemblé par Marie-Thérèse Le Normand ; 3) nous poursuivons cette étude sur des retranscriptions d'enfants passant l'épreuve du jeu du bain (BEPL-B, Chevrie-Muller et al., 1988). Ce dernier corpus contient les retranscription des enfants et des adultes. Enfin, la retranscription de l'épreuve de la chute dans la boue (EEL, Chevrie-Muller, M., & Decante, 1981), épreuve de narration adaptée à des enfants de quatre à huit ans, est également en cours et sera traitée avec POST.

Le travail sur la phonétique, en interaction avec l'étude de la syntaxe, est nécessaire pour disposer de données plus fines permettant de décrire correctement l'apparition et l'apprentissage des marques morphologiques. En effet, la retranscription corrigée des productions de l'enfant a tendance à masquer le côté progressif de l'apparition des marques morphologiques. On ne peut attendre de l'enfant qu'il classifie syntaxiquement les mots avant que, soit il les combine, soit il produise de manière différentielle les marques morphologiques du nom, du verbe. Or, souvent l'enfant commence par produire, non pas des marques morphologiques précises comme l'article ou le pronom personnel, mais une voyelle parfois difficilement identifiable et souvent proche d'un *a* ou d'un *e muet* (cf. Veneziano & Sinclair, 2000; Peters, 2001). Cette variabilité ne permet pas de penser qu'à cet âge l'enfant puisse être conscient de la spécificité syntaxique de cette marque, même s'il en a correctement perçu la présence. Une transcription trop redressée des productions de l'enfant tend à accréditer l'existence précoce de notions comme le nom ou le verbe, l'article ou le pronom, ce qui n'est pas forcément le cas au vu des transcriptions phonétiques. En même temps, à cet âge

l'enfant ne produit pas encore de manière complète les mots de plusieurs syllabes. Il y aurait donc un apprentissage concomitant de la forme lexicale des mots (les racines) et de leurs marques morphologiques. Seule une analyse phonétique des corpus peut permettre de repérer le développement des divers processus. Enfin, la quasi-totalité des enfants ayant des problèmes d'acquisition du langage montre des déficits dans le développement phonétique (même en ignorant le cas des déficits des instruments de base – voir ci-dessus partie 5.3 « Les pathologies de développement du langage »). Il semble donc que les relations entre développement phonétique et développement syntaxique soient très fortes, ou en tout cas trop fortes pour être ignorées.

6.1.2 Pathologie

Le travail sur les troubles d'acquisition du langage a toujours fourni des informations très précieuses pour comprendre le fonctionnement du système typique. Néanmoins, les résultats obtenus jusqu'ici se sont plus souvent montrés contradictoires qu'uniformes. L'apprentissage du langage est à la fois robuste et fragile. Il est robuste quand des enfants présentant de gros troubles neurologiques parviennent à parler normalement ou presque, quand de graves déficits intellectuels (syndrome de Williams), physiques (paralysies totales ou presque totales) ou perceptifs (enfants sourds et/ou aveugles) permettent néanmoins l'acquisition d'un langage de très bonne qualité. S'il y a un débat actuellement pour déterminer si le langage des enfants souffrant du syndrome de Williams est vraiment équivalent à celui d'un enfant sans aucun trouble du développement, on trouve chez ces enfants une dissociation claire et indiscutable entre leurs capacités linguistiques et leurs capacités intellectuelles liées à « l'intelligence ». L'apprentissage du langage est par contre fragile lorsque, en l'absence de trouble neurologique ou physiologique, il est retardé, parfois gravement (TSDL). Il est fragile dans des syndromes comme l'autisme où certains enfants capables de parler (puisqu'ils peuvent produire quelques mots, de manière totalement surprenante, mais souvent compréhensibles et phonétiquement corrects) ne développent jamais de langage complexe ni même de simples assemblages de mots. Le langage est fragile enfin quand un apprentissage tardif peut le rendre

impossible, quand des troubles perceptifs ou moteurs, s'ils ne sont pas complètement contournés en passant par une autre modalité (signes par exemple) amènent à un développement langagier nul ou réduit.

Beaucoup de questions restent en suspens, même si des éléments de réponse apparaissent, et notamment des questions apparemment simples comme « Quelles sont les propriétés cérébrales et physiques qui permettent de parler et d'acquérir le langage ? », « Ces propriétés sont-elles les mêmes au début de l'apprentissage, à son milieu et à sa fin, pour apprendre une ou plusieurs langues, pour une langue première ou seconde ? ». Les éléments présentés ci-dessus nous incitent à concentrer nos recherches en cours et à venir vers deux buts : d'une part participer à des études utilisant les techniques d'imagerie cérébrale pour mieux connaître les caractéristiques corticales – et surtout fonctionnelles – des enfants ayant des troubles du langage et vérifier si l'on peut mieux comprendre les liens entre organisation cérébrale et comportement langagier ; d'autre part, déterminer comment et sur quels points les enfants dysphasiques s'écartent du développement langagier typique, comment ils évoluent entre retard et pathologie. Ceci peut se faire par un suivi longitudinal des enfants à court et long terme et doit permettre de montrer si certaines capacités langagières sont plus ou moins indépendantes les unes des autres – par exemple pour alimenter le débat sur la séparation entre lexique et syntaxe, ou entre règles exceptionnelles et régulières.

6.1.3 Perception du langage, traitements globaux et locaux

Les questions qui se posent à propos de la nature des processus de perception du langage ont des répercussions importantes dans tous les domaines évoqués ci-dessus. De solides raisons théoriques permettent d'imaginer que la notion de traitement global et local n'est pas limitée à la modularité visuelle (voir section 3.5 : « Apport de la thèse global-local à l'étude du langage »), mais représente une caractéristique générale du cerveau humain. Tout d'abord, le développement de la perception auditive comme visuelle passe d'abord par une phase globale grossière avant de pouvoir traiter des éléments locaux, fins et précis. Pour la perception auditive, l'enfant apprend d'abord à reconnaître les variations prosodiques les plus générales (rythme de la voix de ses proches et de

sa langue maternelle), puis des variations plus précises (régularités de l'accentuation des mots de sa langue), pour enfin catégoriser finement les phonèmes de cette langue. Pour la perception visuelle, le bébé, bien qu'ayant un œil complètement fonctionnel, s'intéresse aux grands contrastes perceptifs, a du mal à focaliser son regard, et peut être aisément dupé par des stimuli grossiers. Puis, assez rapidement, il deviendra capable de traiter des images fines et précises. Soulignons que dans les deux modalités perceptives, la préférence du global sur le local relève de l'apprentissage cérébral, et de non de la physiologie de l'appareil perceptif. Dans les deux cas, on a démontré que l'enfant peut traiter des stimuli fins et précis (en particulier les phonèmes sont discriminés dès l'âge de deux ou trois mois), ce qui n'empêche pas l'enfant de n'utiliser cette capacité dans le cadre d'une fonction cognitive naturelle que plus tard. L'explication de cette progression du global au local serait à chercher à la fois dans les lois de la statistique et dans celle du fonctionnement neuronal. Si l'on suppose que le cerveau est tout d'abord une formidable machine à détecter et mémoriser des régularités statistiques, alors les premières régularités identifiées de l'enfant dans l'environnement seront plus souvent globales et grossières car elles ont plus de chances de se répéter régulièrement. Une fois l'environnement catégorisé grossièrement et globalement, alors l'attention de l'enfant pourra se porter sur des éléments fins et précis qui deviendront, à ce moment seulement, suffisamment répétitifs pour être mémorisés. De la même façon, les premières connexions neuronales renforcées suivant la loi de Hebb tendront à impliquer de grandes assemblées de neurones, activées par des stimuli de grande ampleur, car des activations impliquant une faible assemblée de neurones a peu de chances de se reproduire assez régulièrement. À partir du moment où ces grandes assemblées seront solidement en place, les signaux neuronaux seront suffisamment contrôlés, canalisés, pour que l'apprentissage cérébral devienne sensible aux petites variations locales. Ce principe d'apprentissage permettrait d'expliquer non seulement pourquoi le développement opère du global au local, mais aussi pourquoi les personnes âgées perdent d'abord les connaissances les plus récentes. En effet, les connaissances acquises au plus jeune âge activeraient des assemblées

de neurones plus importantes et plus réparties. Une perte locale et progressive aurait donc moins d'effet sur ce type de connaissances.

L'existence de déficits des traitements globaux ou locaux permettrait de mieux expliquer certains des troubles du langage oral et écrit. Pour les troubles du langage oral, on sait que certains enfants, sans troubles détectés lors de tests audiométriques, ont des difficultés dans les traitements phonologiques. On sait également qu'il semble y avoir un lien entre déficits phonologiques et déficits visuels (Keen & Lovegrove, 2000), mais que ce lien n'est pas dans le traitement de processus globaux stricto-sensus, mais de hautes fréquences temporelles. On sait également que les enfants dits ayant des troubles du traitement rapide de l'information auditive (Stuart Rosen, communication personnelle) peuvent avoir des performances normales pour certains types de traitements auditifs rapides ou lents ! Ces incohérences pourraient être levées si le déficit de ces enfants et adultes résidait, non pas dans la capacité à des traitements rapides ou lents, globaux ou locaux, mais dans la coordination obligatoire de ces différents types de traitements. On tiendrait là l'explication des troubles d'une certaine population de dysphasiques et de dyslexiques, celle qui correspond aux enfants répondant aux critères décrits par Tallal et collaborateurs (Tallal, Stark, & Mellits, 1985; mais voir aussi Bishop, Carlyon, Deeks, & Bishop, 1999).

6.2 Langage oral et développement du langage

6.2.1 Quelle théorie pour le développement du langage ?

Le but de ces lignes n'est pas de faire une critique, rapide ou exhaustive, des théories du langage et de son développement, mais de présenter les éléments qui justifient, à nos yeux, la mise en place d'un schéma théorique original. Le programme de recherche tel que posé par Chomsky dans l'ensemble de son œuvre repose sur l'existence d'une grammaire universelle (GU) présente chez tout être humain et sous-tendant toute langue. Cette grammaire est une construction mathématique dont les caractéristiques sont telles qu'elle ne peut être acquise par l'enfant sans que l'une des deux conditions suivantes soit remplie (Gold, 1967; Wexler & Culicover, 1980) : soit les enfants bénéficient de corrections de leurs erreurs, soit les fondements de GU sont innés. Cette construction théorique a été à

l'origine de nombreux travaux, tant sur le développement du langage que sur les principes linguistiques mis en œuvre. Des arguments forts se sont élevés contre cette théorie depuis qu'elle a été énoncée, mais sans parvenir à la remettre en cause, même si de plus en plus de travaux présentent des alternatives à cette approche (Elman et al., 1996; Redington & Chater, 1997; Seidenberg, 1997; Seidenberg & MacDonald, 1999; Tomasello, 2000a). Deux arguments, à nos yeux, affaiblissent ce modèle théorique :

1. les grandes difficultés rencontrées dans la recherche d'une théorie linguistique « absolue » et d'un locus de la capacité de langage dans le cerveau,
2. le postulat de base de Chomsky est un reflet d'une position philosophique classique de plus en plus critiquée et non une déduction sur la base de résultats expérimentaux (Lakoff & Johnson, 1999; Tomasello, 2000a). Cette position ne tient pas compte, notamment, de l'aspect environnemental du développement du langage (voir par exemple la critique et les propositions de Reed, 1995).

Aucun de ces deux points n'invalide l'approche générativiste. Toute recherche suppose un certain présupposé théorique et la complexité même du problème justifie le temps mis pour trouver une solution. Toutefois cette complexité amène à se poser la question de la solvabilité même du problème. Ainsi, comme l'énonce Maratsos (1980) :

... it appears contrary to the ambiance of most strong linguistic nativist accounts that languages are far less well-devised than it seems to us a nativist formulation implies they would be. Linguistics systems do display remarkable characteristics of systematicity and abstractness. But they also contain arbitrary exceptions, idiosyncrasies, semigeneralizations, defeated generalizations, and cases such as gender systems, and other large self-defined organizational structures which really have little important function. (p. 209).

Nous proposons – avec Miller et Weinert (1998) – que l'erreur qui est faite dans le programme de Chomsky porte sur la nature de l'objet d'étude de la linguistique

traditionnelle. Cet objet serait la langue écrite et non pas la langue orale. Ainsi, comme le souligne Davis (1990) :

So it was the invention of writing, and especially printing, that gave linguists the conception of language(s) as a determinate system of units spoken by a 'homogeneous speech community' (Harris, 1980; Harris, 1981) and that ultimately presented 'grammar' as *a prioristic* instead of an epiphenomenal process of textual structuration (p. 6),

le travail du linguiste et la nature de son objet d'étude n'est peut-être pas celle qu'il croit être. Comme le défendent, Linell (1982), Harris (1990; 1993), Olson (1996) ou Miller et Weinert (1998), l'écrit n'est pas une copie conforme de l'oral et étudier des exemples écrits, même lorsqu'il s'agit d'une transcription de discours oral sauf à prendre beaucoup de précautions, ne permet d'étudier qu'une facette de la capacité de langage. En quoi l'écrit n'est-il qu'une facette de la capacité de langage et en quoi cette facette n'est pas celle qui permet à l'enfant d'acquérir sa langue maternelle ?

Rappelons tout d'abord que l'oral a longtemps été considéré par beaucoup comme un parent pauvre de l'écrit. C'est certainement à l'oral que fait référence Chomsky quand il dit que l'enfant ne dispose que de données dégénérées, pleines d'erreurs et de retours en arrière. La « réputation » de la langue orale a été défendue, en langue anglaise, par des auteurs comme Halliday (1985) qui explique que l'oral a des propriétés différentes de l'écrit. Il correspond à une situation d'énonciation différente, avec des contraintes de mémoire différentes. Le langage oral est dynamique alors que le langage écrit est statique. Halliday montre l'existence d'une différence de structure entre oral et écrit, l'écrit étant plus dense lexicalement (il y a un plus fort ratio mots pleins/mots vides) et l'oral étant plus complexe grammaticalement (plus de mots fonctions). De plus, l'écrit ne note conventionnellement que peu d'informations prosodiques, ce qui accentue les différences entre oral et écrit. Blanche-Benveniste (1997) a également étudié et défendu la langue orale, française cette fois-ci. Elle insiste sur le fait que l'oral ne devrait plus être associé à des notions négatives. Il n'est pas plein de fautes, comme cela est souvent dit, mais possède des caractéristiques différentes de celles de l'écrit. On trouve ainsi, par exemple, une grande fréquence des retours en

arrière, des constructions organisées selon l'axe paradigmatique, une morphologie différente de celle de la langue écrite (absence de nombreuses marques du pluriel et du féminin ; négation en utilisant « pas » seulement ; réduction systématique de certains groupes de mots : /ya/ pour « il y a », /ke/ pour « qui est » ; absence du subjonctif ; auxiliaire avoir pour l'auxiliaire être ; etc). Toutes ces analyses sont extrêmement précieuses lors de l'étude du langage de l'enfant car on s'aperçoit souvent que ce qui pourrait être pris comme une erreur de l'enfant, n'est en fait que le respect exact du format de la langue orale.

Ces études sur le langage oral cherchent à le réhabiliter et soulignent la nécessité d'une bonne description de la structure du langage oral. L'existence d'une différence entre langage oral et langage écrit avait déjà été soulevée par Chafe et Danielewicz (1987) pour l'anglais et par Miller et Weinert (1998) pour l'anglais, le russe et l'allemand. Ces auteurs montrent que les formes orales, bien que pouvant être très complexes sont plus simples lexicalement et grammaticalement que les formes écrites. Le discours oral présente un vocabulaire moins varié et des unités prosodiques plus courtes. D'un point de vue syntaxique, on constate une faible utilisation des sujets lexicaux et une grande production de sujets lexicaux simples – c'est-à-dire formés d'un nom et d'au plus un seul complément. On constate également que les constructions subordonnées sont le plus souvent apposées en fin d'énoncé, ou qu'elles correspondent à des formes stéréotypées comme « il dit que », « il semble que », « c'est cela que », « c'est un x qui », etc. On ne trouve jamais de double imbrication de propositions subordonnées. Enfin, même si les groupes nominaux compléments sont plus complexes que les groupes sujet, leur complexité est limitée. La différence entre les résultats de Miller et Weinert (1998) et ceux de Halliday (1985) provient certainement d'une différence dans le type de discours oral utilisé pour les différentes études (cf. Miller & Weinert, 1998, p 80).

Dans la discussion de leurs résultats, Miller et Weinert proposent que les théories générativistes de l'acquisition du langage estiment à tort que l'enfant est face à l'acquisition de structures très complexes qu'il a peu souvent l'occasion de rencontrer. En réalité, ces structures très complexes correspondent à des structures de la langue écrite, et non de la langue orale dans laquelle sont plongés en

permanence les enfants. De même, la compétence grammaticale de l'adulte décrite par Chomsky est une « magna-grammaire » héritée de toute la tradition écrite de la langue anglaise, tandis que même un adulte n'utilise qu'une petite partie de cet héritage. Le système grammatical de l'ensemble de la langue écrite se révèle donc très différent de celui de la langue orale d'un locuteur moyen. Miller et Weinert proposent que les structures complexes utilisées par l'adulte proviennent en fait de l'apprentissage explicite de la langue écrite, qui s'effectue sur de nombreuses années et de manière plus laborieuse que l'apprentissage de la langue maternelle orale. Cet apprentissage de l'écrit sert aussi à forger la capacité de jugement grammatical qui relève clairement d'une culture de l'écrit.

Les différences entre oral et écrit ne concernent pas seulement le lexique, la syntaxe, la pragmatique et la performance. Comme le dit Olson (1996, p. 84) :

« ... if writing does not merely transcribe but rather brings structural properties of speech into consciousness, its implications may be significant indeed ».

Le problème est que justement l'écrit est une transcription et, encore plus important, une re-présentation. Lors de cette transcription, il s'opère une distanciation qui change la nature même de l'objet linguistique.

Premièrement le passage à l'écrit occulte les spécificités physiques (c'est-à-dire phonétiques et prosodiques) du signal de parole. La transcription utilise des unités symboliques qui évacuent complètement la nature physique du signal de parole, par une élimination inconsciente des spécificités du signal (par exemple, on ne transcrit pas les erreurs de prononciation, les assimilations d'un phonème par rapport à un autre, les hésitations et les reprises, les respirations, les silences ou au contraire les absences de « blanc » entre deux mots à l'oral). La transcription d'un signal de parole est, par sa nature même, déjà le résultat d'un processus linguistique hautement élaboré, en réalité le processus même de décodage et de compréhension du langage oral. À la suite de cette transcription, on obtient un support beaucoup plus pur sur lequel il est plus facile de faire une recherche d'invariants, de principes grammaticaux mathématiques (Parijsse, 2002). Cela facilite la création de règles algébriques pour décrire les langues écrites, règles portant sur des symboles abstraits et permanents détachés du sens des mots et de leur usage.

Deuxièmement, le passage à l'écrit se fait sur des critères qui sont le fruit d'une réflexion culturelle multi-millénaire (Ong, 1982; Auroux, 1989) et d'un apprentissage explicite scolaire ou universitaire. La découverte des propriétés phonétiques des langues et en particulier des phonèmes ne s'est pas faite immédiatement mais après une lente évolution historique de l'expertise en matière de langage écrit. L'apprentissage de la conscience phonétique est corrélé avec l'apprentissage de la lecture parce que justement cette capacité à identifier des symboles phonétiques est une clé du passage de l'oral à l'écrit. Et l'apprentissage du découpage en unités phonologiques passe par un apprentissage explicite (Gombert, 1990) de même que la découverte des syllabaires et des alphabets a été le fruit de réflexions conscientes, qui sont facilitées par les propriétés de représentation de l'écrit.

En conséquence, nous proposons de diviser le domaine linguistique en deux parties ayant chacune un fondement théorique différent :

- Une *linguistique du développement* : ce domaine d'étude correspond à des actions et des connaissances totalement inconscientes et donc irrépressibles, que ce soit dans le cadre de l'apprentissage ou de l'utilisation du langage. Le sujet de ce domaine d'étude est la forme brute des langues (signal sonore, image des mouvements du corps ou du visage) et non des symboles intermédiaires comme les phonèmes, graphèmes ou signes gestuels codifiés. Ce domaine de connaissance ne met pas en jeu de conscience phonologique ou syntaxique, mais peut amener à une conscience sémantique. Les constructions prototypiques ou génériques de ce domaine présentent un caractère local, spécifique, contextuel. La notion de contre-exemple n'existe pas et les conflits entre constructions sont gérés par des phénomènes de précedence du particulier sur le générique ou de compétition en fonction de la fréquence et de la complexité de la tâche. Il n'y a pas dans cette linguistique de différence entre compétence et performance. Les limitations en performance doivent être incluses directement dans la théorie linguistique, et non pas figurer comme un calque imparfait sur la compétence. La linguistique du développement est

majoritairement à découvrir, à la fois dans la description des faits linguistiques que dans celle des principes et processus cognitifs qui la sous-tendent.

- Une *linguistique de l'écrit* : ce domaine d'étude correspond à des actions et connaissances conscientes ou inconscientes. Toutefois, à la différence du domaine précédent, les fonctions inconscientes le deviennent après assimilation et automatisation, ce qui peut éventuellement changer leur nature et leurs caractéristiques, comme en particulier dans le cas de l'écriture et la lecture. Ces fonctions ne sont jamais inconscientes de prime abord. Le sujet de ce domaine d'étude est le langage oral après normalisation phonologique, le langage écrit après identification des graphèmes, le langage signé après identification des codes gestuels. Le développement de ce domaine repose sur la capacité de conscience phonologique, morphologique et syntaxique. Les constructions génériques et prototypiques sont le résultat d'un processus conscient et sont générales et non-spécifiques. Les cas particuliers s'effacent devant les caractéristiques génériques et les règles ou classes comportent des exceptions. Les conflits se résolvent par des recours à la norme, cette norme étant celle de la majorité ou le plus souvent celle de l'institution, lettrés ou linguistes (dictionnaires, grammaires). La linguistique de l'écrit correspond, dans son immense majorité, aux préoccupations et résultats de la linguistique classique.

Cette proposition théorique a deux corrélats très importants. Premièrement, l'obligation qu'il y ait soit correction des erreurs de l'enfant, soit une grammaire innée, disparaît. En effet, l'enfant n'est pas censé apprendre la grammaire prototypique de sa langue dès son plus jeune âge et sans être corrigé. Par contre, arrivé à l'âge scolaire, cet apprentissage peut commencer, et il s'effectue par l'intermédiaire d'un apprentissage explicite, avec une correction systématique des erreurs de l'enfant, et avec une modification réelle des comportements linguistiques suite à cet apprentissage. Dans une situation d'enseignement, primaire ou secondaire, l'enfant est régulièrement corrigé pour ses erreurs, on lui

dit quelles sont les phrases correctes ou incorrectes et on va même jusqu'à lui indiquer les règles et les procédures à suivre. Même sans un apprentissage grammatical poussé, l'enfant est sans arrêt soumis à des informations positives ou négatives sur ce qu'il faut ou ne faut pas faire. L'acquisition de « règles » est pour le très jeune enfant limitée par les contraintes de l'organisation cérébrale et ce qui est en apparence une règle peut s'expliquer par des régularités de premier ou de second niveau (Perruchet & Vinter, sous presse).

Le deuxième corrélat est qu'il faut trouver d'autres éléments de réponse à l'apprentissage initial du langage que ceux des théories génératives. Plusieurs auteurs se sont attachés à cette tâche, mais comme les théories connexionnistes ou statistiques de l'apprentissage du langage ne font pas la critique que nous avons faite ci-dessus, elles ont souvent l'un ou l'autre des deux limites suivantes : soit elles cherchent à expliquer comment il est possible, en dépit des circonstances défavorables, de parvenir à acquérir la connaissance langagière théorique adulte, soit elles n'ont pas de théorie linguistique formelle alternative à présenter. Cette dernière position est celle des partisans extrêmes du connexionnisme et celle des théoriciens qui pensent qu'il n'y a pas de propriétés spécifiques du langage chez l'être humain. Notre position est qu'il est possible de dessiner une théorie linguistique du développement, qui ne vise pas la description d'une grammaire normative comme celle enseignée à l'école – qui suit les normes de la langue écrite – mais celles de structures qui doivent posséder l'ensemble des propriétés suivantes : pouvoir s'acquérir avec des données positives seulement (pas de correction à prendre en compte) ; pouvoir justifier de la production orale et des erreurs des enfants (également des adultes, mais en tenant compte de l'influence, plus ou moins grande selon les individus, de l'apprentissage scolaire) ; présenter un caractère robuste lors de son apprentissage comme de son utilisation courante. D'autres éléments nécessaires à une telle théorie peuvent venir s'ajouter lors de son élaboration, mais le point le plus important est que, à l'inverse de ce qui se passe dans les théories générativistes, le but n'est pas de décrire une structure finale à laquelle les enfants doivent arriver, mais les principes qui servent à la fois à structurer les connaissances langagières, à les acquérir et les faire évoluer, de l'enfance à l'âge adulte et tout au long de l'existence.

Cette proposition théorique amène à des prédictions précises en matière de psycholinguistique et peut donc être testée expérimentalement pour en mesurer la validité. Ces prédictions concernent le comportement métalinguistique de l'adulte lettré et illettré. Première prédiction : les adultes illettrés doivent avoir conservé un usage de la langue plus proche de celui des enfants et en particulier celui des îlots syntaxiques (Tomasello, 1992). La comparaison doit se faire entre adultes lettrés et illettrés dans une société où l'écrit est largement développé. Deuxième prédiction : les lecteurs disposent d'une connaissance syntaxique compatible avec les grammaires génératives, ce qui implique notamment une plus grande autonomie de la syntaxe. En conséquence, lorsqu'une phrase pose des problèmes de compréhension ou est ambiguë, alors les lecteurs vont privilégier la syntaxe pour comprendre ou désambiguïser la phrase tandis que les non-lecteurs vont privilégier la sémantique. Troisième prédiction : les jugements de grammaticalité doivent être exécutés différemment chez les lettrés et les non-lettrés. De la même façon que précédemment, les non-lettrés doivent utiliser des connaissances sémantiques plus que syntaxiques et les lettrés des connaissances syntaxiques plus que sémantiques. Pour tester cela, on peut regarder les différences de temps de réponse pour une personne donnée en fonction des modifications sur deux variables : le degré de correction syntaxique et le degré de plausibilité sémantique. A priori, les phrases non-correctes doivent amener des réponses plus longues, ce qui est un résultat traditionnel dans les épreuves de psychologie expérimentale. Cette différence doit être plus marquée pour les différences syntaxiques chez les lecteurs (la syntaxe prévaut sur la sémantique) et plus marquée pour les différences sémantiques chez les non-lecteurs (situation inverse). Par exemple, en gardant les quatre images précédentes (1 à 4), on peut prononcer à haute voix, soit « Le chat court le chien », version sémantiquement correcte mais grammaticalement fautive, ou « Le chat vole après le chien », version grammaticalement correcte mais sémantiquement inexacte.

Un test expérimental impliquerait trois groupes de sujets: (1) sujets non-lecteurs sans apprentissage déficitaire de la lecture ; (2) lecteurs typiques avec niveau d'étude faible – équivalent à des sujets de 13 à 14 ans au cours d'une scolarité normale ; (3) lecteurs typiques avec niveau d'étude élevé – fin

d'université. Les sujets doivent être exempts de toute histoire médicale neurologique ou psychologique. La séparation entre les deux populations de lecteurs permet de tester une seconde fois les hypothèses ci-dessus dans la mesure où les lecteurs ayant le plus haut niveau d'étude doivent avoir une tendance nette à privilégier les structures syntaxiques, à l'inverse des lecteurs de plus faible niveau scolaire. Une partie des oppositions attendues entre les populations (1) et (2 ou 3) doit se retrouver entre les populations (2) et (3).

6.2.2 *Une linguistique du développement*

6.2.2.1 Principes directeurs

L'idée qui consiste à définir les principes du langage comme des principes qui guident un développement et non qui décrivent une connaissance universelle pour laquelle l'homme aurait des prédispositions a deux origines. D'une part, cette idée est une conséquence logique d'un principe exploratoire. Ne connaissant pas les caractères qui décrivent précisément la compétence adulte, on ne peut que chercher à explorer ces principes en partant des données du développement, c'est-à-dire en suivant pas à pas l'évolution du langage de l'enfant. D'autre part cette idée est aussi celle des écoles qui prônent l'étude du développement (Elman et al., 1996) ou des systèmes dynamiques (Port & Van Gelder, 1995). Comme ces dernières approches ne répondent pas aux questions que nous nous posons quant à l'élaboration d'une linguistique du développement, nous procéderons suivant le premier principe cité, qui consiste à coller au plus près aux données sur la compréhension et la production de langage chez le petit enfant.

Avant de proposer des principes qui permettent d'analyser la structure du langage des enfants, deux points fondamentaux doivent être discutés. (A) De quoi sont faites les formes de la langue ? (B) Quels rapports poser entre forme et fonction ? Est-il possible de construire une théorie qui ne soit basée que sur la forme – une pure théorie linguistique –, ou bien est-il nécessaire de faire intervenir la fonction ?

(A) Même en rejetant l'existence d'unités perceptives de base comme les phonèmes parce que trop génériques pour être raisonnablement perçus comme

tels, il reste néanmoins évident qu'il existe des éléments perceptifs de base. Ceux-ci peuvent être des morceaux de signal brut, des transformées mathématiques, des éléments segmentaux ou prosodiques. Dans tous les cas de figure, il doit exister un moyen de déterminer l'identité ou de mesurer une différence entre deux formes de la langue (quelle que soit leur taille). Le problème est trivial si l'identification phonétique a été faite, tâche qui elle est, hélas, très complexe. On retrouve ici le problème posé dans la recherche sur la reconnaissance de l'écriture. Il doit exister un moyen de passer de l'image sur la pupille ou dans l'oreille à une structure langagière et retrouver les éléments de base « classiques » peut être aussi complexe que l'identification du mot. Dans la cas de la lecture, nous avons suggéré d'utiliser la reconnaissance d'une forme globale comme le contour du mot suivi d'une reconnaissance d'éléments locaux en nombre limité. En dehors du principe global grossier-local précis, le choix du contour était justifié par le fait qu'il s'agit d'un élément de forme très prégnant, facile à isoler – mais pas forcément à reconnaître, d'où l'utilisation d'approximations grossières. Nous proposons que le même principe existe pour l'oral. Les éléments de formes grossiers seraient la prosodie de la phrase et du groupe de mots. Des éléments plus précis mais encore très saillants phonétiquement sont les alternances syllabiques en français, ou les voyelles accentuées dans d'autres langues – voir par exemple le principe défendu par U. Frauenfelder (communication personnelle) ou Bertelson, de Gelder, et van Zon (1997) qui proposent que la syllabe est d'abord une unité de segmentation. Les éléments précis et plus locaux peuvent être, par exemple, un spectre syllabique ou, encore plus précisément, l'attaque syllabique, le noyau ou la coda. Ces éléments qui varient évidemment d'une langue à l'autre ont un caractère moins générique que les phonèmes. Ils peuvent se chevaucher dans le temps. Enfin, deux hypothèses importantes doivent être précisées. Premièrement, l'enfant ne dispose pas d'emblée au début de son développement de tous les critères de formes, que ce soit en compréhension ou en production, et ce sont les éléments qui ont des caractères les plus globaux et les plus grossiers qui se développent en premier, ce qui permet de repérer et de segmenter des éléments avant d'avoir des connaissances langagières. Deuxièmement, ces éléments se développent sans qu'entrent en jeu des critères lexicaux ou syntaxiques. Ils ne

concernent que la forme sonore ou visuelle, ce que permet le principe d'approximations globales et vérifications locales.

(B) Toute théorie linguistique, psychologique ou psycholinguistique pose, de manière différente à chaque fois, le problème du rapport dans le langage entre forme et fonction. La nature de ce rapport varie d'une théorie à l'autre et dans certains cas, c'est ce rapport même qui forme le cœur de la théorie développée. Il est donc tout à fait normal que cette problématique soit présente dans tous les travaux sur le développement du langage chez l'enfant. Des arguments existent pour montrer le primat de la forme comme celui de la fonction. Certaines formes se cristallisent autour de fonctions acquises précédemment par l'enfant tandis que certaines fonctions le font autour des formes linguistiques spécifiques d'une langue ou d'une autre. Par exemple, le concept du mot « biberon » va être maîtrisé la plupart du temps avant que le mot soit utilisé, même dans une version phonétiquement simplifiée. Par contre, un mot comme « au revoir » sera utilisé avant que le concept associé ne soit réellement compris. Les concepts cognitifs viennent orbiter et se focaliser autour des concepts linguistiques, ce d'autant plus que ceux-ci sont saillants, et inversement. Par exemple, la manière de développer la catégorisation des concepts spatiaux dépend de la langue maternelle de l'enfant et de sa culture (Bowerman, 1996; Choi, McDonough, Bowerman, & Mandler, 1999).

Comme la fonction des mots entre en ligne de compte dans la théorie que nous présentons, il est nécessaire de préciser de quoi peuvent être faites les fonctions sémantiques. La plupart des théories, même les théories non-innéistes, postulent l'existence de concepts comme agent, objet, action, achevé, inachevé, présent, passé, soi, autrui, singulier, pluriel, etc. Par exemple MacWhinney (1987, p. 259) propose une liste de 52 concepts répartis en 11 grandes catégories qu'il considère accessibles aux jeunes enfants. La critique que nous faisons de la trop grande genericité des catégories phonologiques et linguistiques s'applique également aux catégories cognitives. Décrire des catégories cognitives précises est problématique si les caractéristiques de ces catégories sont fondamentales pour le développement du système linguistique, comme c'est le cas pour des théories comme celle de Pinker (1984; 1989) ou de MacWhinney. Dans le schéma

théorique que nous proposons, il n'y a pas de correspondance directe entre catégories cognitives (fonctions sémantiques) et linguistiques (formes orales). Il y a certes des liens, mais pas de correspondance exacte – voir par exemple Crawford, Regier et Huttenlocher (2000). Nous postulons simplement que l'enfant dispose d'indices, en nombre variable suivant les circonstances, qui lui permettent de caractériser cognitivement une situation et de comparer deux situations pour savoir si elles se rapportent au même contexte sémantique, à un contexte similaire ou complètement différent. Ces indices ont des caractéristiques semblables à celles des indices phonétiques ou visuels, c'est-à-dire qu'ils ne correspondent pas aux grandes classes lexicales, syntaxiques ou cognitives. On peut imaginer qu'ils se développent d'une manière similaire aux critères morphologiques, à partir de schémas corporels d'abord grossiers puis de plus en plus détaillés et variés au fur et à mesure que l'enfant se développe, couplés à une utilisation fréquente du principe de la métaphore ou de la projection symbolique (les enfants projettent les propriétés des objets, comme par exemple dans le jeu, de manière très précoce).

Nous supposons qu'il n'y a donc pas de prédisposition génétique à la maîtrise de telle ou telle catégorie, syntaxique ou sémantique – ce qui ne veut pas dire qu'il n'y a pas de prédisposition génétique favorable à l'acquisition et à la maîtrise du langage. Chaque personne développe ses propres critères ou indices cognitifs et morpholinguistiques. Ceci signifie que l'intercompréhension entre êtres humains résulte de leur communauté de culture et de langue plutôt que de leur patrimoine génétique. Ce qui permet à deux personnes d'apprendre à se comprendre, c'est en particulier le fait que la langue a une structure particulière et stable et qu'elle a, comme le proposait Saussure, sa propre cohérence et logique interne. La langue est donc une structure autonome supra-individuelle qui forme une mémoire collective, différente de celle d'un individu isolé, et on comprend assez bien l'avantage procuré par un tel instrument dans la course à l'évolution des espèces.

Plusieurs points facilitent cette convergence du développement du langage chez tout individu. D'une part, comme nous le proposons ci-dessous, la structure de la langue du développement (c'est à dire de la langue orale usuelle) est plus simple et plus répétitive que celle de la langue écrite. D'autre part, la communauté

linguistique s'accompagne d'une communauté culturelle, ce qui assure que non seulement les formes mais aussi les fonctions linguistiques sont partagées. Enfin, l'intercompréhension est d'autant plus facile que les individus ont la même manière de percevoir les données de l'environnement, la même manière de découper le son de parole en syllabes ou groupes de syllabes, la même manière de faire une analyse spectrale de ces éléments sonores. Ceci dépend fortement des caractéristiques innées de l'organisme, mais il n'y a pas besoin que la syntaxe des langues ou les catégories lexicales et cognitives soient définies de manière innée. Une acquisition immédiate et tout azimut de toutes les connaissances est impossible car il faut structurer progressivement le support cérébral (c'est à dire développer l'organisation du monde cognitif et langagier). D'où l'intérêt d'un développement prolongé qui permette une structuration allant du global au local. D'un point de vue strictement logique, une maximisation des structures innées ne garantira jamais la convergence linguistique et l'intercompréhension, à moins de refuser tout développement et toute évolution des formes et fonctions langagières chez l'individu et dans la société. En effet, à partir du moment où celles-ci évoluent, il doit exister un mécanisme pour leur permettre de rester en convergence. Ce mécanisme est plus nécessaire que le partage de mêmes structures innées.

L'existence d'un système d'indices comme décrit ci-dessus en (A) et (B) permet, quel que soit ce système, l'application de procédures statistiques et probabilistes permettant de classifier ces indices, d'exhiber des correspondances entre classes, etc. Ce type de procédure a été largement étudié à l'aide de méthodes probabilistes, connexionnistes, bayésiennes ou autres. Ces procédures ne peuvent toutefois être mises au point que dans les cas où le problème est correctement posé au départ et très clairement décrit. Il devient alors possible d'implémenter les procédures sur ordinateur et de les simuler. Les techniques de type connexionniste sont certainement plus attrayantes que les procédures « câblées à la main » parce qu'elles « ressemblent » un petit peu à la machinerie neuronale, mais aucune simulation connexionniste ne peut être faite en dehors du cadre d'un problème clairement posé et délimité. Soulignons que dans des domaines comme ceux de la linguistique, on obtient souvent de meilleurs résultats

avec des systèmes probabilistes qui génèrent automatiquement leurs propres catégories et règles de production qu'avec des systèmes câblés à la main et ceci pour plusieurs raisons. D'abord, la complexité du domaine est telle qu'il devient rapidement impossible à un opérateur humain de gérer toutes les interactions entre catégories et entre règles, d'où l'avantage des procédures d'apprentissage automatique. Ensuite, le domaine linguistique est fondé sur des catégories ayant granularité très fine, ce qui est, en particulier, le propre de la linguistique de développement, et les algorithmes doivent être adaptés à cette caractéristique. Troisièmement, les caractéristiques du système linguistique évoluent en permanence car il n'existe pas de point fixe, de but ultime du développement. Ce dernier caractère proscrit l'utilisation d'algorithmes à la main qui, par leur permanence intrinsèque, sont plus adaptés à la linguistique de l'écrit.

En conséquence, les systèmes probabilistes sont sympathiques, non seulement parce qu'ils sont des copies approchées du fonctionnement neuronal, mais aussi parce qu'ils sont adaptés au traitement de données langagières, cognitives et développementales. Toutefois, comme les algorithmes connexionnistes ou autres techniques probabilistes ne peuvent pas encore structurer d'elles-mêmes le domaine langagier (en dépit de leur adéquation à ce domaine), il nous faut trouver nous-même les caractéristiques d'une telle structuration. Les hypothèses usuelles de la littérature en ce domaine sont empruntées à la linguistique de l'écrit. Nous voulons faire ici des propositions qui relèvent de la linguistique du développement et qui soient testables à l'aide de grands corpus de langage oral spontané. Ce dernier point est absolument fondamental et incontournable puisque la linguistique du développement est fondée sur l'exemple et générée à partir des caractéristiques langagières de l'environnement de l'enfant.

6.2.2.2 Structure langagière du développement

La langue orale produite par un enfant peut être divisée, hors cas particuliers précis, en trois niveaux fondamentaux :

N1 : le groupe nominal, le groupe verbal, l'interjection, etc., c'est-à-dire le morphème libre et les morphèmes liés (en français cela correspond au mot isolé et à ses marques morphologiques).

N2 : le groupe prosodique, l'énoncé.

N3 : les enchaînements d'énoncés, le discours.

À chaque niveau correspond trois types de processus : (1) un *classificateur grossier* chargé d'isoler des éléments récurrents dans les signaux perçus ; (2) un *assembleur grossier* capable de regrouper des éléments issus du classificateur grossier, et ce aussi bien en compréhension ou en production (ce qui permet notamment d'apprendre l'ordre des éléments grossiers) ; et (3) un *désassembleur-réassembleur précis* (lui-même composé d'un classificateur – le désassembleur – et d'un assembleur), chargé de créer des éléments grossiers originaux, c'est-à-dire qui n'ont jamais été perçus par l'enfant. Les qualificatifs de grossier et de précis font référence à la dimension temporelle des éléments phonético-accoustiques pouvant être traités par les processus. Ils font aussi référence à la nature du processus, soit de type holistique, soit de type analytique. Il s'agit en fait du même principe global/local que dans le cas de la reconnaissance de l'écrit. Les éléments plus longs qu'une syllabe sont grossiers, tandis que ceux qui sont plus courts qu'une syllabe sont précis. La syllabe, quant à elle, relève des deux types de processus en fonction de la situation.

La tâche du classificateur grossier est donc l'*identification d'éléments récurrents de la langue*, intonations, sons, mots, énoncés, etc. De nombreux algorithmes ont été proposés pour résoudre ce problème. L'idée de base est que les formes récurrentes sont les formes de la langue. Comme elles sont de ce fait les formes les plus fréquentes, ceci permet de les repérer aisément. Toute forme qui n'est pas une forme de la langue a, au contraire, moins de chance de réapparaître régulièrement. L'existence de cette capacité d'induction de formes récurrentes sur la base de critères purement statistiques a été démontrée chez l'enfant de 8 mois et chez l'adulte (Saffran et al., 1996b; Saffran et al., 1999). Perruchet et Vinter (1998) ont implémenté et testé un algorithme en ce sens. On peut supposer que ces éléments sont, au fur et à mesure qu'ils sont identifiés,

associés à des régularités sémantiques, extraites par un mécanisme du même type (cf. Perruchet & Vinter, sous presse). Les éléments extraits par le classificateur grossier seront appelés ci-dessous éléments holophrastiques (voir page 78).

La tâche de l'assembleur grossier est de *composer par concaténation* des éléments holophrastiques (issus d'un niveau quelconque, N1 à N3) par analogie avec des structures linguistiques entendues par l'enfant (et elles-mêmes composées d'éléments holophrastiques connus de l'enfant) ou sur la base de critères sémantiques ou cognitifs non-linguistiques (c'est-à-dire que l'enfant forme un énoncé cohérent avec sa propre connaissance du monde, mais sans s'inspirer d'une structure langagière adulte). Toute association entre éléments de même niveau produit un élément d'un niveau de complexité supérieure (N1 et N1 → N2 ; N2 et N2 → N3), sauf pour les combinaisons du niveau le plus complexe qui restent de même niveau (N3 et N3 → N3, dans un système à 3 niveaux). L'ajout d'un élément de N1 à un élément de N2 produit un élément de N2, sauf si l'élément de N1 est aussi élément de N2 (dans ce cas le résultat dépend du contexte). L'ajout d'un élément de N2 à un élément de N3 produit un élément de N3. Les processus de l'assembleur grossier ne manipulent les éléments holophrastiques que dans leur intégralité. Aucune manipulation à l'intérieur d'un élément n'est faite.

La tâche du désassembleur-réassembleur précis est de repérer des régularités fines à l'intérieur des formes holophrastiques, dans le but de distinguer puis de combiner des éléments qui ne sont jamais produits de manière isolée, ni manipulés par le classificateur grossier ou l'assembleur grossier. Il est donc capable de générer des éléments holophrastiques originaux, jamais mémorisés par le classificateur grossier. Le processus du désassemblage-réassemblage précis apparaît en général après les deux autres processus car il lui faut repérer et utiliser des régularités qui n'apparaissent pas de manière transparente dans le discours entendu par l'enfant. Ces transformations ne sont aisées à réaliser qu'en procédant par analogie entre éléments très proches, du point de vue de la forme des éléments de la langue comme du point de vue cognitif, ce qui impose de procéder par îlots ou autour d'exemples.

La division en trois niveaux n'est pas absolue et correspond à la majorité des cas de langues que nous traitons actuellement. Comme les différents niveaux correspondent aux mêmes processus et se définissent les uns les autres, il est théoriquement possible que le nombre de niveaux utilisés varie d'une personne à l'autre. Dans la réalité, ce nombre ne semble pas osciller beaucoup et seul le niveau N2 peut soit disparaître, soit se scinder en deux niveaux. Le premier cas correspond au très jeune enfant qui découvre la langue, et ne produit que des formes holophrastiques, sans créer de groupes prosodiques. Le deuxième cas correspond à l'enfant âgé et à l'adulte chez lesquels un niveau intermédiaire peut apparaître entre les niveaux N2 et N3. Ce niveau intermédiaire correspondrait aux énoncés complexes et à l'enchaînement d'énoncés simples, tandis que le dernier niveau correspondrait plutôt à l'enchaînement d'énoncés complexes et au discours. Toutefois, sans le support de l'écrit, cette complexité de quatre niveaux serait réservée, à l'oral, à des formes très précises ou à des situations rares (mais que tout un chacun peut rencontrer) comme de raconter une histoire – ou, par exemple, dans le cadre des épopées orales des cultures africaines ou de l'antiquité –, c'est-à-dire dans le cadre d'une sophistication délibérée et consciemment préparée du discours oral. Il serait à ce propos probablement très intéressant d'étudier les différences syntaxiques entre les traditions orales transmises de bouche à oreille et le même type de sujet composé directement pour l'écrit, ou de comparer l'évolution de la manière orale et écrite de raconter une histoire par un enfant.

On peut illustrer ces principes par des exemples :

Constructions de niveau N1

Formes générales

{cheval}

{un cheval}

{le cheval}

{le cheval à bascule}

{sur le cheval}

Désassemblage-réassemblage d'éléments précis

le {journal}
 un {journal}
 des {journaux}
 le {cheval}
 *des {chevals}
 des {chevaux}
 on ne l'{emmène} pas
 c'est {un cheval}

Les constructions de niveau N1 comme *cheval* et *chevaux* peuvent donner l'impression de pouvoir être construites à l'aide des opérations suivantes : extraction de la « racine » /ʃəv/ (i.e. *chev-*), extraction des deux suffixes /al/ (i.e. *-al*) et /o/ (i.e. *-aux*), et concaténation des racines et des suffixes. Pourquoi distinguer cette opération de celle qui consiste à coller bout à bout des éléments tels que /ʃəval/ (i.e. *cheval*) et /mamã/ (i.e. *maman*) ? La raison n'est pas uniquement que /ʃəv/ n'est jamais produit seul, mais aussi qu'il n'y a pas de forme phonétique qui corresponde à /ʃəv/ et qui puisse être extraite de la forme /ʃəval/, ni d'un point de vue global (ce n'est pas une partie aisément identifiable d'une courbe d'intonation), ni d'un point de vue local (la coarticulation de [v] et de [a] rend [v] difficile à extraire de [va] et différent du [v] de [vo]). Pour pouvoir être une forme holophrastique, une forme doit correspondre à un découpage grossier (pauses, prosodie ou frontières syllabiques).

D'autres langues que la langue française présentent des constructions de niveau N1 qui montrent une différence explicite entre forme globale et caractère local. C'est le cas des langues sémitiques comme l'hébreu où le « radical » et « l'extension » sont des formes imprononçables et partielles de la forme globale. Ainsi, en hébreu, la forme *gadal* (grandir à la forme intransitive) est composée du radical (le squelette) 'g.d.l' et de l'extension 'a.a'. D'autres dérivés du même squelette sont *hitGaDeL*, *hiGDil*, *GiDeL*, qui ne présentent pas de forme globale commune et ne peuvent donc pas être générés à l'aide d'un simple mécanisme de concaténation de formes globales.

Enfin, certaines langues, comme le chinois, sont réputées ne pas présenter de morphologie à proprement parler et pourraient de ce fait apporter un contre-argument à la structure théorique décrite ci-dessus. En fait, l'existence d'une morphologie en chinois a été défendue par Packard (2000). En chinois, ni la morphologie du nom, ni celle du verbe, ne ressemblent à celle du français, mais des structures distributionnelles nominales et verbales existent et certains éléments de la langue ne sont pas libres, mais nécessairement liés, ce qui correspond aux structures décrites ci-dessus. Par exemple (Alleton, 1997), la structure du groupe nominal comprend des classificateurs qui précèdent le mot, qui ne sont que peu ou pas utilisés seuls, et qui dépendent du mot qu'ils qualifient – ils sont déterminés, selon le cas, soit par le sens de la construction, soit de manière arbitraire comme les articles en français. De même, s'il est souvent difficile de déterminer ce qui est un verbe en chinois, il est traditionnellement considéré que si un élément est précédé de la négation « bu », alors il s'agit d'un verbe – ce qui est la même chose que ce qui se pratique dans les langues à morphologie plus riche. Il est théoriquement possible de trouver des langues dans lesquelles toutes les formes langagières élémentaires sont sémantiquement autonomes (elles sont toutes holophrastiques). Dans ce cas, le désassembleur-rassembleur précis aura peu de raisons d'être et l'ensemble du système linguistique reposera sur les seuls processus de classification et d'assemblage. Dans une certaine mesure, c'est le cas des pidgins et, à degré moindre, des créoles. Ceci se comprend dans la mesure où les processus diachroniques de grammaticalisation (Hopper & Traugott, 1993) ou d'hyperanalysis (Croft, 2000), processus qui transforment les éléments lexicaux libres en éléments morphologiques liés, n'ont pas encore eu le temps de s'appliquer de façon massive aux pidgins et aux créoles.

Constructions de niveau N2

Formes générales

{le cheval} {ça}

{cheval} {maman}

{entrez} {cheval}

{ va faire } { un cheval }
{ dans la maison } { cheval }
{ cheval } { dans la maison }
{ i tombe } { le cheval }
{ qui va monter } { sur le cheval à bascule }

Désassemblage-réassemblage d'éléments précis

il n'y a pas de { cheval } { dans la mer }
ça dit que { le monsieur } { va arrêter } { le cheval }
ah non mais { le cheval } est { encore vivant }

Les désassemblages-réassemblages apparaissent lorsque sont manipulés des éléments qui n'apparaissent pas seuls et qui se combinent avec des éléments du niveau inférieur. Ces formes sont évidemment variables d'un enfant à l'autre.

Constructions de niveau N3

Formes générales

[{ et } { la cuisine } { aussi }] [{ il va être encombré } { le cheval }]
[{ sur le cheval } { hein }] [{ on enlève } { tout ça }]

Désassemblage-réassemblage d'éléments précis

pour que [ça fasse { les traces } { des chevaux }]
[{ il sera assommé }] { et } [{ il s'endort } { le cheval }]

On constate que les assemblages de niveau N3 combinent aussi bien des éléments de niveau N2 que de niveau N1. Ceci est dû à ce que les assemblages d'un niveau peuvent inclure tous les niveaux inférieurs (l'inverse n'est pas vrai).

A l'origine du développement de l'enfant, il n'existe aucune notion de niveaux. Cette notion est générée au cours du développement. Si le système neuronal a des défauts, il peut s'en suivre un trouble majeur dans le résultat de ce développement. Ce sont les propriétés de la langue qui induisent chez l'enfant les structures et les nombres de niveaux. A l'inverse, c'est au cours de l'évolution de l'espèce humaine, et en particulier de l'apparition des langues, que s'est révélée la limite de complexité de la structure langagière. La valeur de 3 ou 4 pour l'ordre de

complexité n'est pas indépendante des limites de la mémoire immédiate. Cette notion de limite de mémoire de travail existe dans les théories générativistes, mais est interprétée de manière différente. Pour ces théories, il s'agit de limites de performance. En théorie le nombre de niveaux est infini. Dans la réalité, les limites de l'esprit réduisent le nombre d'imbrications à 3 ou 4 (Cowan, 2001). La théorie linguistique du développement n'impose pas une limite réelle à un infini théorique. Ce n'est pas une réduction d'une théorie « abstraite », mais une caractérisation des structures réelles, entendues et produites. Enfin, une dernière limite impose ce chiffre de 3 ou 4 : c'est celle – citée ci-dessus – de l'abstraction. Plus on monte dans les niveaux, plus les structures sont abstraites. N'étant plus liées directement à une structure physique et à une forme perçue, elles sont plus difficilement répétées et transmises par l'intermédiaire de processus stochastiques. L'oral ne se maintient dans le temps que parce que les structures sont reprises, répétées et diffusées. Il y a donc une limite à la complexité de l'oral inhérente au support. L'écrit, en permettant de s'affranchir de ces limites, représente une véritable révolution par rapport à l'oral – et justifie d'autant plus d'être décrit et analysé par une linguistique propre.

6.2.2.3 Déroulement du développement

Les premières formes langagières, le rythme et la mélodie de la langue maternelle, sont perçues avant même la naissance de l'enfant. Cette procédure est facilitée par le fait que l'utérus forme un filtre qui ne laisse passer que les basses fréquences des variations sonores. Cette perception précoce du rythme fournit une base qui, associée après la naissance à la possibilité de trouver l'emplacement des variations d'énergies et des spectres périodiques (c'est-à-dire des groupes syllabiques et des voyelles), permet aux enfants de commencer à extraire des groupes sonores du flot de langage qui les entoure. Il n'est pas nécessaire de recommencer ici une description de la littérature sur le sujet, mais il convient de souligner deux points : (1) l'apprentissage de la reconnaissance semble passer par une étape globale et grossière qui ne permet pas une identification mais permet une pré-segmentation et l'application de procédures de reconnaissance de formes locales et à contexte précis ; (2) ce développement n'est pas lié au développement

de la cognition – il y a une autonomie de la forme, un traitement de la forme de langue comme il y a un traitement autonome de la manipulation et reconnaissance d'un objet et comme il y a un traitement des mouvements du corps. Ces traitements de formes externes peuvent se nourrir les uns les autres, mais comme ils ont une autonomie propre, ils se développent aussi de manière isolée.

Plus tard, entre l'âge de six à douze mois (Leroy, 2001), les formes produites par l'enfant se multiplient tout doucement, puis de plus en plus vite. À partir de cet âge, les formes de langue sont associées de manière relativement systématique avec des éléments identifiables mais souvent différents de ceux que l'adulte utiliserait lui-même – ce qui permet à l'enfant et aux parents de communiquer. C'est en général à partir de l'âge de 18 mois à 2 ans que l'enfant possède un vocabulaire d'une ampleur et d'une complexité phonétique suffisantes pour commencer à faire des assemblages syntaxiques. Avant, le vocabulaire de l'enfant est formé uniquement de ce que nous avons appelé formes holophrastiques de base du niveau N1. Les premiers assemblages que l'enfant produit sont des successions d'énoncés qui sont, selon la prosodie, des assemblages de niveau N3 (plusieurs formes prosodiques), ou de niveau N2 (une seule forme prosodique). Les premières suites de mots sont capables d'exprimer des situations dynamiques (action en cours, modification d'un sentiment) comme statiques (descriptives). On constate une évolution dans la prononciation des premiers mots des enfants, avec des couples de mots qui sont d'abord prononcés comme deux énoncés, avec une courbe intonatoire séparée pour chacun des deux mots, puis comme un seul énoncé, les deux mots étant dans une seule courbe intonatoire (Bardot, 1996; Konopczynski, 1998a). Ceci atteste des efforts de l'enfant pour lier les éléments et de ses progrès phonétiques, c'est-à-dire d'une évolution d'un assemblage de niveau N3 vers un assemblage de niveau N2. La construction de niveau N2 est complètement modélisée par l'algorithme du 3-pas présenté ci-dessus (voir 5.2.2 « L'hypothèse du 3-pas »).

Pendant un certain temps, ces assemblages sont les seuls qui sont produits, ce qui ne les empêche pas de devenir de plus en plus nombreux et complexes. Durant la même période, l'enfant enrichit son univers cognitif, ce qui lui permet de comprendre que les éléments qu'il entend et manipule n'ont pas qu'une

signification globale, mais au contraire que leur sens résulte d'une combinaison d'éléments multiples. Ceci va l'inciter à décomposer des éléments qui apparaissaient monolithiques. Les processus de désassemblage-réassemblage précis peuvent donc apparaître. À ce moment commencent à être produites des constructions qui sont impossibles dans l'algorithme du 3-pas. Leur apparition pourrait expliquer pourquoi cet algorithme ne parvient pas à reconstituer 100% des énoncés, même en gonflant artificiellement les connaissances lexicales des enfants.

Le développement plus complexe des niveaux N2 et N3 ne commence pas avant un âge assez avancé, comme en témoigne l'existence de nombreux développements syntaxiques plus tardifs qu'ils ne paraissent l'être à première vue (Karmiloff-Smith, 1979b; Karmiloff-Smith, 1979a; Bowerman, 1982; Bowerman, 1985; Karmiloff-Smith, 1986). Une des caractéristiques principales des principes présentés ci-dessus est que l'enfant utilise d'abord des structures plus complexes que sa maîtrise de la syntaxe ne le permettrait, grâce à la production des formes brutes non analysées. Il y a donc une apparence de production avancée qui peut être suivie d'apparentes régressions qui sont au contraire la preuve d'une progression dans le développement.

6.2.2.4 Remarques finales

Nous n'avons pas précisé ci-dessus comment et quand se faisaient les associations entre formes et fonctions. Cet oubli n'est pas anodin et a plusieurs raisons d'être. La première est notre manque de certitude sur la question. La deuxième est qu'il ne nous semble pas que cette association se fasse à un moment privilégié du développement ou avec des structures langagières ou cognitives particulières. La dernière est qu'il ne nous semble pas qu'il y ait de correspondance exacte entre forme et fonction. Rien n'oblige les structures de la langue et de la cognition à coïncider et elles ne le font probablement pas, ni chez l'enfant qui commence à peine à parler, ni chez l'adulte. Le groupe nominal *le chien* correspond à un animal, une espèce, un animal précis, un personnage dans une histoire, un film, une injure, la partie d'une arme, etc., le groupe *un chien* correspond à un autre ensemble de notions (il ne peut pas représenter un élément

précis mais peut représenter un élément dans un ensemble). Par ailleurs, l'image que l'on se fait d'un chien prototypique (image hautement personnelle et culturelle) correspond à *le chien* et *un chien* mais aussi *un animal*, *une bête*, *le meilleur ami de l'homme*, *un compagnon à quatre pattes*, *un quadrupède carnivore domestique*, etc. En réalité, *chien* (la forme de langue) pointe sur un ensemble de notions cognitives et « chien » (l'image cognitive que nous en avons) pointe sur un ensemble de constructions de langue. Ces correspondances évoluent en permanence, d'une langue à l'autre (voir par exemple Slobin, 2001), d'un individu à l'autre, tout au long de la vie d'une personne et même d'un instant à l'autre. Si ce n'était le cas, alors comment pourrions nous évoluer de *au revoir* correspondant à « maman s'en va », « on secoue les mains en cœur » ou « la télé s'éteint », à un acte social et à la marque d'une séparation à caractère non permanent ? Comment pourrions-nous même envisager que notre lexique évolue dans le temps ?

Si on ne suppose pas l'existence de liens stables et univoques entre formes et fonctions – même si la découverte des uns aide à la découverte des autres et vice-versa, ce qui permet une évolution des correspondances entre les uns et les autres – il faut qu'il existe des moyens de structurer la langue de manière autonome (ce que nous avons présenté ci-dessus), sinon aucune structure ne pourrait être partagée par les êtres humains.

Nos propositions théoriques permettent de faire quelques hypothèses sur les causes des troubles de développement du langage et aussi sur l'implémentation neuronale du langage. Pour ce dernier point, notre hypothèse est cohérente avec l'idée d'une modularisation du langage au cours du développement, avec des structures neuronales perceptives relativement spécifiques de la tâche qui leur est dévolue, avec des propriétés de structures neuronales identiques pour la langue et la cognition, possédant des caractères d'apprentissage, d'auto-organisation, de classification, de séquençement (programmation), etc. Dans notre modèle, les troubles peuvent apparaître pour deux raisons : soit par une faiblesse de traitement de la forme du langage, soit par une faiblesse dans l'organisation des connaissances langagières. Ce dernier cas peut à son tour avoir plusieurs causes, notamment un manque dans la capacité de mémoire à court terme, ou un manque

dans la capacité de manipulation (extraction de régularités, assemblages d'éléments, dissociation d'éléments). Les problèmes potentiels sont donc multiples et peuvent induire des troubles spécifiques ou non.

Par exemple, les troubles des voies sensorielles ont des conséquences a priori spécifiques. Ces troubles peuvent avoir des origines difficiles à détecter, en particulier ceux qui portent sur les voies magnocellulaires. Les traitements globaux et rapides sont possibles, mais moins efficaces et surtout mal synchronisés avec les traitements plus lents, locaux et précis. Dans ce cas, la perception peut être fine et précise, et donc paraître bonne, mais pas assez globale pour apprendre à distinguer les formes langagières de base. À partir de là, le reste du développement accumule du retard et les troubles peuvent cesser d'être spécifiques. Un autre exemple est celui des troubles de la mémoire immédiate ou à long terme, ou des capacités de traitement. Ces troubles semblent avoir parfois des conséquences plus visibles sur le langage que sur la cognition parce que les performances de langage sont souvent plus visibles et plus faciles à quantifier, alors que ce ne sont pourtant pas des troubles spécifiques. La difficulté pour le chercheur est que des causes différentes tendent à produire les mêmes effets. Ainsi, des troubles phonétiques ne permettent pas à l'enfant de se constituer un stock important de formes de langue ni de repérer les régularités entre ces formes. Les troubles mnésiques auront les mêmes effets. Enfin, des troubles dans les processus de traitement auront des effets proches puisque l'on n'assistera à aucun démarrage de la syntaxe, et donc à une stagnation dans un stade où les phrases sont courtes, peu complexes et peu variées.

Comme la théorie présentée ici ne subordonne pas la maîtrise du langage à la cognition, elle peut expliquer pourquoi le langage peut être préservé en dépit de faiblesses cognitives (et donc apparaître très robuste). Ainsi, une partie des traitements linguistiques réalisés par le nouveau-né et l'enfant de moins de deux ans peut être considérée comme ne relevant d'aucun traitement sémantique. Ceci est particulièrement clair dans la formulation du titre du livre de Morgan et Demuth (1995), « Signal to syntax: Bootstrapping from speech to grammar in early acquisition », titre qui montre bien que certains chercheurs considèrent qu'il est possible de passer de la phonétique à la syntaxe sans aborder les phénomènes

de compréhension ou d'interprétation. Il faut pour cela une bonne préservation des processus perceptifs (audition en particulier) et de la mémoire à long terme. Par contre, la mémoire à court terme peut être faible. Dans ce cas, seule la capacité de traiter et réellement comprendre des phrases complexes sera atteinte. Toutefois, l'apparence de langage évolué sera conservée.

6.2.2.5 Conclusion

Nous avons présenté une théorie (ou un modèle) qui associe quelques unes des idées directrices de théories usuelles, tout en étant radicalement différente. Comme les théories générativistes, ce modèle met en avant une certaine autonomie de la langue par rapport à la cognition et l'aspect génératif de la faculté de langage, c'est-à-dire sa capacité à produire un nombre potentiellement infini d'énoncés. Comme les modèles connexionnistes, cette théorie met en avant la structuration à partir des données externes. Le cerveau ne contient pas de structure linguistique innée, mais en interaction avec l'environnement et grâce à son aptitude au traitement des formes du langage, il va développer ces structures. Enfin, dernier élément en commun avec les modèles connexionnistes, cette théorie peut être testée à l'aide des moyens de l'informatique, mais aussi, comme elle est très liée aux données, en comparant ses prédictions et l'observation du développement, typique ou pathologique, du langage des enfants.

ENCADREMENT DE LA RECHERCHE ET ACTIVITES DE TRANSFERT

Encadrements de stage et de recherches.

Mon affectation de chercheur INSERM hors-unité ne m'a pas permis de faire autant de travaux d'encadrement que je l'aurais désiré mais néanmoins j'ai pu au fur et à mesure des années développer ma capacité à encadrer des étudiants de diverses disciplines.

Mon premier travail d'encadrement fut celui de Malik Imadache en 1989 et surtout en 1990, travail qui a mené à une thèse d'Université soutenue le 7 novembre 1990 à Paris VI et intitulée « Reconnaissance de l'écriture manuscrite : extension à de grands lexiques de l'analyse de la forme globale des mots » – thèse dirigée par Evelyne Andreewsky, Directeur de Recherche INSERM. Bien que n'étant pas directeur de thèse, je fus le premier interlocuteur scientifique et technique de Malik dans la mesure où son travail était la continuation directe de celui que j'avais développé pour ma propre thèse. Une partie des travaux que j'ai publiés en 1996 et présentés dans cette thèse d'habilitation est redevable de son travail. Il m'a fallu dans cet encadrement estimer correctement les directions de recherche à suivre, les problèmes techniques à résoudre et surtout donner des indications de travail suffisamment précises et adéquates pour que Malik puisse travailler sans mon intervention permanente.

Le travail d'encadrement de Laurent Guay, réalisé dans le cadre d'un stage d'IUT de Génie Informatique (Créteil) et effectué en 1992, fut le premier encadrement réalisé sous mon entière responsabilité. Il s'agissait d'un encadrement à caractère informatique (intégration sous Windows des systèmes de reconnaissance réalisés précédemment sous DOS). Il est clair que ce type de stage nécessite un encadrement à caractère technique qui, s'il n'est pas usuel dans les fonctions d'un enseignant, peut être plus courant dans la carrière d'un chercheur.

Ce travail a été intégré dans ma recherche sur la reconnaissance de l'écriture manuscrite.

L'encadrement de Maxime Kouznetzov s'est fait en collaboration avec Alexandre Andreewsky. Il s'est agi d'encadrer le stage de DEA de Maxime, effectué de 1994 à l'Université de PARIS VI (DEA d'Intelligence Artificielle), et le travail qui a suivi et qui n'a pas mené à une thèse pour des raisons de priorités professionnelles. Cet encadrement a revêtu un caractère à la fois technique et scientifique. Nous avons travaillé sur un thème de recherche commun à Alexandre Andreewsky et moi-même dans les années 1988 à 1995, la reconnaissance automatique de la parole et en particulier les techniques de reconnaissance de phonèmes continus.

Mon changement d'orientation de recherche ne m'a pas permis de continuer d'encadrer des étudiants avec le même rythme, puisque les élèves qui font des stages au laboratoire ont en général des formations très différentes de la mienne. Après trois ans de travail dans le domaine, il m'est toutefois devenu possible d'encadrer des personnes dans le domaine du développement du langage de l'enfant.

J'ai participé en 1999 à l'encadrement de Marie-Christèle Filloux au cours de son DEA de Médecine (psychopathologie) PARIS VI. Il s'est agi de réaliser une étude du langage spontané d'enfants autistes de langue française. Ces enfants ont été vus au service du professeur Mazet à la Salpêtrière. Le protocole de la Maison de Famille de Marie-Thérèse Le Normand a d'abord été utilisé, puis des situations spécifiques ont été préparées en fonction des résultats obtenus pour inciter les enfants à produire des énoncés plus variés et complexes. Le traitement des enregistrements a pu être fait en utilisant les mêmes techniques que celles décrites ci-dessus pour les autres enfants.

J'ai participé avec Marie-Thérèse Le Normand à l'encadrement d'un stage de Maîtrise de Psychologie (PARIS V), celui de Rachida Igmir. Son travail a consisté à saisir, corriger, et analyser des données concernant des enfants bilingues. Les enregistrements ont été traités à l'aide de nos outils (en particulier POST). Ils seront utilisés pour des travaux de recherche dans le laboratoire.

J'ai encadré en 2000 le stage d'Edith Soubeyrand, effectué dans le cadre de la Licence de Logopédie de la Faculté Catholique de Louvain. Ce diplôme est l'équivalent d'un DEA d'Orthophonie, diplôme qui n'existe pas en France pour l'instant. Le stage a consisté en la réalisation d'un outil d'évaluation des capacités de discrimination phonétique et de désignation d'images des petits enfants. Il s'agissait de créer un outil ludique qui soit utilisable par des très petits enfants ou par des enfants ayant de graves déficits de développement du langage, notamment pas ou peu de production ainsi que des troubles légers du comportement qui rendent l'exécution de tests psycholinguistiques classiques impossible. S'agissant d'un thème de recherche que nous cherchons à développer dans le laboratoire, mon implication dans ce projet a été plus importante que pour d'autres stages. Enfin, la qualité du travail a été permise par le haut niveau de compétence de l'étudiante (niveau DEA).

Mon travail d'encadrement devrait s'amplifier dans les années à venir. Ainsi, j'ai encadré lors de l'année universitaire 2001-2002 deux stages d'orthophonie effectués par des élèves en quatrième année de l'Ecole d'Orthophonie de la Salpêtrière. Chaque stage est effectué par un binôme d'élèves, ce qui permet de mettre en place des travaux d'encadrement et de recherche de plus grande ampleur. Le travail du premier stage, effectué par Emeline Coignet et Virginie Lefèbvre, représente une continuation du travail précédemment effectué avec Edith Soubeyrand. L'outil de test de la perception phonétique et de la compréhension lexicale du petit enfant a pu être testé chez 30 enfants de 2 ans à 3 ans et demi. Le travail du second stage, effectué par Adeline Fiot et Hélène François, est de réaliser une analyse phonologique détaillée des productions de 8 enfants, 4 enfants ayant des troubles spécifiques du développement du langage, 4 enfants ayant un développement typique. Ces deux stages devront nous permettre de mieux comprendre comment le développement phonétique et phonologique influe sur le développement morphosyntaxique.

CURRICULUM VITAE

CHRISTOPHE PARISSÉ

Né le 29 juin 1961 à Longwy, France.

Chargé de Recherche 1^{ère} classe INSERM

Affectation : Laboratoire de Neuropsychopathologie du Langage et de la Cognition (Hôpital de la Salpêtrière, Paris, INSERM CRI 9609).

CURSUS UNIVERSITAIRE

- 1978 – Baccalauréat Série C, Nancy
- 1983 – DEUG MASS Linguistique, Université Paris VII, Paris.
- 1985 – Maîtrise d’informatique, Université Paris VII, Paris.
- 1986 – DEA Systèmes informatiques, Université Paris VI, Paris.
- 1989 – Thèse d’Université Mention Informatique, Université Paris XI Orsay

EXPERIENCE PROFESSIONNELLE

- 1986-1988: Contractuel CNRS au LIMSI, Orsay (Traitement automatique du langage : Conception, réalisation et mise au point d’outils de linguistique automatique pour 7 langues de la communauté européenne. Projet ESPRIT).
- 1989-1990: Ingénieur de développement chez STANDARDATA, pour IBM, Paris (Réalisation d’un interpréteur-compileur PROLOG).
- 1990-présent: Chargé de Recherche, INSERM.
 - 1990-1995 : Affecté au TLNP (Traitement du Langage Normal et Pathologique)

- 1996-présent : Affecté au CRI 9609

APPARTENANCES PROFESSIONNELLES

Réseau d'Information des Sciences Cognitives (RISC)

Association de Recherche pour les Sciences Cognitives (ARCo)

Child Language Exchange Data Society (CHILDES)

Organisation de congrès

Journées de Rochebrune :

1997-1998 : Membre du comité d'organisation

1999-2000 : Président du comité d'organisation

Thème des 6^{èmes} Journées de Rochebrune - *Invariance, Interaction,*

Référence : l'Identité en question, 2-9 février 1997.

Thème des 7^{èmes} Journées de Rochebrune - *Quelles relations entretenons-nous avec nos modèles ?* 2-9 février 1998.

Thème des 8^{èmes} Journées de Rochebrune - *Conflit des interprétations et interprétation des conflits,* 1-7 février 1999.

Thème des 9^{èmes} Journées de Rochebrune – *Représentations graphiques dans les systèmes complexes naturels et artificiels,* 30 janvier-5 février 2000.

LISTE DES TRAVAUX

Articles et ouvrages

- Parisse C. (1989). *Reconnaissance de l'écriture manuscrite: analyse de la forme globale des mots et utilisation de la morphosyntaxe*. Thèse de Doctorat, Université de Paris-Sud, Orsay, 171 pages.
- Parisse C., Andreewsky A. et Imadache A. (1989). Un système d'apprentissage de relations lexico-sémantiques pour la reconnaissance de l'écriture manuscrite. *Afcet/Interface*, 86, Décembre, 9-12.
- Rosenthal V., Parisse C. et Eisenberg R. (1990). La cognition du connexionnisme. *Intellectica*, 9/10, 323-328.
- Parisse C., Rosenthal V., Imadache A., Andreewsky E. et Cochu F. (1990). A task oriented approach to reading and to handwritten text recognition. in *Computer processing of handwriting*, Plamondon R. and Leedham C. G. (Eds), World Scientific Publishing Co., Singapore, 313-335
- Fargeas X., Andreewsky E. et Parisse C. (1990). De la représentation des connaissances psychiatriques aux techniques informatiques de diagnostic: deux exemples. *Actualités psychiatriques* 5, Mai, 34-37
- Andreewsky, E., Desi, M. et Parisse, C. (1991). Deep dyslexia : theoretical implications for reading and rehabilitation. *Aphasiology*, vol. 5, n° 4 & 5, 335-339.
- Parisse, C (1992). Reconnaissance hors-ligne de mots manuscrits sans contrainte d'écriture ni de vocabulaire. *Bigre*, n°80, 136-143.
- Andreewsky, E., Cochu, F., Parisse, C., Orsoni-Maillard, D. (1993). Reading as a complex phenomenon. *Systems Science Adressing Global Issues*, F. A. Stowell & al. (Ed.), Plenum Press, New-York, 213-216.
- Rosenthal, V, et Parisse, C. (1995). Reading print but not script : Another dyslexia ? *Brain and Cognition*, vol 28, n°1, 95.

- Desi., M., Rosenthal, V., et Parisse, C. (1995). Infra-lexical processes in a case of word deafness: The effect of contextual pretuning. *Brain and Cognition*, vol 28, n°1, 112-113.
- Parisse, C. (1996). Global word shape processing in off-line recognition of handwriting. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol 18, n°4, 460-464.
- Parisse, C. (1997). Identité des unités d'expression de la langue, *Intellectica*, 24, 141-151.
- Parisse C., et Le Normand, M.T. (1997). Etude des catégories lexicales chez le jeune enfant à partir de deux ans à l'aide d'un traitement automatique de la morphosyntaxe, *Bulletin d'Audiophonologie*, XIII, 6, 305-328.
- Parisse C., et Le Normand, M.T. (1998). Traitement automatique de la morphosyntaxe chez le petit enfant, *Glossa*, 61, 22-29.
- Parisse, C. (1999). Cognition and language acquisition in normal and autistic children. *Journal of Neurolinguistics*, 12, 3-4, 247-269.
- Parisse C., et Le Normand, M.T. (2000). How do children build their morphosyntax: The case of French, *Journal of Child Language*, 27, 267-292.
- Parisse C., et Le Normand, M.T. (2000). Automatic disambiguation of morphosyntax in spoken language corpora, *Behavior Research, Methods, Instruments and Computers*, 32, 3, 468-481.
- Le Normand, M.T. et Parisse, C. (2000). Acquisition du lexique verbal chez des enfants atteints d'une dysphasie de développement : étude comparative et longitudinale. *Revue neurologique*, 156, Sup 1, 1S126.
- Parisse, C. et Le Normand, M. T. (2001). Local and global characteristics in the development of morphosyntax by French children, *First Language*, 21, 187-203.
- Parisse, C. et Le Normand, M. T. (2002). Production of lexical categories in French children with SLI and in normally developing children matched for MLU, *Brain and Cognition*, 48, 2-3, 490-494.
- Parisse, C. (2002). Oral language, written language and language awareness, *Journal of Child Language*, 29, 478-481.

Conférences, Proceedings, Communications, Divers

- Andreewsky E., Andreewsky A., Desi M., Parisse C., Imadache A. et Orsoni D. (1989). Medi-Spirit: un système interactif d'aide au diagnostic en langage naturel. *Journées d'Informatique Médicale*, Toulouse, Mai.
- Cochu F., Rosenthal V., Parisse C., Imadache A. et Andreewsky E. (1989). How hidden are letters in words? *Fourth IGS (International Graphonomics Society)*, Trondheim, Norvège, Juillet.
- Andreewsky E. et Parisse C. (1989). Alexie et reconnaissance automatique de l'écriture. *C.R. 1er Congrès Européen de Systémique*, T1, 735-742.
- Andreewsky A., Andreewky M., Parisse C. et Ringot P. (1989). Un système d'apprentissage pour la création de relations lexicales-sémantiques. *C.R. 1er Congrès Européen de Systémique*, T1, 33-40.
- Parisse C., Imadache A. et Andreewsky E. (1989). MEPHISTO: Système de reconnaissance de l'écriture manuscrite. AFCET, 7e Congrès de Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle, T2, 955-974.
- Parisse C. et Rosenthal V. (1990). Alexies, dyslexies et modélisation cognitive des mécanismes de la lecture. *Journées de la Société de Neuropsychologie de Langue Française*. Lille, Mai.
- Parisse C. (1990). Modèles de Markov appliqués à l'analyse syntaxique. Séminaire GRCE, Paris, Octobre.
- Fargeas X., Andreewsky E., Frydman F., Parisse C. et Desi M. (1990). From psychiatric knowledge representation to diagnostic systems. *Cognitiva 90*, Vol 2, pp. 454-459.
- Parisse C. (1991). Traitements syntaxiques pour la reconnaissance de l'écriture ou de la parole. *Journée de l'ATALA : "Langage naturel et traitement automatique de l'écrit et de l'oral"*.
- Parisse C., et Andreewsky E. (1991). Deep dyslexia and handwritten word recognition, *Rodin Remediation 18th Scientific Conference, Reading and Reading Disorders*, Bern, Août.
- Andreewsky, A., Desi, M., et Parisse C. (1992). Un système de Validation et Apprentissage Autoadaptatif pour la Reconnaissance Automatique de la Parole, *Journées de Rochebrune*, Janvier.

- Andreewsky, E., Fargeas, X., Parisse, C., et Frydman, F. (1992). Two complementary approaches of computer assisted medical diagnosis, *5th World Conference on System Science in Health Care*, Prague, Juin
- Parisse, C. et Andreewsky, E. (1992). A fuzzy approach in handwritten automatic recognition, *IPMU 92 Proceedings*, 619-621.
- Parisse C. (1993). Suppression de la notion de seuil : application à la reconnaissance de l'écriture manuscrite. *Sixth International Conference on Handwriting and Drawing*, Paris, ENST-93S001, 249-251.
- Andreewsky, A., Parisse, C., Mignard, N. (1993). The difficulties of learning and default analysis in tree methods? *Second European Congress on System Science*, vol 1, 173-177.
- Parisse, C. (1994). Reconnaissance phonétique pour la parole continue, *5th International IPMU Conference*, vol 3, 51-52.
- Parisse, C., Rosenthal, V., et Chainay, H. (1995). Global-to-local structure of visual processes in reading. *Seventh Biennial Conference of the IGS*, London, Canada, Août.
- Andreewsky, E., Bourcier, D., Parisse, C., et Fargeas, X. (1995). Systèmes logique et analogique d'aide à la décision, *2° Congrès biennal de l'AFCE*, 343-348.
- Parisse, C. (1996). Fractal Aspect of the Language, *3rd European Congress on Systems Science*, 1067-1071.
- Parisse, C. (1996). Vagueness against Cognition, *XVIth Scandinavian Conference of Linguistics*, Turku, Finlande, Novembre.
- Andreewsky, E, Bourcier, D., Parisse, C., et Peraita, H. (1996). Une société de mots: le texte. in *Du collectif au social - 5ième Journées de Rochebrune*, Paris, ENST-96S002, 127-133.
- Parisse, C. (1997). Relations between morphology, syntax and semantics in language perception, *International Cognitive Linguistics Conference 97*, Amsterdam, Pays-Bas, Juillet.
- Parisse, C., Andreewsky, E. (1997). "Décision lexicale et dynamique cognitive", *Atelier Décision et Langage - la dialectique du savoir et du dire*, 5e Journées, MCX, Poitiers, Juin.

- Parisse, C. & Andreewsky, E. (1998). Dynamic System & Psycholinguistics: Linguistic and Non-linguistic Rules. Presented at the *International Multidisciplinary Colloquium on Rules and Rule-Following*, Pécs, Hungary, Avril.
- Parisse, C. (1998). The computational analysis of morphosyntax in young French children. Presented at the *Summer School of Language and Language Disorders*, Jyväskylä, Finland, August.
- Parisse, C. et Le Normand, M. T. (1998). Developmental dynamics of the morphosyntax of young French children. Presented at the *Child Language Seminar 1998*, Sheffield, England, September.
- Timsit, M., Parisse, C., et Andreewsky, E. (1998). Psychopathologie, modèles et pouvoir. in *Quelles relations entretenons-nous avec nos modèles ? - 7ième Journées de Rochebrune*, Paris, ENST-98S001, 283-292.
- Andreewsky, E., Parisse, C. et Fargeas, X. (1998). Non linear dynamic and schizophrenic troubles of personal identity, *5th Internet World Congress for Biomedical Sciences*, December 7-16, <http://www.mcmaster.ca/inabis98/>
- Parisse, C. (1999). L'évolution cognitive par la résolution de conflit ou le conflit, moteur de la cognition. In *Conflit des interprétations et interprétation des conflits - 8ième Journées de Rochebrune*, Paris, ENST-99S001, 227-238.
- Parisse, C. & Le Normand, M. T. (1999). Language acquisition and cognition development in autistic children, *TENNET X*, Montréal, Canada, Juin.
- Parisse, C. & Le Normand, M. T. (1999). Emergence of phonology following left hemispherectomy: a case study, *Child Phonology Conference*, Bangor, UK, Juillet.
- Le Normand, M.T. et Parisse, C. (2000). The acquisition of lexical categories in French SLI and Preterm children. *VI Meeting of the European Child language Disorders Group*, Schloss Maurach, Germany, June.
- Parisse, C. (2000). Rassembler des données volumineuses sur le développement du langage chez l'enfant normal et pathologique : comment et dans quel but ? *Séminaire de l'Unité de psychologie cognitive*, Université Catholique de Louvain, Louvain-La-Neuve, 17 Mars 2000.

- Parisse, C. (2000). Evaluation lexicale et grammaticale du langage spontané chez le petit enfant. *Société Belge des Logopèdes Universitaires*, Louvain-La-Neuve, 18 Mars 2000.
- Parisse, C. (2000). Des principes simples pour un résultat complexe : le développement de la syntaxe chez l'enfant de deux à trois ans, *JIOSC 2000, L'apprentissage, Une approche transdisciplinaire*, Orsay, France, Décembre 2000.
- Parisse, C., et Le Normand, M.T. (2001). Characteristics of the syntactic development in French children from age two to four. *Decolage 2001*, Besançon, France, Mars 2001.
- Parisse C., et Le Normand, M.T. (2001). Production of verb categories in French children with SLI, *Symposium on Research in Child Language Disorders*, Madison, Wisconsin, USA, Juin 2001.
- Parisse, C. et Le Normand, M. T. (2001). Production of lexical categories in French children with SLI and in normally developing children matched for MLU, *TENNET XII*, Montréal, Canada, Juin 2001.
- Parisse, C. et Le Normand, M. T. (2001). Lexical output variations in young children, *Child Language Seminar*, Hatfield, UK, Juillet 2001.
- Parisse, C. et Le Normand, M. T. (2001). Early lexical development in English and French children aged 1;6 to 2;6, *ELA 2001*, Lyon, France, Décembre 2001.

ANNEXES

Annexe 1 : Description des catégories lexicales utilisées par POST

adj	Adjectif
adv	Adverbe
adv:neg	Adverbe de négation
adv:place	Adverbe de lieu
adv:rel	Adverbe relatif
adv:voilà	Locution voici, voilà
co	Interjection
co:act	Interjection exclamative
conj	Conjonction
det	Article
det:gen	Article généralisé
n	Nom
n:prop	Nom propre
num	Nombre
prep	Préposition
prep:art	Préposition article
pro	Pronom
pro:dem	Pronom démonstratif
pro:rel	Pronom relatif ou interrogatif
pro:y	Pronoms y, en
v	Verbe conjugué
v avoir	Verbe avoir
v être	Verbe être
v:inf	Infinitif
v:pp	Participe passé
v:prog	Participe présent

Annexe 2 : Exemple de transcription formaté selon les principes de CHAT et traitée avec les sous-programmes MOR et POST du logiciel CLAN.

*CHI: y' a un bébé

%mor: pro:y|y' v|avoir&PRES&3S num|un^det|un^pro|un^v|unir

n:prop|bébé^n|bébé&MASC^n:prop|bébé&MASC

%pos: pro:y|y' v|avoir&PRES&3S det|un n|bébé&MASC

*CHI: tatie aussi

%mor: n|tatie adv|aussi^conj|aussi

%pos: n|tatie adv|aussi

*CHI: un petit garçon

%mor: num|un^det|un^pro|un^v|unir adv|petit^n|petit&MASC^adj|petit&MASC

n|garçon&MASC

%pos: det|un adj|petit&MASC n|garçon&MASC

*CHI: bébé

%mor: n|bébé&MASC^n:prop|bébé&MASC

%pos: n|bébé&MASC

*CHI: j' ai sali ma robe

%mor: pro:subj|je&1S^pro|j' v|avoir&PRES&1S

v:pp|sali&MASC&SING^v|sali-IMP&2S^v|sali-PRES&3S det:poss|ma n|robe&FEM

%pos: pro:subj|je&1S v|avoir&PRES&1S v:pp|sali&MASC&SING det:poss|ma n|robe&FEM

*CHI: maman va laver

%mor: n:prop|maman^n|maman&FEM^n:prop|maman&FEM

v:mdl|aller&IMP&2S^v:mdl|aller&PRES&3S^co|va v:inf|laver

%pos: n:prop|maman^n:prop|maman&FEM

v:mdl|aller&IMP&2S^v:mdl|aller&PRES&3S v:inf|laver

*CHI: Cindy

%mor: n:prop|cindy

%pos: n:prop|cindy

*CHI: elle m' énerve Cindy

%mor: pro:subj|elle&3S&FEM^pro:dat|elle^pro|elle pro:refl|me&1S^pro|m'

v|énerv-SubjV:PRES&3S^v|énerv-SubjV:PRES&1S^v|énerv-IMP&2S^v|énerv-PRES&3S^v|énerv-PRES&1S n:prop|Cindy

%pos: pro:subj|elle&3S&FEM pro:refl|me&1S

v|énerv&IMP&2S^v|énerv&PRES&1S^v|énerv&PRES&3S^v|énerv er&SubjV:PRES&1S^v|énerv&SubjV:PRES&3S n:prop|Cindy

Annexe 3 : Exemples de mots utilisés dans n'importe quel sens dans le même enregistrement (enfants âgés de 1 an 10 mois à 2 ans 2 mois).

Anne	01B	baby stuck	John	03B	do sock-s
Anne	01B	stuck baby	John	03B	want sock-s do
John	01A	bang bang snail	Liz	03A	that mine that
John	01A	snail bang bang bang			
John	01B	go swim-ing	Anne	04A	fit there down here
John	01B	swim-ing go	Anne	04A	no that fit down there
Warren	01A	Controller gone	Aran	04A	pipe got burst
Warren	01A	gone Controller	Aran	04A	pipe got wet
Warren	01A	there brick there	Aran	04A	look got pipe burst
			Aran	04A	a man there
Aran	02A	Daddy truck	Aran	04A	there a man
Aran	02A	truck Daddy	Aran	04A	me sit there
Aran	02B	toy oh toy there	Aran	04A	sit there me
			Aran	04A	and me sit there
Carl	02A	birdie there no	Aran	04A	it put sand
Carl	02A	no there sheep	Aran	04A	put it that
Dominic	02b	gone train	Carl	04B	car fish
Dominic	02b	train gone	Carl	04B	fish car
			Carl	04B	it dog it eat
Joel	02A	no Mummy			
Joel	02A	no Mummy no	Warren	04A	that one there
			Warren	04A	there that one
John	02B	this it			
John	02B	do it this dolly	Aran	05A	like that
			Aran	05A	that like that
Ruth	02B	baba in there	Aran	05A	that one
Ruth	02B	in there baba	Aran	05A	Daddy get another one
					that door
			Aran	05A	get get Daddy
Warren	02A	there red there			
Warren	02B	broken it	Carl	05A	Percy no
Warren	02B	it broken	Carl	05A	no Percy
Warren	02B	Warren broken it	Carl	05A	six seven six
Anne	03B	move monkey that way	Nic	05A	Mummy no
Anne	03B	no pinch that monkey	Nic	05A	no Mummy
Carl	03A	elephant on Thomas	Ruth	05A	baba eye
Carl	03A	there cow on elephant	Ruth	05A	eye baba
Carl	03A	elephant on train	Ruth	05B	baba on there
Carl	03A	hat on man	Ruth	05B	on there baba

Carl	03A	man on horse	Ruth	05B	Mama baba on there
Carl	03A	man on train			
Carl	03A	man on a pink one	Warren	05A	Mummy look
Carl	03A	man on a train	Warren	05A	look Mummy
Carl	03A	man in there man	Warren	05A	a sleep Mummy
Carl	03B	ooh whee	Warren	05A	Mummy sleep Mummy
Carl	03B	whee ooh			

REFERENCES

- Adams, M. J. (1979). Models of word recognition. *Cognitive Psychology*, 11, 133-176.
- Adda, G. (1987). *Reconnaissance de grands vocabulaire. Une étude syntaxique et lexicale*. Thèse de Docteur-Ingénieur, Paris-Sud, Orsay.
- Akhtar, N., & Tomasello, M. (1997). Young children's productivity with word order and verb morphology. *Developmental Psychology*, 33, 952-965.
- Alleton, V. (1997). *La grammaire du chinois*. Paris: PUF.
- American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders. 4th edition*. Washington, DC: American Psychiatric Association.
- Andreewsky, A., Debili, F., & Fluhr, C. (1980). Apprentissage - syntaxe, sémantique lexicale. *Revue du palais de la découverte*, 9(83), 17-40.
- Andreewsky, A., & Fluhr, C. (1973). *Apprentissage - Analyse automatique du langage, application à la documentation*. (Vol. 21). Paris: Dunod.
- Anglin, J. M. (1993). Vocabulary development: a morphological analysis. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 58(10), 1-165.
- Aram, D. M. (1991). Comments on specific language impairment as a clinical category. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 22, 84-87.
- Auroux, S. (1989). Introduction. In S. Auroux (Ed.), *Histoire des idées linguistiques*. Sprimont: Mardaga.
- Badie, K., & Shimura, M. (1982). Machine recognition of roman cursive script. *Proceedings Sixth International Conference on Pattern Recognition*, 28-30.
- Baldwin, D. A. (1993). Infants' ability to consult the speaker for clues to word reference. *Journal of Child Language*, 20(2), 395-418.
- Balota, D. A., Pollatsek, A., & Rayner, K. (1985). The interaction of contextual constraints and parafoveal visual information in reading. *Cognitive Psychology*, 17, 364-390.
- Balota, D. A., & Rayner, K. (1991). Word recognition processes in foveal and parafoveal vision : the range of influence of lexical variables. In D. Besner & G. W. Humphreys (Eds.), *Basic Processes in Reading*. London: LEA.
- Bardot, A. (1996). *Analyse prosodico-syntaxique d'énoncés d'enfants de deux ans nés prématurés*. Mémoire de maîtrise, Université de Besançon, Besançon.
- Barlow, M., & Kemmer, S. (Eds.). (2000). *Usage based models of language*. Stanford, CA: CSLI Publications.
- Baron-Cohen, S. (1995). *Mindblindness*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Baron-Cohen, S., Ring, H. A., Bullmore, E. T., Wheelwright, S., Ashwin, C., & Williams, S. C. R. (2000). The amygdala theory of autism. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 24, 355-364.
- Barrett, M. D. (1986). Early semantic representations and early word-usage. In S. A. Kuczaj & M. D. Barrett (Eds.), *The development of word meaning*. New York, NY: Springer-Verlag.
- Barrett, M. D. (1995). Early lexical development. In P. Fletcher & B. MacWhinney (Eds.), *The Handbook of Child Language*. Oxford, UK: Basil Blackwell.
- Bassano, D. (1999). L'interaction lexicale/grammaire et l'acquisition des verbes. *Parole*, 9/10, 29-48.

- Bassano, D. (2000). Early development of nouns and verbs in French: exploring the interface between lexicon and grammar. *Journal of Child Language*, 27, 521-559.
- Bassano, D., Maillochon, I., & Eme, E. (1998). Developmental changes and variability in the early lexicon: a study of French children's naturalistic productions. *Journal of Child Language*, 25(3), 493-531.
- Bates, E. (1999). Plasticity, localization and language development. In S. Broman & J. M. Fletcher (Eds.), *The changing nervous system: Neurobehavioral consequences of early brain disorders*. New York: Oxford University Press.
- Bates, E., Bretherton, I., & Snyder, L. S. (1988). *From first words to grammar*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Bates, E., & Carnevale, G. F. (1993). New directions in research on language development. *Developmental Review*, 13(4), 436-470.
- Bates, E., & Goodman, J. C. (1997). On the inseparability of grammar and the lexicon: Evidence from acquisition, aphasia, and real-time processing. *Language and Cognitive Processes*, 12(5-6), 507-584.
- Bates, E., & MacWhinney, B. (1982). Functionalist approaches to grammar. In E. Wanner & L. R. Gleitman (Eds.), *Language acquisition - the state of the art*. New York: Cambridge University Press.
- Bates, E., & MacWhinney, B. (1987). Competition, variation and language learning. In B. MacWhinney (Ed.), *Mechanisms of language acquisition*. New York, NY.: Springer-Verlag.
- Bates, E., Thal, D., Finlay, B. L., & Clancy, B. (in press). Early language development and its neural correlates. In I. Rapin & S. Segalowitz (Eds.), *Handbook of neuropsychology, Vol. 7: Child neurology (2nd ed.)*. Amsterdam: Elsevier.
- Becker, C. A. (1979). Semantic context and word frequency effects in visual word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 252-259.
- Bellugi, U., Marks, S., Bihrie, A., & Sabo, H. (1993). Dissociation between language and cognitive functions in William's Syndrome. In D. V. M. Bishop & K. Mogford (Eds.), *Language development in exceptional circumstances, 2nd Ed.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Berko-Gleason, J. (1958). The child's learning of English morphology. *Word*, 14, 150-177.
- Bertelson, P., de Gelder, B., & van Zon, M. (1997). Explicit speech segmentation and syllabic onset structure: developmental trends. *Psychological Research*, 60(3), 183-191.
- Besner, D., & Johnston, J. C. (1989). Reading and the mental lexicon: On the uptake of visual information. In W. Marslen (Ed.), *Lexical representation and process*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Besner, D., & McCann, R. S. (1987). Word frequency and pattern distortion in visual word identification and production: An examination of four classes of models. In M. Coltheart (Ed.), *Attention and performance XII*. London: Erlbaum.
- Best, C. T. (1994). The emergence of native-language phonological influences in infants: a perceptual assimilation model. In C. Goodman Judith & C. Nusbaum Howard (Eds.), *The development of speech perception: the transition from speech sounds to spoken words*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Best, C. T., McRoberts, G. W., & Sithole, N. M. (1988). Examination of the perceptual re-organization for speech contrasts: Zulu click discrimination by English-speaking adults and infants. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 245-260.
- 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. (1997). *Uncommon understanding: Development and disorders of language comprehension in children*. London: Taylor & Francis.
- 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, 1295-1310.
- Blanchard, H. E., Pollatsek, A., & Rayner, K. (1989). The acquisition of parafoveal word information in reading. *Perception & Psychophysics*, 46, 85-94.
- Blanche-Benveniste, C. (1997). *Approches de la langue parlée en français*. Paris: Ophrys.
- Bloom, L. (1971). Why not pivot grammar? *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 36, 40-50.
- Bloom, L. (1973). *One word at a time: The use of single word utterances before syntax*. The Hague, The Netherlands: Mouton.
- Bloom, L. (1993). *The transition from infancy to language*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bloom, L. (2000a). The intentionality model of word learning: How to learn a word, any word. In R. M. Golinkoff, K. Hirsh-Pasek, N. Akhtar, L. Bloom, G. Hollich, L. Smith, & M. Tomasello (Eds.), *Becoming a word learner: A debate on lexical acquisition*. Oxford, NY: Oxford University Press.
- Bloom, L. M., Tinker, E., & Margulis, C. (1993). The words children learn: Evidence against a noun bias in early vocabularies. *Cognitive Development*, 8(4), 431-450.
- Bloom, P. (1994). Possible names: The role of syntax-semantics mappings in the acquisition of nominals. *Lingua*, 92, 297-329.
- Bloom, P. (2000b). *How children learn the meaning of words*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Bod, R. (1998). *Beyond grammar: An experience-based theory of language*. Stanford, CA: CSLI Publications.
- Borsting, E., Ridder III, W. H., Dudeck, K., Kelley, C., Matsui, L., & Motoyama, J. (1996). The presence of a magnocellular defect depends on the type of dyslexia. *Vision Research*, 36(7), 1047-1053.
- Boucher, J. (1998). The pre-requisites for language acquisition: evidence from cases of anomalous language development. In P. Carruthers & J. Boucher (Eds.), *Language and thought*. Cambridge: CUP.
- Bowerman, M. (1996). Learning how to structure space for language: A crosslinguistic perspective. In P. Bloom & M. A. Peterson (Eds.), *Language and space*. Cambridge, MA: Mit Press.
- Bowerman, M., de León, L., & Choi, S. (1995). Verbs, particles, and spatial semantics: Learning to talk about spatial actions in typologically different languages. In E. V. Clark (Ed.), *The Proceedings of the 27th annual Child Language Research Forum*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Bowerman, M. F. (1978). The acquisition of word meaning: An investigation into some current conflicts. In N. Waterson & C. E. Snow (Eds.), *The Development of Communication*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Bowerman, M. F. (1982). Reorganizational processes in lexical and syntactic development. In E. Wanner & L. R. Gleitman (Eds.), *Language acquisition - the state of the art*. New York: Cambridge University Press.
- Bowerman, M. F. (1985). Beyond communicative adequacy: From piecemeal knowledge to an integrated system in the child's acquisition of language. In K. E. Nelson (Ed.), *Children's Language*, vol. 5. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Bowerman, M. F. (1986). What shapes children's grammar? In D. I. Slobin (Ed.), *The crosslinguistic study of language acquisition*, vol. 2. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Bowerman, M. F. (1988). Learning a semantic system - What role do cognitive predispositions play? In M. L. Rice, R. L. Schiefelbusch, & R. K. Hoyt (Eds.), *The teachability of language*. Baltimore: Paul H Brookes.
- Bozinovic, R., & Srihari, S. (1989). Off-line Cursive Script Word Recognition. *IEEE Transaction on pattern analysis & machine intelligence*, 11(1), 68-83.
- Braine, M. D. S. (1963). The ontogeny of English phrase structure: The first phase. *Language*, 39, 3-13.
- Braine, M. D. S. (1976). Children's first word combinations. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 41.
- Breitmeyer, B. G. (1980). Unmasking visual masking: A look at the "why" behind the veil of the "how". *Psychological Review*, 87, 52-69.
- Breitmeyer, B. G. (1993). Sustained (P) and transient (M) channels in vision: A review and implications for reading. In D. M. Willows (Ed.), *R. S. Kruk and E. Corcos*: Lawrence Erlbaum Associates.
- Brent, M. R. (1999). An efficient, probabilistically sound algorithm for segmentation and word discovery. *Machine Learning Journal*, 34, 71-106.
- Brent, M. R., & Cartwright, T. A. (1996). Distributional regularity and phonotactic constraints are useful for segmentation. *Cognition*, 61(1-2), 93-125.
- Briehl, D., & Inhoff, A. W. (1995). Integrating information across fixations during reading: The use of orthographic bodies of exterior letters. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*(21), 1, 55-67.
- Brown, R. W. (1973). *A first language: The early stages*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Bruner, J. S. (1975a). From communication to language: A psychological perspective. *Cognition*, 3, 255-287.
- Bruner, J. S. (1975b). The ontogenesis of speech acts. *Journal of Child Language*, 2, 1-19.
- Bruner, J. S. (1985). *Child's talk - learning to use language*. New York, NY: Norton.
- Carlson-Luden, V. (1979). *Causal understanding in the 10-month-old*. Ph. D. Thesis, University of Colorado at Boulder.
- Carpenter, P. A., & Just, M. A. (1981). Cognitive processes in reading: Models based on readers' eye fixations. In A. M. Lesgold & C. A. Perfetti (Eds.), *Interactive processes in reading*. London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Carpenter, P. A., & Just, M. A. (1983). What your eyes do while your mind is reading. In K. Rayner (Ed.), *Eye movements in reading*. New-York: Academic Press.
- Carr, J. (1976). The severely retarded autistic child. In L. Wing (Ed.), *Early childhood autism (2nd Edition)*. Oxford: Pergamon Press.
- Cattell, J. M. (1886). The time it takes to see and name objects. *Mind*, 11, 63-65.
- Chafe, W., & Danielewicz, J. (1987). Properties of spoken and written language. In R. Horowitz & S. J. Samuels (Eds.), *Comprehending oral and written language*. London: Academic Press.
- Chalumeau, P. (1995). Vocalisations de deux enfants dysphasiques : aspects prédictifs ? In G. Konopczynski & S. Vinter (Eds.), *Le développement langagier : une prédiction précoce est-elle possible ?* Isberghes: l'Ortho-Edition.
- Charvillat, A., & Kail, M. (1991). The status of canonical SVO sentences in French: A developmental study of the on-line processing of dislocated sentences. *Journal of Child Language*, 18(3), 591-608.
- Chen, M. Y., Kundu, A., Zhou, J., & Srihari, S. N. (1992). Off-line handwritten word recognition using hidden Markov model. *USPS 5th Advanced Technology Conference*, 563.
- Chevrie-Muller, C., M., S. A., & Decante, P. (1981). *Epreuves pour l'examen du langage*. Paris: Editions du Centre de Psychologie Appliquée (ECPA).

- Chevrie-Muller, C., & Narbona, J. (Eds.). (1999). *Le langage de l'enfant: aspects normaux et pathologiques (2e ed)*. Paris: Masson.
- Chevrie-Muller, C., Simon, A. M., Le Normand, M. T., & Fournier, S. (1988). *Batterie d'évaluation psycholinguistique - Révision du manuel 1997*. Paris: Edition du centre de psychologie appliquée (ECPA).
- Choi, S., & Gopnik, A. (1993). Nouns are not always learned before verbs: An early verb spurt in Korean. In E. V. Clark (Ed.), *The Proceedings of the 25th annual Child Language Research Forum*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Choi, S., McDonough, L., Bowerman, M., & Mandler, J. M. (1999). Early Sensitivity to Language-Specific Spatial Categories in English and Korean. *Cognitive Development, 14*(2), 241-268.
- Chomsky, N. (1957). *Syntactic structures (Trad: Structures syntaxiques, Points Seuil)*. La Haye: Mouton & Co.
- Chomsky, N. (1959). A review of verbal behavior, by B. F. Skinner. *Language, 35*, 26-58.
- Chomsky, N. (1981a). *Lectures on government and binding*. Riverton: Foris Publications.
- Chomsky, N. (1981b). Principles and parameters in syntactic theory. In N. Hornstein & D. Lightfoot (Eds.), *Explanation in linguistics: The logical problem of language acquisition*. London: Longman.
- Chomsky, N. (1995). *The minimalist program*. Cambridge: MA: MIT Press.
- Christophe, A., Bertoncini, J., & Floccia, C. (1997). Perception de la parole chez le nourrisson. In J. Lambert & J.-L. Nespoulous (Eds.), *Perception auditive et compréhension du langage*. Marseille: Solal.
- Clark, E. V. (1993). *The lexicon in acquisition*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Coltheart, M. (1985). Cognitive neuropsychology and the study of reading. In M. I. Posner & O. S. M. Marin (Eds.), *Attention and performance VI*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Coltheart, M., Curtis, B., Atkins, P., & Haller, M. (1993). Models of reading aloud: Dual-route and parallel-distributed-processing approaches. *Psychological Review, 100*(4), 589-608.
- Coltheart, M., Davelaar, E., Jonasson, J. T., & Besner, D. (1977). Access to the internal lexicon. In S. Dornic (Ed.), *Attention and performance VI*. New York: Academic Press.
- Coltheart, M., Patterson, K., & Marshall, J. C. (1980). *Deep Dyslexia*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: A dual route cascade model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review, 108*(1), 204-256.
- Content, A., Mousty, P., & Radeau, M. (1990). Brulex: Une base de données lexicales informatisée pour le Français écrit et parlé. *L'année psychologique, 90*, 551-566.
- Conti-Ramsden, G., & Dykins, J. (1991). Mother-child interactions with language-impaired children and their siblings. *British Journal of Disorders of Communication, 26*, 337-354.
- Conti-Ramsden, G., & Jones, M. (1997). Verb use in specific language impairment. *Journal of Speech and Hearing Research, 40*(4), 765-77.
- Cooper, R. P., Abraham, J., Berman, S., & Staska, M. (1997). The development of infants' preference for motherese. *Infant Behavior and Development, 20*(4), 477-488.
- Corcoran, D. W. J. (1966). An acoustic factor in letter cancellation. *Nature, 210*, 658.
- Côté, M. (1997). *Utilisation d'un modèle d'accès lexical et de concepts perceptifs pour la reconnaissance d'images de mots cursifs*. Thèse d'Université, ENST, Paris.

- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. *Brain and Behavioral Sciences*, 24(1).
- Crawford, J. (1984). Response to Haber, Haber, and Furlin. *Reading Research Quarterly*, 19(2), 246-247.
- Crawford, L. E., Regier, T., & Huttenlocher, J. (2000). Linguistic and non-linguistic spatial categorization. *Cognition*, 75(3), 209-235.
- Croft, W. (2000). *Explaining language change: an evolutionary approach*. Harlow: Longman.
- Croft, W. (2001). *Radical construction grammar*. Oxford: Oxford University Press.
- Davis, B. L., & MacNeilage, P. F. (1995). The articulatory basis of babbling. *Journal of Speech and Hearing Research*, 38, 1199-1211.
- Davis, H. G. (1990). Introduction. In H. G. Davis & T. J. Taylor (Eds.), *Redefining linguistics*. London: Routledge.
- de Boysson-Bardies, B., Halle, P., Sagart, L., & Durand, C. (1989). A crosslinguistic investigation of vowel formants in babbling. *Journal of Child Language*, 16, 1-17.
- de León, L. (2001). Why Tzotzil (Mayan) children prefer verbs: the role of linguistic and cultural factors over cognitive determinants. In M. Almgren, A. Barreña, M.-J. Ezeizabarrena, I. Idiazabal, & B. MacWhinney (Eds.), *Research on Child Language Acquisition: Proceedings of the 8th Conference of the International Association for the Study of Child Language*. Somerville, MA: Cascadilla Press.
- Dehaene-Lambertz, G., Christophe, A., & Van Ooijen, B. (2000). Bases cérébrales de l'acquisition du langage. In M. Kail & M. Fayol (Eds.), *L'acquisition du langage*. Paris: PUF.
- Dehaene-Lambertz, G., & Houston, D. (1998). Language discrimination response latencies in two-month-old infants. *Language and Speech*, 41, 21-43.
- Demb, J. B., Boynton, G. M., Best, M., & Heeger, D. J. (1998a). Psychophysical evidence for a magnocellular pathway deficit in dyslexia. *Vision Research*, 38, 1555-1559.
- Demb, J. B., Boynton, G. M., & Heeger, D. J. (1998b). Functional magnetic resonance imaging of early visual pathways in dyslexia. *The journal of neuroscience*, 18(17), 6939-6951.
- Dore, J. (1975). Holophrases, speech acts and language universals. *Journal of Child Language*, 2, 21-40.
- Dore, J. (1985). Holophrases revisited: Their 'logical development from dialogue. In M. D. Barrett (Ed.), *Children's single-word speech*. New York, NY: Wiley.
- Drewnowski, A., & Healy, A. F. (1977). Detection errors on the and and: Evidence for reading units larger than the word. *Memory and Cognition*, 5, 636-647.
- Dromi, E. (1987). *Early lexical development*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Dromi, E. (1999). Early lexical development. In M. Barrett (Ed.), *The development of language*. Hove: Psychology Press.
- Dunham, P. J., Dunham, F., & Curwin, A. (1993). Joint-attentional states and lexical acquisition at 18 months. *Developmental Psychology*, 29(5), 827-31.
- Earnest, L. D. (1962). Machine recognition of cursive writing. *Proceedings IFIP Congress*.
- Eimas, P. D., Siqueland, E. R., Jusczyk, P. W., & Vigorito, J. (1971). Speech perception in infants. *Science*, 171, 303-306.
- Elman, J. L. (1993). Learning and development in neural networks: The importance of starting small. *Cognition*, 48(1), 71-99.
- Elman, J. L. (1995). Language as a dynamical system. In R. F. Port & T. Van Gelder (Eds.), *Mind as motion*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Elman, J. L., Bates, E., Johnson, M., Karmiloff-Smith, A., Parisi, D., & Plunkett, K. (1996). *Rethinking innateness: A connectionist perspective on development*. Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.
- Eriksson, M., & Berglund, E. (1999). Swedish early communicative development inventories: words and gestures. *First Language, 19*, 55-90.
- Evett, L. J., & Humphreys, G. W. (1981). The use of abstract graphemic information in lexical access. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 33A*, 325-350.
- Farag, R. (1979). Word-level recognition of cursive script. *IEEE Transactions on Computers, 28*(2), 172-175.
- Favata, J. T., & Srihari, S. N. (1992). Recognition of general handwritten words using a hypothesis generation, & reduction methodology. *USPS 5th Advanced Technology Conference, 237*.
- Fay, W. H., & Schuler, A. L. (1980). *Emerging language in autistic children*. London: Edward Arnold.
- Feldman, H. M., Dollaghan, C. A., Campbell, T. F., Kurs-Lasky, M., Janosky, J. E., & Paradise, J. L. (2000). Measurement properties of the MacArthur communicative development inventories at ages one and two years. *Child development, 71*(2), 310-322.
- Fenson, L., Bates, E., Dale, P. S., Goodman, G., Reznick, J. S., & Thal, D. (2000). Measuring variability in early child language: Don't shoot the messenger. *Child Development, 71*(2), 323-328.
- Fenson, L., Dale, P. S., Reznick, J. S., Bates, E., Thal, D. J., & Pethick, S. J. (1994). Variability in early communicative development. *Monogr Soc Res Child Dev, 59*(5), 1-173.
- Ferguson, C. A., & Farwell, C. B. (1975). Words and sounds in early language acquisition: English initial consonants in the first fifty words. *Language, 51*, 419-439.
- Fernald, A., Taeschner, T., Dunn, J., Papoushek, M., de Boysson-Bardies, B., & Fukui, I. (1989). A cross-language study of prosodic modifications in mothers' and fathers' speech to preverbal infants. *Journal of Child Language, 16*(3), 477-501.
- Fisher, C., Hall, D. G., Rakowitz, S., & Gleitman, L. (1994). When it is better to receive than to give: Syntactic and conceptual constraints on vocabulary growth. *Lingua, 92*, 333-375.
- Fluhr, C. (1977). *Algorithmes à apprentissage et traitement automatique des langues*. Thèse d'état, Université de Paris-Sud Orsay, Orsay.
- Forster, K. I. (1994). Computational modeling and elementary process analysis in visual word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 20*(6), 1292-1310.
- Frith, U. (1989). *Autism*. Cambridge, MA: Blackwell Books.
- Gentner, D. (1982). Why nouns are learned before verbs: Linguistic relativity versus natural partitioning. In S. A. K. II (Ed.), *Language development, vol. 2*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gérard, C. (1991). *L'enfant dysphasique*. Paris: Editions Universitaires.
- Gillberg, C., & Coleman, M. (1996). Autism and medical disorders: a review of the literature. *Dev Med Child Neurol, 38*(3), 191-202.
- Gillies, A. M. (1992). Cursive Script Recognition using Hidden Markov Models. *USPS 5th Advanced Technology Conference*.
- Gilloux, M., & Leroux, M. (1992). Recognition of cursive scripts amounts on postal cheques. *USPS 5th Advanced Technology Conference, 545*.
- Givon, T. (1986). Function, structure, and language acquisition. In D. I. Slobin (Ed.), *The crosslinguistic study of language acquisition, vol. 2*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Givon, T. (1995). *Functionalism and grammar*. Amsterdam: John Benjamins.

- Gleitman, L. R. (1990). The structural sources of verb meanings. *Language Acquisition*, 1, 3-55.
- Gleitman, L. R., & Gillette, J. (1995). The role of syntax in verb-learning. In P. Fletcher & B. MacWhinney (Eds.), *The Handbook of Child Language*. Oxford, UK: Basil Blackwell.
- Gleitman, L. R., & Wanner, E. (1982). Language acquisition: The state of the state of the art. In E. Wanner & R. Gleitman Lila (Eds.), *Language acquisition: The state of the art*. Cambridge: Cambridge UP.
- Gold, E. M. (1967). Language identification in the limit. *Information and control*, 10, 447-474.
- Goldberg, A. E. (1995). *Constructions: A Construction Grammar Approach to Argument Structure*. Chicago: University of Chicago Press.
- Golinkoff, R. M., Mervis, C. B., & Hirsh-Pasek, K. (1994). Early object labels: The case for a developmental lexical principles framework. *Journal of Child Language*, 21(1), 125-155.
- Gombert, J. E. (1990). *Le développement métalinguistique*. Paris: PUF.
- Gough, P. B. (1972). One second in reading. In J. F. Kavanagh & I. G. Mattingly (Eds.), *Language by ear and by eye: The relationship between speech and reading*. Cambridge: MIT Press.
- Greenberg, S. N., & Koriat, A. (1991). The missing-letter effect for common function words depends on their linguistic function in the phrase. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 17(6), 1051-1061.
- Greenberg, S. N., & Vellutino, F. R. (1988). Evidence for processing of constituent single- and multiletter codes: support for multilevel coding in word perception. *Memory & Cognition*, 16(1), 54-63.
- Greenspan, S. I., & Benderly, B. L. (1997). *The growth of the mind : and the endangered origins of intelligence*. Reading, Mass.: Addison-Wesley Pub.
- Griffiths, P. (1986). Early vocabulary. In P. Fletcher & M. Garman (Eds.), *Language acquisition: Studies in first language development*. Cambridge: Cambridge UP.
- Griffiths, P. D. (1985). The communicative functions of children's single-word speech. In M. D. Barrett (Ed.), *Children's single-word speech*. New York, NY: Wiley.
- Guillaume, P. (1927a). Le développement des éléments formels dans le langage de l'enfant. *Journal of Psychology. norm. pathol.*, 24, 203-229.
- Guillaume, P. (1927b). Les débuts de la phrase dans le langage de l'enfant. *Journal of Psychology. norm. pathol*, 24, 1-25.
- Haber, L. R., Haber, R. N., & Furlin, K. R. (1983). Word length and word shape as sources of information in reading. *Reading Research Quarterly*, 18(2), 165-189.
- Hadley, J. A., & Healy, A. F. (1991). When are reading units larger than the letter? Refinement of the unitization reading model. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 17(6), 1062-1073.
- Halliday, M. A. (1975). *Learning how to mean: Explorations in the development of language*. New York, NY: Elsevier.
- Halliday, M. A. K. (1985). *Spoken and Written Language*. Geelong: Deakin University Press.
- Happé, F. (1994). *Autism*. Cambridge, MA: Harvard.
- Happé, F. (1999). Autism: cognitive deficit or cognitive style. *Trends in cognitive sciences*, 3(6), 216-222.
- Hardan, A., Minshew, N. J., Mallikarjun, M., & Keshavan, M. S. (2000). Brain volume in autism. *Biol Psychiatry*, 47, 99s-100s.
- Harris, R. (1980). *The language makers*. London: Duckworth.
- Harris, R. (1981). *The language myth*. London: Duckworth.
- Harris, R. (1990). On redefining linguistics. In H. G. Davis & T. J. Taylor (Eds.), *Redefining linguistics*. London: Routledge.

- Harris, R. (1993). *La sémiologie de l'écriture*. Paris: CNRS Editions.
- Haton, J. P., Pierrel, J. M., Perennou, G., Caelen, J., & Gauvain, J. L. (1991). *Reconnaissance de la parole*. Paris: Bordas.
- Healy, A. F. (1976). Detection errors in the word the: Evidence for reading units larger than letters. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2, 235-242.
- Healy, A. F., & Cunningham, T. F. (1992). A developmental evaluation of the role of word shape in word recognition. *Memory and Cognition*, 20(2), 141-150.
- Hickok, G., Bellugi, U., & Klima, E. S. (1998a). The neural organization of language: evidence from sign language aphasia. *Trends in Cognitive Sciences*, 2(4), 129-136.
- Hickok, G., Bellugi, U., & Klima, E. S. (1998b). What's right about the neural organization of sign language? A perspective on recent neuroimaging results. *Trends in Cognitive Sciences*, 2(12), 465-468.
- Hickok, G., & Poeppel, D. (2000). Towards a functional neuroanatomy of speech perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(4), 131-138.
- Hirsh-Pasek, K., & Golinkoff, R. M. (1996). *The origins of grammar*. Cambridge: MA: MIT Press.
- Höhle, B., & Weissenborn, J. (2001). *The roots of lexical and syntactic knowledge: The first steps. The detection of unstressed closed-class lexical elements in continuous speech in 7- to 9-months-old German children*. Paper presented at the Decolage 2001, Besançon, France.
- Hohne, E. A., & Jusczyk, P. W. (1994). Two-month-old infants' sensitivity to allophonic differences. *Perception and Psychophysics*, 56, 613-623.
- Hopper, P. J. (1998). Emergent grammar. In M. Tomasello (Ed.), *The new psychology of language: Cognitive and functional approaches*. Mahwah: NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hopper, P. J., & Traugott, E. C. (1993). *Grammaticalization*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hyams, N. (1986). *Language acquisition and the theory of parameters*. Norwell, MA.: Reidel.
- Imbs, P. (1971). *Dictionnaire des fréquences*. Paris: Klincksieck.
- Inhoff, A. W., Pollatsek, A., Posner, M. I., & Rayner, K. (1989). Covert attention and eye movements during reading. *Quarterly journal of Experimental Psychology*, 41A, 63-89.
- Inhoff, W. A., & Rayner, K. (1986). Parafoveal word processing during eye fixations in reading. *Perception & Psychophysics*, 40, 431-439.
- Jakobson, R. (1941). *Langage enfantin et aphasie*. Paris: Editons de Minuit.
- Johnson, E. K., & Jusczyk, P. W. (2001). Word segmentation by 8-month-olds: When speech cues count more than statistics. *Journal of Memory and Language*, 44(4), 548-567.
- Jusczyk, P. W., Houston, D. M., & Newsome, M. (1999). The Beginnings of Word Segmentation in English-Learning Infants. *Cognitive Psychology*, 39(3-4), 159-207.
- Jusczyk, P. W. (1997). *The discovery of spoken language*. Cambridge: MA: MIT Press.
- Jusczyk, P. W. (2001). Bootstrapping from the signal: Some further directions. In J. Weissenborn & B. Höhle (Eds.), *Approaches to bootstrapping*. Amsterdam: John Benjamins.
- Jusczyk, P. W., Cutler, A., & Redanz, N. J. (1993). Infants' preference for the predominant stress patterns of English words. *Child Development*, 64(3), 675-687.
- Jusczyk, P. W., & Hohne, E. A. (1997). Infants' memory for spoken words. *Science*, 277(5334), 1984-6.

- Jusczyk, P. W., Luce, P. A., & Charles-Luce, J. (1994). Infants' sensitivity to phonotactic patterns in the native language. *Journal of Memory and Language*, 33(5), 630-645.
- Kail, M. (1997). L'acquisition du langage: comparer pour généraliser. In C. Martinot (Ed.), *Actes du colloque international sur l'acquisition de la syntaxe en langue maternelle et en langue étrangère*. Paris: Les belles lettres.
- Kail, M. (2000). Acquisition syntaxique et diversité linguistique. In M. Kail & M. Fayol (Eds.), *L'acquisition du langage*. Paris: PUF.
- Kail, M., & Charvillat, A. (1988). Local and topological processing in sentence comprehension by French and Spanish children. *Journal of Child Language*, 15(3), 637-662.
- Kail, M., & Diakogiorgi, K. (1994). Morphology and word order in the processing of Greek sentences. In I. Philippaki-Warbuton, K. Nikolaidis, & M. Sifianou (Eds.), *Themes in Greek linguistics*. Amsterdam: John Benjamins.
- Karmiloff-Smith, A. (1979a). *A functional approach to child language: A study of determiners and reference*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Karmiloff-Smith, A. (1979b). Micro- and macrodevelopmental changes in language acquisition and other representational systems. *Cognitive Science*, 3(2), 91-117.
- Karmiloff-Smith, A. (1986). From meta-processes to conscious access: Evidence from children's metalinguistic and repair data. *Cognition*, 23, 95-147.
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity: a developmental perspective on cognitive science*. Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.
- Kasevitch, V. B., & Ventsov, A. V. (1998). Autonomous tiers and speech perception. *Language Design*, 1.
- Keen, A. G., & Lovegrove, W. J. (2000). Transcient deficit hypothesis and dyslexia: examination of whole-parts relationship, retinal sensitivity, and spatial and temporal frequencies. *Vision Research*, 40, 705-715.
- Kern, S. (2000). *Semantic distribution of French-speaking children's first words*. Paper presented at the ISAPL 2000, Caen, France.
- Kern, S., & Gonnand, S. (2001). *Lexical development in French toddlers*. Paper presented at the ELA 2001, Lyon, France.
- Kimchi, R. (1992). Primacy of wholistic processing and global/local paradigm: a critical review. *Psychological Bulletin*, 112(1), 24-38.
- Kiparsky, P., & Menn, L. (1977). On the acquisition of phonology. In J. Macnamara (Ed.), *Language and Thought*. New York, NY: Academic Press, Inc.
- Kirkham, N. Z., Slemmer, J. A., & Johnson, S. P. (2002). Visual statistical learning in infancy: evidence for a domain general learning mechanism. *Cognition*, 83, B35-B42.
- Kluender, K. R., Diehl, R. L., & Killeen, P. R. (1987). Japanese quail can learn phonetic categories. *Science*, 237(1195-1197).
- Konopczynski, G. (1987). Perception des phénomènes mélodiques par le bébé: Etat de la question. *Travaux de l'institut phonétique de Strasbourg*, 19, 117-175.
- Konopczynski, G. (1988). *La prosodie du langage émergent*. Paper presented at the Rencontres régionales de linguistique: 3e colloque, Strasbourg.
- Konopczynski, G. (1990). *Le langage émergent: Caractéristiques rythmiques*. Hamburg: Buske Verlag.
- Konopczynski, G. (1991). *Le langage émergent: Aspects Vocaux et Mélodiques*. Hamburg: Buske Verlag.
- Konopczynski, G. (1995). Introduction. In G. Konopczynski & S. Vinter (Eds.), *Le développement langagier : une prédiction précoce est-elle possible ?* Isberghes: l'Ortho-Edition.
- Konopczynski, G. (1998a). De l'énoncé présyntaxique à la phrase canonique: aspects syntactico-prosodiques. *Revue PArôle*, 7-8, 263-287.

- Konopczynski, G. (1998b). Interactive developmental intonology: Theory and application to French. *Revue PArôle*, 7-8, 177-200.
- Konopczynski, G., & Vinter, S. (1994). Acquisition du rythme français: Comparaison entendant/enfant sourd. *Cahiers d'acquisition et de pathologie du langage*, 11, 119-134.
- Konopczynski, G., & Vinter, S. (Eds.). (1995). *Le développement langagier : une prédiction précoce est-elle possible ?* Isbergues: l'Ortho-Edition.
- Koriat, A., & Greenberg, S. N. (1991). Syntactic control of letter detection: Evidence from english and hebrew non-words. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*(17), 6, 1035-1050.
- Korkman, M., & Hakkinen Rihu, P. (1994). A new classification of developmental language disorders (DLD). *Brain and Language*, 47(1), 96-116.
- Kuhl, P. K., & Miller, J. D. (1975). Speech perception by the chinchilla: Voiced-voiceless distinction in alveolar plosive consonants. *Science*, 190, 69-72.
- Kuhl, P. K., & Padden, D. M. (1982). Enhanced discriminability at the phonetic boundaries for the voicing feature in macaques. *Perception & Psychophysics*(32), 542-550.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh*. Cambridge, MA: Blackwell.
- Landauer, T. K., & Streeter, L. A. (1973). Structural differences between common and rare words: Failure of equivalence assumptions for theories of word recognition. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 12, 119-131.
- Langacker, R. W. (1987). *Foundations of cognitive grammar*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Le Normand, M. T. (1986). A developmental exploration of language used to accompany symbolic play in young, normal children (2-4 years old). *Child: Care, Health and Development*, 12, 21-134.
- Le Normand, M. T. (1991). La démarche de l'évaluation psycholinguistique chez l'enfant de moins de 3 ans. *Glossa*, 26, 14-21.
- Lecolinet, E. (1993). Cursive script recognition by backward matching. *Proceedings Sixth International Conference on Handwriting, & Drawing*, 89-91.
- Lehmkuhle, S. (1993). Neurological basis of visual processes in reading. In D. M. Willows, R. S. Kruk, & E. Corcos (Eds.), *Visual processes in reading and reading disabilities*: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lelekov-Boissard, T., & Dominey, P. F. (2002). Human brain potentials reveal similar processing of non-linguistic abstract structure and linguistic syntactic structure. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 32, 72-84.
- Leonard, L. B. (1997). *Children with specific language impairment*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Leopold, W. F. (1948). The study of child language and infant bilingualism. *Word*, 4, 1-17.
- Leroy, M. (2001). *Mise en place et développement de l'intonation et de la mimogestualité chez l'enfant entre 0;2 et 1;10*. Thèse d'Université, Université Paris III, Paris.
- Leventhal, A. G., Rodriock, R. W., & Dreher, B. (1981). Retinal ganglion cells classes in old world monkey: Morphology and central projections. *Science*, 213, 1139-1142.
- Liénard, J.-S. (2002, 8-10 avril 2002). *Speech and voice analyses according to a multiscale temporal integration model*. Paper presented at the Temporal Integration in the Perception of Speech, Aix-en-Provence.
- Lieven, E. V., Pine, J. M., & Baldwin, G. (1997). Lexically-based learning and early grammatical development. *J Child Lang*, 24(1), 187-219.
- Linell, P. (1982). *The written language bias in linguistics*. Linköping, Sweden: University of Linköping.

- Livingstone, M. S., Rosen, G. D., Drislane, F. W., & Galaburda, A. M. (1991). Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 88, 7943-7947.
- Locke, J. L. (1983). *Phonological acquisition and change*. New York, NY: Academic Press.
- Locke, J. L. (1996). Why do infants begin to talk? Language as an unintended consequence. *Journal of Child Language*, 23(2), 251-268.
- Locke, J. L., Lambrecht-Smith, S., Roberts, J., & Guttentag, C. (1996). Phonetic development of infants at risk for developmental dyslexia. In T. W. Powell (Ed.), *Pathologies of speech and language: Contributions of clinical phonetics and linguistics*. New Orleans, LA: ICPLA.
- Lovegrove, W. J., & Williams, M. C. (1993). Visual temporal processing deficits in specific reading disability. In D. M. Willows (Ed.), *R. S. Kruk and E. Corcos*: Lawrence Erlbaum Associates.
- Macnamara, J. (1972). Cognitive basis of language learning in infants. *Psychological Review*, 79, 1-13.
- MacWhinney, B. (1978). The acquisition of morphology. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 43(1)2, 1-123.
- MacWhinney, B. (1982). Basic syntactic processes. In S. Kuczaj (Ed.), *Language development*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- MacWhinney, B. (1986). Hungarian language acquisition as an exemplification of a general model of grammatical development. In D. I. Slobin (Ed.), *The crosslinguistic study of language acquisition, vol. 2*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- MacWhinney, B. (1987). The competition model. In B. MacWhinney (Ed.), *Mechanisms of language acquisition*. New York, NY.: Springer-Verlag.
- MacWhinney, B. (2000). *The CHILDES project : Tools for analyzing talk (3rd)*. (2nd ed.). Hillsdale, N.J: Lawrence Erlbaum.
- MacWhinney, B., & Snow, C. E. (1985). The child language data exchange system. *Journal of Child Language*, 12, 271-296.
- Madhvanath, S., & Govindaraju, V. (1992). Using holistic features in handwritten word recognition. *USPS 5th Advanced Technology Conference*, 183.
- Maital, S. L., Dromi, E., Sagi, A., & Bornstein, M. H. (2000). The Hebrew Communicative Development Inventory: language specific properties and cross-linguistic generalizations. *Journal of Child Language*, 27(1), 43-67.
- Manning, C. D., & Schütze, H. (1999). *Foundations of statistical language processing*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Maratsos, M. P. (1982). The child's construction of grammatical categories. In E. Wanner & L. R. Gleitman (Eds.), *Language acquisition - the state of the art*. New York: Cambridge University Press.
- Maratsos, M. P. (1991). How the acquisition of nouns may be different from that of verbs. In N. A. Krasnegor & others (Eds.), *Biological and behavioral determinants of language development*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates .
- Maratsos, M. P., & Chalkley, M. A. (1980). The internal language of children's syntax: The ontogenesis and representation of syntactic categories. In K. E. Nelson (Ed.), *Children's Language, vol. 2*. New York, NY: Gardner Press.
- Marcus, G. (1999). Connectionism: with or without rules? *Trends in cognitive science*, 3, 168-170.
- Mariotti, P., Iuvone, L., Torrioli, M. G., & Silveri, M. C. (1998). Linguistic and non-linguistic abilities in a patient with early left hemispherectomy. *Neuropsychologia*, 36(12), 1303-1312.
- Markman, E. M. (1989). *Categorization and naming in children*. Cambridge, MA: Bradford Books.

- Markman, E. M. (1991). The whole-object, taxonomic, and mutual exclusivity assumptions as initial constraints on word meanings. In A. Gelman Susan & P. Byrnes James (Eds.), *Perspectives on language and thought: Interrelations in development*. Cambridge: Cambridge UP.
- Markman, E. M. (1994). Constraints on word meaning in early language acquisition. *Lingua: International Review of General Linguistics*.
- Marr, D. (1982). *Vision*. New York: Freeman.
- Massaro, D. W. (1975). *Understanding language*. New York: Academic Press.
- Mayall, K., Humphreys, G. W., Mechelli, A., Olson, A., & Price, C. J. (2001). The effects of case mixing on word recognition: evidence from a PET study. *Journal of cognitive neurosciences*, 6, 844-853.
- Mayall, K., Humphreys, G. W., & Olson, A. (1997). Disruption to word or letter processing? The origins of case-mixing effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23(5), 1275-86.
- Mayall, K. A., & Humphreys, G. W. (1996). Case mixing and the case sensitive disruption of lexical processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 278-294.
- McClelland, J. L. (1976). Preliminary letter identification in the perception of words and nonwords. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2(1), 80-91.
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception: Part 1- An account of basic findings. *Psychological Review*, 88, 375-407.
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (Eds.). (1986). *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition*. Cambridge, MA: MIT Press.
- McShane, J. (1980). *Learning to talk*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Mehler, J., Bertoncini, J., & Barriere, M. (1978). Infant recognition of mother's voice. *Perception*, 7(5), 491-497.
- Mehler, J., Jusczyk, P. W., Lambertz, C., Halsted, N., Bertoncini, J., & Amiel-Tison, C. (1988). A precursor of language acquisition in young infants. *Cognition*, 29, 143-178.
- Menn, L. (1983). Development of articulatory, phonetic, and phonological capabilities. In B. Butterworth (Ed.), *Language Production*, vol. 2. New York, NY: Academic Press.
- Merigan, W. H., & Maunsell, H. R. (1993). How parallel are the primate visual pathways? *Annual Review of Neuroscience*, 16, 369-402.
- Mermelstein, P., & Eden, M. (1964). A system for automatic recognition of handwritten words. *Proceedings Fall Joint Computer Conf.*, 333-342.
- Mervis, C. B., & Bertrand, J. (1994). Acquisition of the novel name-nameless category (N3C) principle. *Child Development*, 65(6), 1646-1662.
- Miclet, L. (1984). *Méthodes structurelles pour la reconnaissance des formes*. Paris: Eyrolles.
- Miller, G. A. (1991). *The science of words*. New York: Scientific American Library.
- Miller, J., & Weinert, R. (1998). *Spontaneous Spoken Language*. Oxford: Clarendon Press.
- Monk, A. F., & Hulme, C. (1983). Errors in proofreading: evidence for the use of word shape in word recognition. *Memory & Cognition*, 11(1), 19-23.
- Moon, C., Cooper, R., & Fifer, W. (1993). Two-day-olds prefer their native language. *Infant Development & Behaviour*, 16, 495-500.
- Moravcsik, J. E., & Healy, A. F. (1995). Effect of meaning on letter detection. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*(21), 1, 82-95.
- Morgan, J. L., & Demuth, K. (Eds.). (1995). *Signal to syntax: Bootstrapping from speech to grammar in early acquisition*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Morton, J. (1969). Interaction of information in word recognition. *Psychological Review*, 76, 165-178.
- Mueller, R.-A. (1996). Innateness, autonomy, universality? Neurobiological approaches to language. *Behavioral & Brain Sciences*, 19(4), 611-675.
- Naigles, L. R. (1990). Children use syntax to learn verb meanings. *Journal of Child Language*, 17, 357-374.
- Naigles, L. R., & Hoff Ginsberg, E. (1995). Input to verb learning: Evidence for the plausibility of syntactic bootstrapping. *Developmental Psychology*, 31(5), 827-37.
- Navon, D. (1977). Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 9, 353-383.
- Navon, D. (1991). Testing a queue hypothesis for the processing of global and local information. *Journal of Experimental Psychology: General*, 120, 173-189.
- Nelson, K. (1985). *Making sense: The acquisition of shared meaning*. New York, NY: Academic Press.
- Nelson, K. (1986). Event knowledge and cognitive development. In K. Nelson (Ed.), *Event knowledge: structure and function in development*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Nelson, K., Hampson, J., & Shaw, L. K. (1993). Nouns in early lexicons: Evidence, explanations, and implications. *Journal of Child Language*, 20(1), 61-84.
- Ninio, A., Snow, C. E., Pan, B. A., & Rollins, P. R. (1994). Classifying communicative acts in children's interactions. *J Commun Disord*, 27(2), 157-87.
- Norris, D., McQueen, J. M., & Cutler, A. (2000). Merging information in speech recognition: Feedback is never necessary. *Behavioral and Brain Sciences*, 23(3).
- Olguin, R., & Tomasello, M. (1993). Twenty-five-month-old children do not have a grammatical category of verb. *Cognitive Development*, 8(245-272).
- Oller, D. K. (2000). *The emergence of the speech capacity*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Oller, D. K., Eilers, R. E., Neal, A. R., & Schwartz, H. K. (1999). Precursors to speech in infancy: the prediction of speech and language disorders. *Journal of Communication Disorders*, 32, 223-245.
- Olson, D. R. (1996). Towards a psychology of literacy: on the relations between speech and writing. *Cognition*, 60(1), 83-104.
- Ong, W. J. (1982). *Orality and literacy : the technologizing of the word*. London: Methuen.
- O'Regan, J. K. (1990). Eye movements and reading. In E. Kowler (Ed.), *Eye movements and their role in visual and cognitive processes*. Amsterdam: Elsevier.
- O'Regan, J. K., & Levy-Schoen, A. (1987). Eye movement strategy and tactics in word recognition and reading. In M. Coltheart (Ed.), *Attention and performance XII: The Psychology of reading*. London: Erlbaum.
- Paap, K. R., Newsome, S. L., McDonald, J. E., & Schvaneveldt, R. W. (1982). An activation-verification model for letter and word recognition: The word superiority effect. *Psychological Review*, 89, 573-594.
- Packard, J. L. (2000). *The morphology of Chinese : a linguistic and cognitive approach*. Cambridge University Press.
- Pallier, C., Dehaene, S., Poline, J.-B., LeBihan, D., Argenti, A.-M., Dupoux, E., & Mehler, J. (in press). Brain imaging of language plasticity in adopted adults: can a second language replace the first? *Cerebral cortex*.
- Parisse, C. (1989). *Reconnaissance de l'écriture manuscrite: analyse de la forme globale des mots et utilisation de la morphosyntaxe*. Thèse d'Université, Paris-Sud, Orsay.
- Parisse, C. (1992). *A fuzzy approach in handwritten automatic recognition*. Paper presented at the IPMU 92, Palma: Spain.
- Parisse, C. (1993). *Suppression de la notion de seuil : application à la reconnaissance de l'écriture manuscrite*. Paper presented at the Sixth International Conference on Handwriting and Drawing, Paris.

- Parisse, C. (1996). Global word shape processing in off-line recognition of handwriting. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 18(4), 460-464.
- Parisse, C. (1999). Cognition and language acquisition in normal and autistic children. *Journal of Neurolinguistics*, 12, 247-269.
- Parisse, C. (2002). Oral language, written language and language awareness. *Journal of Child Language*, 29, 478-481.
- Parisse, C., & Le Normand, M. T. (1997). Etude des catégories lexicales chez le jeune enfant à partir de deux ans à l'aide d'un traitement automatique de la morphosyntaxe. *Bulletin d'Audiophonologie*, 13(6), 305-328.
- Parisse, C., & Le Normand, M. T. (1999). Emergence of phonology following left hemispherectomy: a case study. Bangor, UK, Juillet: Child Phonology Conference.
- Parisse, C., & Le Normand, M. T. (2000a). Automatic disambiguation of morphosyntax in spoken language corpora. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 32(3), 468-481.
- Parisse, C., & Le Normand, M. T. (2000b). How children build their morphosyntax: The case of French. *Journal of Child Language*, 27, 267-292.
- Parisse, C., Rosenthal, V., Imadache, A., Andreewsky, E., & Cochu, F. (1990). A task oriented approach to reading and to handwritten text recognition. In R. Plamondon & C. G. Leedham (Eds.), *Computer Processing of Handwriting*. Singapore: World Scientific Publishing Co.
- Patterson, K. E., Marshall, J. C., & Coltheart, M. (1985). *Surface dyslexia*. London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Pavlidis, T. (1986). A Vectorizer, & Feature Extractor for Document Recognition. *Computer Vision, Graphics & Image Processing*, 35, 111-127.
- Peressotti, F., Rumiati, R., Nicoletti, R., & Job, R. (1991). New evidence for the perceptual precedence of global information. *Acta Psychologica*, 77, 35-46.
- Perruchet, P., & Vinter, A. (1998). PARSER: A model for word segmentation. *Journal of Memory and Language*, 39, 246-263.
- Perruchet, P., & Vinter, A. (sous presse). The self-organizing consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*.
- Peters, A. M. (1983). *The units of language acquisition*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Peters, A. M. (1986). Language segmentation: Operating principles for the perception and analysis of language. In D. I. Slobin (Ed.), *The crosslinguistic study of language acquisition, vol. 2*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Peters, A. M. (2001). Filler syllables: what is their status in emerging grammar? *Journal of Child Language*, 28(1), 229-242.
- Piaget, J. (1945). *La formation du symbole chez l'enfant*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- Pine, J. M., & Lieven, E. V. M. (1997). Slot and frame patterns and the development of the determiner category. *Applied Psycholinguistics*, 18(2), 123-138.
- Pine, J. M., Lieven, E. V. M., & Rowland, C. F. (1998). Comparing different models of the development of the English verb category. *Linguistics*, 36, 4-40.
- Pinker, S. (1984). *Language learnability and language development*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Pinker, S. (1989). *Learnability and cognition: The acquisition of argument structure*. Cambridge, MA: Bradford Books.
- Pinker, S., & Prince, A. (1988). On language and connectionism: Analysis of a parallel distributed processing model of language acquisition. *Cognition*, 28, 73-193.
- Pisoni, D. B., Lively, S. E., & Logan, J. S. (1994). Perceptual learning of nonnative speech contrasts: implications for theories of speech perception. In C. Goodman

- Judith & C. Nusbaum Howard (Eds.), *The development of speech perception: the transition from speech sounds to spoken words*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Plante, E. (1998). Criteria for SLI: The Stark and Tallal legacy and beyond. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 41(4), 951-957.
- Plaut, D. C., McClelland, J. L., Seidenberg, M. S., & Patterson, K. (1996). Understanding normal and impaired word reading: computational principles in quasi-regular domains. *Psychological Review*, 103(1), 56-115.
- Plunkett, K. (1995). Connectionist approaches. In P. Fletcher & B. MacWhinney (Eds.), *The Handbook of Child Language*. Oxford, UK: Basil Blackwell.
- Plunkett, K., & Elman, J. L. (1997). *Exercices in rethinking innateness*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Plunkett, K., & Marchman, V. A. (1996). Learning from a connectionist model of the acquisition of the English past tense. *Cognition*, 61(3), 299-308.
- Plunkett, K., & Schafer, G. (1999). Early speech perception and word learning. In M. Barrett (Ed.), *The development of language*. Hove: Psychology Press.
- Polka, L., & Werker, J. F. (1994). Developmental changes in perception of nonnative vowel contrasts. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 421-435.
- Popper, K. (1934). *La logique de la découverte scientifique*. Paris: Payot (Traduction).
- Port, R. F., & Van Gelder, T. (1995). *Mind as motion*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Prince, A. S., & Smolensky, P. (1996). *Optimality theory: Constraint interaction in generative grammar*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Pulvermüller, F. (1999). Words in the brain's language. *Behavioral & Brain Sciences*, 22(2), 253-336.
- Rapin, I., & Allen, D. A. (1988). Syndromes in developmental dysphasia and adult aphasia. In F. Plum (Ed.), *Language, communication and the brain*. New York: Raven Press.
- Rayner, K. (1983). The perceptual span and eye movement control processes in reading. In K. Rayner (Ed.), *Eye movements in reading*. New-York: Academic Press.
- Rayner, K., McConkie, G. W., & Zola, D. (1980). Integrating information across eye movements. *Cognitive Psychology*, 12(2), 206-26.
- Rayner, K., & Morris, R. K. (1992). Eye movement control in reading: Evidence against semantic preprocessing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 1, 163-172.
- Rayner, K., & Pollatsek, A. (1987). Eye movements in reading. A tutorial review. In M. Colheart (Ed.), *The psychology of reading*. London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Redington, M., & Chater, N. (1997). Probabilistic and distributional approaches to language acquisition. *Trends in Cognitive Science*, 1(7), 273-281.
- Reed, E. S. (1995). The ecological approach to language development: a radical solution to Chomsky's and Quine's problems. *Language and Communication*, 15(1), 1-29.
- Reicher, G. M. (1969). Perceptual recognition as a function of meaningfulness of stimulus material. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 275-280.
- Rey, V., De Martino, S., & Habib, M. (1999). Déficit du traitement temporel et dyslexie développementale. *PArole*, 11-12, 153-172.
- Rondal, J. A. (1985). *Adult-child interaction and the process of language acquisition*. New York, NY: Praeger Press.
- Rondal, J. A., Bachelet, J. F., & Pérée, F. (1985). Analyse du langage et des interactions verbales adulte-enfant. *Bulletin d'Audiophonologie*, 5(6), 507-536.
- Rosch, E. H. (1975). Universals and cultural specifics in human categorization. In S. Bochner, R. Brislin, & W. Lonner (Eds.), *Cross-cultural Perspectives on Learning*. New York: Sage/Halsted.

- Rosch, E. H. (1977). Human categorization. In N. Warren (Ed.), *Studies in crosscultural psychology, vol. 1*. New York, NY: Academic Press.
- Rosch, E. H., & Mervis, C. B. (1975). Family resemblances: Studies in the internal structure of categories. *Cognitive Psychology, 7*, 573-605.
- Rosenthal, V., & Parisse, C. (1995). Reading print but not script : Another dyslexia ? *Brain and Cognition, 28*(1), 95.
- Rossi, J. P. (Ed.). (1989). *La méthode expérimentale en psychologie*. Paris: Dunod.
- Rumelhart, D. E., & McClelland, J. L. (1987). Learning the past tenses of English verbs: Implicit rules or parallel distributed processing? In B. MacWhinney (Ed.), *Mechanisms of language acquisition*. New York, NY: Springer-Verlag.
- Saffran, J. R., Aslin, R. N., & Newport, E. L. (1996a). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science, 274*(5294), 1926-8.
- Saffran, J. R., Johnson, E. K., Aslin, R. N., & Newport, E. L. (1999). Statistical learning of tone sequences by human infants and adults. *Cognition, 70*(1), 27-52.
- Saffran, J. R., Newport, E. L., & Aslin, R. N. (1996b). Word Segmentation: The Role of Distributional Cues. *Journal of Memory and Language, 35*(4), 606-621.
- Sanocki, T. (1993). Time course of object identification: Evidence for a global-to-local contingency. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 19*(4), 878-898.
- Sayre, K. (1973). Machine Recognition of Handwritten Words: A Project Report. *Pattern Recognition, 5*, 213-228.
- Schlesinger, I. M. (1982). *Steps to language: Toward a theory of native language acquisition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Schütze, M. (1997). *Ambiguity resolution in language learning*. Stanford, CA: CSLI Publications.
- Seidenberg, M. S. (1997). Language acquisition and use: learning and applying probabilistic constraints. *Science, 275*(5306), 1599-603.
- Seidenberg, M. S., & Elman, J. L. (1999). Networks are not 'hidden rules'. *Trends in cognitive science, 3*, 288-289.
- Seidenberg, M. S., & MacDonald, M. C. (1999). A probabilistic constraints approach to language acquisition and processing. *Cognitive science, 23*(4), 569-588.
- Seidenberg, M. S., & McClelland, J. L. (1989). A distributed, developmental model of word recognition and naming. *Psychological Review, 96*, 523-568.
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge: CUP.
- Shanon, B. (1993). *The representational and the presentational*. Hertfordshire: Harvester Wheatsheaf.
- Shapley, M., & Perry, V. H. (1986). Cat and monkey retinal ganglion cells and their visual functional roles. *Trends in Neuroscience, 9*, 229-235.
- Silva, P. A. (1987). Epidemiology, longitudinal course and associate factors: an update. In W. Yule & M. Rutter (Eds.), *Language development and disorders*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Skousen, R. (1989). *Analogical Modeling of Language*. Dordrecht: Kluwer Academic.
- Slaghuis, W. L., & Ryan, J. F. (1999). Spatio-temporal contrast sensitivity, coherent motion, and visible persistence in developmental dyslexia. *Vision Research, 39*, 651-668.
- Slobin, D. I. (1973). Cognitive prerequisites for the development of grammar. In C. A. Ferguson & D. I. Slobin (Eds.), *Studies in child language development*. New York, NY: Holt, Rinehart, & Winston.
- Slobin, D. I. (1986). Crosslinguistic evidence for the language-making capacity. In D. I. Slobin (Ed.), *The crosslinguistic study of language acquisition, vol. 2*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Slobin, D. I. (Ed.). (1986/1997). *The crosslinguistic study of language acquisition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Slobin, D. I. (2001). Form-function relations: how do children find out what they are? In M. Bowerman & S. C. Levinson (Eds.), *Language acquisition and conceptual development*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Smith, N. V. (1973). *The acquisition of phonology: A case study*. London: Cambridge University Press.
- Snow, C. E. (1995). Issues in the study of input. In P. Fletcher & B. MacWhinney (Eds.), *The Handbook of Child Language*. Oxford, UK: Basil Blackwell.
- Stampe, D. (1979). *A dissertation on natural phonology*. New York: Garland.
- Stein, J., & Walsh, V. (1997). To see but not to read; the magnocellular theory of dyslexia. *Trends in Neurosciences*, 20(4), 147-151.
- Steinherz, T., Rivlin, E., & Intrator, N. (1999). Offline cursive script word recognition: a survey. *International Journal on Document Analysis and Recognition*, 2, 90-110.
- Suppes, P., Léveillé, M., & Smith, R. (1974). Developmental models of child's French syntax. Technical report # 243, Stanford: Stanford University.
- Suppes, P., Smith, R., & Léveillé, M. (1972). The French syntax and semantics of Philippe, part 1: noun phrases. Technical report # 195. Stanford: Stanford University.
- Swingle, D., & Aslin, R. N. (2000). Spoken word recognition and lexical representation in very young children. *Cognition*, 76(2), 147-166.
- Tager-Flusberg, H., Calkins, S., Nolin, T., Bamberger, T., Anderson, M., & Chandwick-Dias, A. (1990). A longitudinal study of language acquisition in autistic and Down Syndrome children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 20, 1-21.
- Tager-Flusberg, H., & Cooper, J. (1999). Present and future possibilities for defining a phenotype for specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 42(5), 1275-1278.
- Tagger-Flusberg, H. (1994). Dissociations in form and function in the acquisition of language by autistic children. In H. Tagger-Flusberg (Ed.), *Constraints on language acquisition: studies of atypical children*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Tagger-Flusberg, H., & Calkins, S. (1990). Does imitation facilitate the acquisition of grammar? Evidence from a study of autistic, Down syndrome and normal children. *Journal of Child Language*, 17, 591-606.
- Talcott, J. B., Witton, C., McLean, M. F., Hansen, P. C., Rees, A., Green, G. G. R., & Stein, J. F. (2000). Dynamic sensory sensitivity and children's word decoding skills. *Proc National Academy of Science*, 97(6), 2952-2957.
- Tallal, P., Stark, R. E., & Mellits, E. D. (1985). Identification of language-impaired children on the basis of rapid perception and production skills. *Brain and Language*, 22(2), 314-322.
- Tardif, T. (1996). Nouns are not always learned before verbs: Evidence from Mandarin speakers' early vocabularies. *Developmental Psychology*, Developmental-Psychology.
- Tardif, T., Gelman, S. A., & Xu, F. (1999). Putting the "noun bias" in context: a comparison of English and Mandarin. *Child Development*, 70(3), 620-635.
- Theakston, A. L., Lieven, E. V. M., Pine, J. M., & Rowland, C. F. (1999). The role of performance limitations in the acquisition of 'mixed' verb-argument structure at stage 1. In M. Perkins & S. Howard (Eds.), *New directions in language development and disorders*: Plenum Press.
- Tomasello, M. (1992). *First verbs: A case study of early grammatical development*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tomasello, M. (1998). *The new psychology of language: Cognitive and functional approaches*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Tomasello, M. (2000a). Do young children have adult syntactic competence? *Cognition*, 74, 209-253.
- Tomasello, M. (2000b). The item-based nature of children's early syntactic development. *Trends in cognitive sciences*, 4(4), 156-163.
- Tomasello, M., Akhtar, N., Dodson, K., & Rekau, L. (1997). Differential productivity in young children's use of nouns and verbs. *Journal of Child Language*, 24, 373-387.
- Tomasello, M., & Kruger, A. C. (1992). Joint attention on actions: Acquiring verbs in ostensive and non-ostensive contexts. *Journal of Child Language*, 19, 311-333.
- Tomasello, M., & Olguin, R. S. (1993). Twenty-three-month-old children have a grammatical category of noun. *Cognitive Development*, 8(4), 451-464.
- Tomblin, J. B., Records, N. L., Buckwalter, P., Zhang, X., Smith, E., & O'Brien, M. (1997). Prevalence of specific language impairment in kindergarten children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 40(6), 1245-1260.
- Tomblin, J. B., Records, N. L., & Zhang, X. (1996). A system for the diagnosis of specific language impairment in kindergarten children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 39(6), 1284-1294.
- Underwood, G., Clews, S., & Everatt, J. (1990). How do readers know where to look next? Local information distributions influence eye fixations. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 42A(1), 39-65.
- Valian, V., Hoeffner, J., & Aubry, S. (1996). Young children's imitation of sentence subjects: Evidence of processing limitations. *Developmental Psychology*, 153-134.
- Van Hout, A. (2000). Les pathologies de l'oral. In M. Kail & M. Fayol (Eds.), *L'acquisition du langage*. Paris: PUF.
- Van Valin, R. D., & LaPolla, R. J. (1997). *Syntax: Structure, meaning and function*. Cambridge: CUP.
- Vargha-Khadem, F., Carr, L. J., Isaacs, E., Brett, E., Adams, C., & Mishkin, M. (1997). Onset of speech after left hemispherectomy in a nine-year-old boy. *Brain*, 120, 159-182.
- Veneziano, E., & Sinclair, H. (2000). The changing status of 'filler syllables' on the way to grammatical morphemes. *Journal of Child Language*, 27(3), 461-500.
- Vihman, M. M. (1996). *Phonological development: The origins of language in the child*. Oxford: Blackwell.
- Vitu, F., O'Reagan, J. K., Inhoff, A. W., & Topolski, R. (1995). Mindless reading: Eye-movement characteristics are similar in scanning strings and reading texts. *Perception & Psychophysics*, 57, 352-364.
- Wagner, K. R. (1985). How much do children say in a day? *Journal of Child Language*, 12(2), 475-485.
- Wells, G. (1981). *Learning through interaction: The study of language development*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Werker, J. F., & Lalonde, C. E. (1988). Cross-language and speech perception: initial capabilities and developmental change. *Developmental psychology*, 24, 672-683.
- Werker, J. F., & Tees, R. C. (1984). Cross-language speech perception: Evidence for perceptual reorganization during the first year of life. *Infant Behavior and Development*, 7, 49-63.
- Werner, H., & Kaplan, B. (1963). *Symbol formation: An organismic developmental approach to language and the expression of thought*. New York: John Wiley & Sons.
- Wexler, K. (1999). Maturation and growth of grammar. In W. C. Ritchie & T. K. Bhatia (Eds.), *Handbook of child language acquisition*. San Diego: Academic Press.
- Wexler, K., & Culicover, P. W. (1980). *Formal principles of language acquisition*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Wing, L. (1976). Epidemiology and theories of aetiology. In L. Wing (Ed.), *Early childhood autism (2nd Edition)*. Oxford: Pergamon Press.
- World Health Organization. (1993). *The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders: diagnostic criteria for research*. Geneva: World Health Organization.

INDEX DES NOTIONS

3-pas	139, 140, 141, 145, 146, 148, 149, 150, 151, 153, 202, 203	découpage des énoncés	129
accent tonique	64, 73	développement	1, 4, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 73, 77, 80, 81, 84, 87, 91, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 108, 110, 111, 112, 124, 126, 128, 130, 140, 144, 145, 148, 153, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 165, 168, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 185, 186, 187, 189, 190, 191, 192, 194, 195, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 209, 214, 217, 218
acquis	1, 48, 65, 69, 71, 125, 153, 157, 173	lexical	81, 82, 126
alexie pure	11	dyslexie de surface	11
ambiguïté	66, 101, 102, 103, 104, 138	dyslexie profonde	11, 12, 13
appretissage par l'exemple	148	épilepsie	168
approche globale	14	erreur sémantique	11
approximation	13, 16, 17, 19, 23, 25, 26, 27, 35, 38, 39, 42, 43, 50, 52, 54	erreurs des enfants	148, 149, 151, 187
globale	42, 50	expérimentation	7, 8, 9
<i>approximation globale</i>	42, 43	expliquer	7
autisme	155, 156, 157, 161, 162, 167, 168, 177	fixation oculaire	59, 60
babillage	71	forme globale	11, 13, 14, 15, 21, 22, 41, 43, 53, 58, 78, 130, 190, 198, 207, 213
CHAT	100, 105, 107, 220	global-local	41, 50, 52, 63, 64, 178
CLAN	100, 103, 106, 107, 117, 220	grammaire cognitive	67
cochage	54, 60, 63	grammaire générative	67, 188
comparaison dynamique	22, 25	hémiphérotomie	168
connexionniste	92, 193		
contour	17, 18, 19, 21, 22, 23, 38, 190		
contrainte d'exclusion mutuelle	84		
contrainte de l'objet entier	84		
contrainte taxinomique	84		
critique/non-critique	56, 57, 58		

hémisphérectomie	98, 168, 173	mot plein	12, 54, 136, 138, 139, 144, 146, 147, 151, 153
holophrase	78	<i>mot similaire</i>	53
holophrastique	196, 197, 199	mot vide	52, 54
IA	3, 5, 69	<i>mot voisin</i>	53
implémenter	7, 193	mot-candidat	28, 29, 35, 36, 37, 38, 40
induction	6	mouvement oculaire	48, 50, 59, 60, 63
inné	65, 69, 71, 92, 95	neuropsychologie	3, 7, 11, 42
intelligible	169	n-gramme	26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39
interlangue	81	pas d'échantillonnage	23, 24, 27, 32, 33, 34, 35
intonologie	développementale	pathologie	11, 154, 162, 178
interactive	71	perception	1, 7, 9, 48, 64, 70, 205
inversion de mots	151	écrite	1
langage		phonétique	6, 54, 70, 71, 73, 75, 76, 91, 94, 99, 100, 101, 130, 158, 169, 172, 175, 176, 185, 190, 198, 202, 206, 209, 216
écrit	1	plasticité cérébrale	168
oral	1	POST	102, 103, 106, 107, 112, 129, 130, 164, 176, 208, 219, 220
lésion cérébrale	3, 11	pragmatique	5, 73, 76, 79, 93, 94, 148, 155
lettre à lettre	14	principe d'extensibilité	84
lexical spurt	81	principe d'objet entier	84
lexique	14, 15, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 73, 76, 78, 80, 83, 91, 102, 105, 118, 123, 156, 158, 173, 178, 214	principe d'usage conventionnel	84
Markov	103, 215	principe de portée catégorielle	84
métalinguistique	188	principe de référence	83
méthodologie	1, 3, 4, 6, 7	principe N3C	84
modèle	5, 6, 7, 8, 10, 42, 48, 50, 52, 53, 54, 206		
modèle de l'intention	84		
modélisation	5, 7, 8, 9, 69		
MOR	107, 164, 220		
mot fonctionnel	12, 117, 122, 123, 136, 137, 138, 149, 152, 153		

<i>profil</i>	17, 19, 21, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 38	<i>sous-profil</i>	27, 29
bas	17, 18, 19, 29	<i>sur-extension</i>	82, 83
haut	17, 19, 21, 25, 29	<i>syndrome de Williams</i>	4
programmation dynamique	17, 24, 29	<i>syntaxe</i>	10, 12, 64, 65, 71, 73, 76, 80, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 126, 128, 138, 141, 156, 158, 169, 173, 175, 178, 188, 203, 205, 206, 218
prosodie	73	<i>syntaxique</i>	14, 69, 74, 101, 103, 104, 112, 117, 126, 129, 140, 148, 158, 163, 172, 176, 185, 186, 188, 192, 215
prototype	82, 83, 92, 148	<i>transcription</i>	68, 100, 107, 118, 121, 129, 130, 152, 176, 182, 220
psychologie	3, 4, 7, 8, 9, 53, 69	<i>Troubles Spécifiques du Développement du Langage (TSDL)</i>	4, 156, 158, 160, 163, 164, 166, 177
reconnaissance globale	13, 14, 15, 24, 25, 26, 38, 40, 43, 58	<i>unité infra-lexicale</i>	26
recueil	101	<i>vectorisation</i>	19, 21, 22, 23, 24, 35
recueil de données	99	<i>vérification</i>	42, 43, 50, 52, 54, 153
recueil de parole spontanée	100	locale	42, 43, 50
réseau de neurones	12, 75, 96, 97, 98		
sémantique	12, 13, 51, 52, 64, 74, 76, 78, 87, 88, 91, 94, 95, 128, 136, 141, 148, 153, 156, 158, 185, 188, 192, 205		
seuil	14, 16, 18, 40, 159, 216		
simulation	4, 5, 6, 7, 10, 69, 194		
situation de jeu	100		
sous-extension	82, 83		

INDEX DES AUTEURS

- Adams, 45, 223, 241
Adda, 105, 223
Akhtar, 93, 223, 225, 241
Alleton, 199, 223
American Psychiatric Association,
154, 155, 161, 223
Andreevsky, iii, 41, 103, 207, 208,
213, 215, 216, 217, 223, 237
Anglin, 85, 223
Aram, 160, 223
Auroux, 185, 223
Badie, 14, 223
Baldwin, 93, 124, 223, 233
Balota, 51, 52, 223
Bardot, 202, 223
Barlow, 149, 223
Baron-Cohen, 162, 167, 223
Barrett, 82, 84, 223, 228, 230, 238
Bassano, 81, 111, 117, 124, 223, 224
Bates, 80, 91, 97, 98, 101, 111, 112,
113, 115, 120, 123, 173, 224, 229
Becker, 41, 224
Bellugi, 4, 98, 224, 231
Berko-Gleason, 130, 224
Bertelson, 190, 224
Besner, 41, 45, 53, 223, 224, 227
Best, 48, 72, 224, 228
Bishop, 154, 159, 160, 180, 224, 225
Blanchard, 50, 225
Blanche-Benveniste, 182, 225
Bloom, 76, 80, 81, 83, 84, 85, 86, 93,
110, 111, 124, 125, 225
Bod, 96, 149, 225
Borsting, 50, 225
Boucher, 4, 225
Bowerman, 82, 87, 92, 191, 203,
225, 226, 227, 240
Bozinovic, 14, 226
Braine, 86, 87, 90, 91, 93, 151, 226
Breitmeyer, 50, 226
Brent, 74, 96, 226
Briihl, 52, 59, 226
Brown, 146, 226
Bruner, 79, 226
Carlson-Luden, 111, 226
Carpenter, 51, 226
Carr, 161, 226, 241
Cattell, 44, 226
Chafe, 183, 226
Chalumeau, 159, 226
Charvillat, 92, 226, 232
Chen, 14, 226
Chevrie-Muller, 119, 156, 157, 176,
226, 227
Choi, 92, 110, 191, 225, 227

Chomsky, 65, 67, 91, 94, 95, 140,
 180, 181, 182, 184, 227, 238
 Christophe, i, 73, 98, 211, 227, 228
 Clark, 84, 225, 227
 Coltheart, 4, 12, 41, 42, 53, 224, 227,
 236, 237
 Content, 55, 227
 Conti-Ramsden, 163, 227
 Cooper, 73, 159, 227, 235, 240
 Corcoran, 54, 227
 Côté, 46, 227
 Cowan, 201, 228
 Crawford, 48, 192, 228
 Croft, 67, 94, 199, 228
 Davis, 71, 182, 228, 230
 de Boysson-Bardies, 71, 228, 229
 de León, 92, 111, 225, 228
 Dehaene-Lambertz, 73, 98, 228
 Demb, 48, 50, 228
 Dore, 81, 228
 Drewnowski, 41, 54, 228
 Dromi, 76, 81, 82, 228, 234
 Dunham, 79, 228
 Earnest, 14, 15, 228
 Eimas, 72, 228
 Elman, 7, 75, 80, 81, 96, 181, 189,
 228, 229, 238, 239
 Eriksson, 81, 229
 Evett, 45, 229
 Farag, 14, 229
 Favata, 16, 229
 Fay, 167, 229
 Feldman, 76, 229
 Fenson, 76, 81, 229
 Ferguson, 71, 229, 239
 Fernald, 73, 229
 Fisher, 85, 100, 229
 Fluhr, 103, 223, 229
 Forster, 41, 229
 Frith, 167, 229
 Gentner, 69, 93, 110, 229
 Gérard, i, iii, 159, 160, 229
 Gillberg, 161, 229
 Gillies, 14, 229
 Gilloux, 14, 229
 Givon, 94, 229
 Gleitman, 71, 85, 95, 224, 225, 229,
 230, 234
 Gold, 10, 67, 180, 230
 Goldberg, 94, 230
 Golinkoff, 65, 66, 83, 85, 92, 95,
 225, 230, 231
 Gombert, 130, 185, 230
 Gough, 41, 230
 Greenberg, 42, 54, 230, 233
 Greenspan, 167, 230
 Griffiths, 81, 110, 230
 Guillaume, 68, 230
 Haber, 44, 48, 228, 230
 Hadley, 54, 230
 Halliday, 79, 125, 182, 183, 230
 Happé, 163, 167, 230
 Hardan, 162, 230
 Harris, 67, 182, 230, 231

Haton, 17, 231
 Healy, 41, 44, 54, 228, 230, 231, 235
 Hickok, 70, 98, 231
 Hirsh-Pasek, 65, 66, 83, 85, 92, 95,
 225, 230, 231
 Höhle, 75, 231
 Hohne, 74, 231
 Hopper, 67, 149, 199, 231
 Hyams, 95, 231
 Imbs, 55, 231
 Inhoff, 51, 52, 59, 226, 231, 241
 Jakobson, 71, 231
 Johnson, 67, 74, 75, 97, 181, 229,
 231, 232, 233, 239
 Jusczy, 73, 231
 Jusczyk, 64, 72, 73, 74, 228, 231,
 232, 235
 Kail, 92, 226, 228, 232, 241
 Karmiloff-Smith, 6, 97, 203, 229,
 232
 Kasevitch, 64, 232
 Keen, 50, 180, 232
 Kern, 81, 232
 Kimchi, 43, 232
 Kiparsky, 71, 232
 Kirkham, 74, 232
 Kluender, 72, 232
 Konopczynski, i, iii, 71, 73, 75, 79,
 86, 154, 202, 226, 232, 233
 Koriat, 42, 54, 230, 233
 Korkman, 157, 233
 Kuhl, 72, 233
 Lakoff, 9, 67, 181, 233
 Landauer, 53, 233
 Langacker, 94, 233
 Le Normand, i, iii, 99, 102, 112, 117,
 119, 127, 131, 168, 176, 208, 214,
 217, 218, 227, 233, 237
 Lecolinet, 14, 16, 233
 Lehmkuhle, 48, 49, 50, 233
 Lelekov-Boissard, 72, 233
 Leonard, 4, 158, 159, 160, 233
 Leopold, 68, 233
 Leroy, 202, 233
 Leventhal, 49, 233
 Liénard, 64, 233
 Lieven, 69, 93, 141, 151, 233, 237,
 240
 Linell, 182, 233
 Livingstone, 48, 50, 234
 Locke, 71, 75, 125, 234
 Lovegrove, 50, 180, 232, 234
 Macnamara, 93, 232, 234
 MacWhinney, 68, 90, 91, 100, 103,
 191, 223, 224, 228, 230, 234, 238,
 239, 240
 Madhvanath, 14, 234
 Maital, 76, 81, 234
 Manning, 96, 234
 Maratsos, ix, 88, 89, 90, 91, 92, 93,
 181, 234
 Marcus, 75, 234
 Mariotti, 168, 234
 Markman, 84, 234, 235

Marr, 9, 235
Massaro, 41, 235
Mayall, 45, 47, 235
McClelland, 12, 41, 45, 46, 96, 235, 238, 239
McShane, 125, 235
Mehler, 73, 235, 236
Menn, 71, 232, 235
Merigan, 48, 49, 235
Mermelstein, 14, 235
Mervis, 82, 83, 230, 235, 239
Miclet, 17, 235
Miller, 72, 85, 181, 182, 183, 233, 235
Monk, 44, 235
Moon, 73, 235
Moravcsik, 54, 235
Morgan, 71, 74, 206, 235
Morton, 12, 41, 42, 46, 236
Mueller, 98, 236
Naigles, 93, 95, 236
Navon, 43, 59, 236
Nelson, 82, 110, 225, 234, 236
Ninio, 111, 236
Norris, 58, 236
Olguin, 94, 130, 236, 241
Oller, 70, 71, 75, 236
Olson, 45, 182, 184, 235, 236
Ong, 185, 236
Paap, 41, 236
Packard, 199, 236
Pallier, 98, 236
Parisse, i, 12, 13, 26, 41, 102, 103, 117, 127, 131, 162, 164, 167, 168, 184, 211, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 236, 237, 239
Patterson, 4, 11, 41, 227, 237, 238
Pavlidis, 18, 237
Peressotti, 43, 237
Perruchet, 187, 196, 237
Peters, 71, 91, 130, 176, 237
Piaget, 77, 237
Pine, 69, 93, 101, 141, 151, 233, 237, 240
Pinker, 90, 95, 96, 192, 237
Pisoni, 72, 237
Plante, 159, 238
Plaut, 41, 46, 238
Plunkett, 7, 80, 96, 97, 229, 238
Polka, 72, 238
Popper, 3, 6, 238
Port, 189, 228, 238
Prince, 71, 96, 237, 238
Pulvermüller, 98, 238
Rapin, 157, 224, 238
Rayner, 44, 48, 50, 51, 52, 223, 225, 226, 231, 238
Redington, 181, 238
Reed, 181, 238
Reicher, 44, 238
Rey, 50, 238
Rondal, 100, 119, 238
Rosch, 82, 238, 239

Rosenthal, iii, 12, 41, 213, 214, 215,
 216, 237, 239
 Rossi, 3, 239
 Rumelhart, 12, 41, 46, 96, 235, 239
 Saffran, 74, 75, 196, 239
 Sanocki, 48, 58, 239
 Sayre, 47, 239
 Schlesinger, 83, 84, 239
 Schütze, 96, 234, 239
 Seidenberg, 12, 41, 46, 75, 181, 238,
 239
 Shallice, 11, 239
 Shanon, 67, 239
 Shapley, 48, 239
 Silva, 154, 239
 Skousen, 96, 149, 239
 Slaghuis, 50, 239
 Slobin, 81, 87, 92, 204, 225, 229,
 234, 237, 239, 240
 Smith, 71, 75, 119, 203, 225, 234,
 240, 241
 Snow, 67, 68, 100, 111, 112, 113,
 115, 120, 123, 225, 234, 236, 240
 Stampe, 71, 240
 Stein, 48, 50, 240
 Steinherz, 47, 240
 Suppes, 119, 131, 240
 Swingley, 74, 240
 Tager-Flusberg, 159, 163, 240
 Tagger-Flusberg, 163, 164, 240
 Talcott, 50, 240
 Tallal, 159, 180, 238, 240
 Tardif, 110, 240
 Theakston, 141, 240
 Tomasello, 67, 93, 124, 130, 149,
 181, 188, 223, 225, 231, 236, 240,
 241
 Tomblin, 154, 241
 Underwood, 48, 52, 241
 Valian, 95, 241
 Van Hout, 157, 241
 Van Valin, 94, 241
 Vargha-Khadem, 168, 241
 Veneziano, 176, 241
 Vihman, 70, 71, 241
 Vitu, 51, 52, 241
 Wagner, 86, 241
 Wells, 111, 112, 113, 115, 120, 123,
 163, 164, 166, 241
 Werker, 72, 238, 241
 Werner, 64, 77, 78, 125, 241
 Wexler, 10, 67, 95, 180, 241
 Wing, 161, 226, 242
 World Health Organization, 155,
 161, 242