HAL
open science

Recherche de la validité prédictive d'une évaluation conjointe du langage et des habiletés sensori-motrices d'une population d'enfants de 3-4 ans

Anne Luthringer-Fortier

To cite this version:

Anne Luthringer-Fortier. Recherche de la validité prédictive d'une évaluation conjointe du langage et des habiletés sensori-motrices d'une population d'enfants de 3-4 ans. Médecine humaine et pathologie. 2020. dumas-02902831

HAL Id: dumas-02902831

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02902831

Submitted on 20 Jul 2020

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.

Normandie Université

MEMOIRE

Pour l'obtention du Certificat de Capacité en Orthophonie

Préparé au sein du Département d'Orthophonie,
UFR Santé, Université de Rouen Normandie

Recherche de la validité prédictive d'une évaluation conjointe du langage et des habiletés sensori-motrices d'une population d'enfants de 3-4 ans

Présenté et soutenu par

Anne LUTHRINGER - FORTIER

Mémoire professionnel

Mémoire soutenu publiquement le 25 juin 2020 devant le jury composé de		
MARRET Stéphane	Neuro-pédiatre, PU-PH, chef de service en pédiatrie néonatale et réanimation et du CRTLA, CHU Rouen	Président du jury
Charollais Aude	Neuro-pédiatre, MD- PhD service de pédiatrie néonatale et réanimation et responsable du CRTLA, CHU Rouen	Membre du jury
Stumpf Marie-Hélène	Orthophoniste, service de pédiatrie néonatale et réanimation et du CRTLA, CHU Rouen	Directrice du mémoire

Mémoire dirigé par Madame Marie-Hélène Stumpf, Orthophoniste

UNIVERSITÉ DE ROUEN NORMANDIE

UFR Santé

Département d'orthophonie

REMERCIEMENTS

J'adresse mes sincères remerciements :

- A **Madame Marie-Hélène STUMPF**, ma directrice de mémoire et maître de stage. Je la remercie de m'avoir confié ce sujet de recherche qui m'a permis d'approfondir les mécanismes passionnants d'acquisition implicite du langage. Je la remercie également pour sa grande disponibilité et le partage de son expertise et expérience clinique. La qualité de son encadrement, à la fois pour ce mémoire et durant les différents stages effectués au CRTLA, a été riche d'enseignements pour ma future pratique,
- A **Madame le Docteur Aude CHAROLLAIS**, responsable du CRTLA où j'ai effectué ce travail de mémoire. Je la remercie pour le temps accordé et la richesse des échanges qui ont alimenté mes réflexions,
- A **Monsieur le Professeur Stéphane MARRET**, chef de service de pédiatrie néonatale et réanimation et du CRTLA du CHU de Rouen, pour l' accueil dans son service et pour l'intérêt qu'il porte à mon mémoire en me faisant l'honneur d'être mon président de jury de soutenance,
- Au **personnel médical et paramédical,** pour l'accueil en consultations et la réponse à mes questions,
- Au **personnel administratif** du CRTLA, pour son accueil durant mes stages et son aide logistique.
- A mes **maîtres de stage** durant ces cinq années d'étude, pour leur bienveillance, leur disponibilité et leurs conseils,
- A nos **enseignants** pour leurs apports théoriques et cliniques,
- Aux **patients** rencontrés lors de mes stages et le cas échéant à leurs aidants pour tout ce qu'ils m'ont appris et pour le plaisir des échanges,
- Et à mes **proches, famille et ami(e)s,** pour l'énergie qu'ils m'apportent au quotidien.

LISTE des ABREVIATIONS

BILO Petits : Bilan Informatisé du Langage Oral Petits (Maternelle)

COSMO : Batterie d'évaluation des COntraintes Sensori-Motrices

CO : Compréhension Oral

CRTLA : Centre de Référence des Troubles du Langage et des Apprentissages

CSP : Catégorie Socio-Professionnelle

DREES : Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques

EEG : Electro-Encéphalogramme

IRMf : Imagerie par Résonance Magnétique Fonctionnelle

MEG : Magnétoencéphalographie

NGAP : Nomenclature Générale des Actes Professionnels

PE : Potentiels Evoqués ; PEA : Potentiels Evoqués Auditifs

PSM : Petite Section de Maternelle

QQC : Qu'est-ce que c'est ? Lexique nominal

QQF : Qu'est-ce qu'il fait ? Lexique verbal

SA : Semaine D'Aménorrhée

TDAH : Trouble Déficitaire de l'Attention avec ou sans Hyperactivité

TDL : Trouble Développemental du Langage oral

TMS : Transfert de Modalités Sensorielles, somesthésique versus visuelle

LISTE des TABLEAUX et FIGURES

Figure 1: Connexion temporo-pariéto-frontale 4

Figure 2: Nombre de sujets par tranche d'âge au T1 28

Figure 3: Répartition des sujets selon la durée entre T1 et T2.....28

Figure 4: Scores CO et QQC en T1 et T2 selon la contrainte visuo-attentionnelle.....40

Figure 5: Scores QQC et RepM en T1 et T2 selon la contrainte enTMS.....41

Figure 6: Scores de langage en T2 selon la contrainte visuo-attentionnelle.....42

Figure 7: Scores de langage en T2 selon la contrainte visuo-attentionnelle et graphisme 42

Figure 8: Scores de langage en T2 selon la contrainte en graphisme.....42

Figure 9: Scores de langage en T2 selon la contrainte en TMS.....42

Figure 10:Scores de langage en T2 selon la contrainte en discrimination tactile 42

Tableau 1: Répartition par âge des 48 sujets 27

Tableau 2: Niveaux de prématurité dans l'échantillon comparée à une norme nationale 29

Tableau 3: Comparaison des niveaux d'éducation de la mère Echantillon / France.....29

Tableau 4: Quantification des scores déficitaires observés en langage au T1 33

Tableau 5: Quantification des scores déficitaires en langage observés au T2 33

Tableau 6: Quantification des scores déficitaires COSMO observés 34

Tableau 7: Corrélations intra-test BILO Petits T1.....35

Tableau 8: Corrélations intra-test COSMO T1 35

Tableau 9: Corrélations BILO Petits - COSMO au T1 36

Tableau 10 : Corrélations entre les scores de langage au T1 et au T2.....37

Tableau 11:Corrélations significatives entre COSMO-T1 et scores de langage au T2.....38

Table des matières

1 INTRODUCTION 1

2 CONTEXTE THEORIQUE 3

2.1 Le développement du langage de communication sur les bases sensori-motrices ... 3

2.1.1 La perception du langage et la constitution du système phonologique 4

2.1.1.1 Les compétences auditives précoces 4

2.1.1.2 Une représentation visuelle des sons de la parole 6

2.1.1.3 Le lien perception et production 7

2.1.1.4 Une capacité d'apprentissage précoce : le transfert de modalités sensorielles 9

2.1.2 Développement du lexique 10

2.1.2.1 Extraction de paquets acoustiques 10

2.1.2.2 Développement quantitatif du lexique 11

2.1.2.3 Donner du sens aux mots 12

2.1.2.4 Le lien lexique et phonologie 14

2.1.3 Développement de la morphosyntaxe 14

2.1.3.1 Une sensibilité précoce à la grammaire 15

2.1.3.1 Des compétences morphosyntaxiques en lien avec le lexique 15

2.1.3.2 Le développement de la morphosyntaxe : un processus essentiellement bottom-up dans les trois premières années ? 16

2.2 Difficultés d'une évaluation prédictive pourtant nécessaire 18

2.2.1 Diagnostic et évolution des troubles du langage 18

2.2.2 Une étiologie controversée du TDL 21

2.2.3 Des facteurs de risques du TDL étayés mais non prédictifs 22

2.2.4 Troubles associés et contraintes sous-jacentes 23

3 PROBLEMATIQUE et HYPOTHESES 25

4 METHODOLOGIE 27
4.1 Population 27
4.1.1 Recrutement 27
4.1.2 Description de la population 27
4.2 Matériel 30
4.2.1 Le Bilan Informatisé du Langage Oral pour les Petits « BILO Petits » 30
4.2.2 La batterie d'évaluation « COSMO » 30
4.3 Procédure 31
4.3.1 Recueil des données 31
4.3.2 Traitement statistique des données 32
4.3.3 Critère de jugement du niveau de sévérité des difficultés 32
4.3.4 Critère fixée pour la durée entre les deux évaluations de langage 32

5 RESULTATS 33
5.1 Résultats obtenus en langage et en contraintes sensori-motrices 33
5.2 Corrélations des scores observés au T1 34
5.3 Evolution des scores de langage au T2 par rapport à l'évaluation de T1 37
5.3.1 Corrélations entre les scores de langage au T1 et T2 : 37
5.3.2 Corrélations entre les scores COSMO -T1 et les scores BILO Petits - T2 38
5.3.3 Influence des scores de COSMO et de BILO Petits T1 sur les scores de langage au T2 39
5.3.3.1 Approche par analyse de régression linéaire : 39
5.3.3.2 Approche par scores langagiers en T1 et T2 en fonction du niveau de contraintes 39
5.3.3.3 Approche par scores langagiers en T2 en fonction du niveau de contraintes 41
5.3.3.4 Approche rétrospective sur les contraintes sensori-motrices pour les scores de langage les plus chutés au T2 dans notre population 45
5.3.4 Poids des facteurs confondants sur les scores de langage au T2 46

6 DISCUSSION 47

6.1 Contraintes sensori-motrices et développement du langage 47

6.2 Hypothèses interprétatives sur le rôle spécifique de certaines contraintes sensorimotrices 48

6.3 Poids des facteurs respectifs de langage et contraintes sensori-motrices sur le développement du langage au T2 52

6.4 Le développement de la morphosyntaxe : un mécanisme complexe sur une base sensori-motrice 54

6.5 Contraintes sensorimotrices et facteurs de risques connus 56

6.6 Contraintes sensori-motrices, pronostic et projet de soins 57

6.7 Limites de l'étude 59

7 CONCLUSION et PERSPECTIVES 61

8 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 63

9 ANNEXES 73

1 INTRODUCTION

En moins de quatre ans, l'enfant parvient, dans le cadre d'un développement normal, à comprendre et produire un langage de communication fonctionnel : « il maitrise alors les principaux aspects de la phonologie, il connait à peu près le sens et les conditions d'utilisation de plusieurs milliers de mots et il sait utiliser correctement les principales règles morphologiques et syntaxiques de sa langue maternelle » (Bassano, 2005, p61). Cette prouesse langagière, réalisée sans aucun apprentissage explicite, est le résultat de facteurs neuro-développementaux à la fois génétiques, d'où le calendrier développemental commun à tous les enfants, et environnementaux (Karmiloff, 2002). Rapidement, des interactions internes aux différentes composantes linguistiques - phonologie, lexique, morphosyntaxe - se mettent également en place pour soutenir cette dynamique développementale du langage.

Les recherches psycholinguistiques ont souligné le rôle des habiletés sensori-motrices précoces dans le développement du langage (Bates, 2004 et annexe 1) et les données de la littérature neuroscientifique confortent l'existence de ces compétences neuro-développementales précoces voire héritées de l'évolution phylogénétique (Dehaene-Lambertz, 2017). Cet équipement neuro-développemental, en partie fonctionnel dès le troisième trimestre de vie in utero, permet de traiter les entrées neurosensorielles auditives, visuelles, proprioceptives, isolément et en transmodalité, ce qui va servir de base au développement du langage (Bates, 2004).

Le langage oral se développe implicitement sur les cinq premières années de vie, mais il arrive que cette acquisition pose problème. Les troubles du développement du langage oral représentent un enjeu de santé publique (Ringard, 2000). Leur prévalence est significative bien que difficile à établir précisément compte tenu notamment de la complexité à définir ces troubles. La prévalence chez l'enfant est estimée de 3 à 7% selon les âges et la définition retenue (Bishop et al., 2017; Weindrich, Jennen-Steinmetz, Laucht, et al., 2000; Silva, McGee, et Williams, 1983).

On sait aujourd'hui que ces troubles du développement du langage (TDL) ont une incidence sur les apprentissages, notamment sur celui du langage écrit, mais aussi sur le développement cognitif (Zorman et al., 2011; Botting, 2005) et l'intégration sociale et professionnelle. Il est donc nécessaire d' intervenir de manière préventive (HAS, 2001; HAS, 2017) . Les études longitudinales font cependant ressortir la difficulté de prédire l'évolution des fragilités de langage oral d'un enfant de moins de cinq ans (Bishop et al., 2017; Bishop, et al., 2016; Rescorla, 2011; HAS, 2001) . De manière préventive et avant que la fenêtre développementale de l'acquisition implicite du langage oral (Rondal, 2011) ne se ferme, il est fondamental de pouvoir établir un diagnostic précis, incluant les contraintes sensori-motrices et visuo-attentionnelles ayant pu impacter le développement du langage. **Ce diagnostic doit être assorti d'un pronostic : il s'agit en effet de pouvoir répondre aux interrogations légitimes des parents et d'organiser la prise en charge ; il s'agit également de répondre aux critères diagnostiques puisque le pronostic sur l'évolution langagière est désormais inclus dans les critères diagnostiques du trouble développemental du langage** (Bishop et al., 2017).

Dans une première partie théorique, nous évoquerons le rôle des compétences sensori-motrices dans la dynamique développementale du langage, puis les raisons de la difficulté à pronostiquer l'évolution langagière pour des enfants de 3-4 ans présentant des fragilités.

Dans une seconde partie, nous détaillerons notre étude sur la validité prédictive d'une évaluation conjointe du langage et des habiletés sensori-motrices d'une population d'enfants de 3-4 ans : nous présenterons la population, le matériel et la méthode d'analyse. Les résultats seront ensuite décrits puis discutés. Nous présenterons en conclusion la confirmation ou l'infirmation de nos hypothèses et définirons des perspectives de recherche.

2 CONTEXTE THEORIQUE

2.1 Le développement du langage de communication sur les bases sensori-motrices

Nous présenterons ici le langage vu sous ses composantes linguistiques traditionnelles, soit la phonologie, le lexique, et la morphosyntaxique.

La dynamique développementale du langage s'appuie sur des prérequis sensori-moteurs permettant un traitement multimodal des afférences sensorielles et une programmation et exécution motrices. L'interaction de plusieurs régions corticales est nécessaire pour que fonctionne le réseau cérébral du langage. Il est en effet désormais bien établi que les zones cérébrales du langage ne se limitent pas aux seules aires de Broca - historiquement considérée comme intervenant dans la production - et de Wernicke – traditionnellement reliée à la compréhension - mais font intervenir un vaste réseau distribué (Dubois et al., 2016). Les asymétries anatomiques et fonctionnelles sont présentes dès la naissance avec un traitement de la prosodie et de la voix impliquant plus particulièrement l'hémisphère « mineur » (droit généralement) et le traitement des signaux linguistiques impliquant plus l'hémisphère dominant (gauche généralement). Ces asymétries proches de celles de l'adulte concernent plus particulièrement les régions périsylviennes gauches, notamment celle du planum temporale pour la discrimination phonémique, ce qui suggère que l'enfant bénéficie d'une capacité génétique à coder temporellement de manière très fine les signaux auditifs de la parole (Dehaene-Lambertz, 2017). De même, l'implication du lobe frontal, y compris lors de l'écoute de parole chez des enfants de 3 mois, démontre l'existence d'une connexion fonctionnelle précoce, par le faisceau arqué qui relie les aires temporales supérieures et frontales inférieures, y compris le cortex pré-moteur, comme l'indique le schéma ci-après. L'activation des aires frontales chez le nourrisson à la seule écoute de la parole pourrait également expliquer la motivation et le plaisir

des enfants (Dehaene-Lambertz, 2017) leur permettant une attention plus soutenue nécessaire à cet apprentissage implicite (Kuhl, 2010).

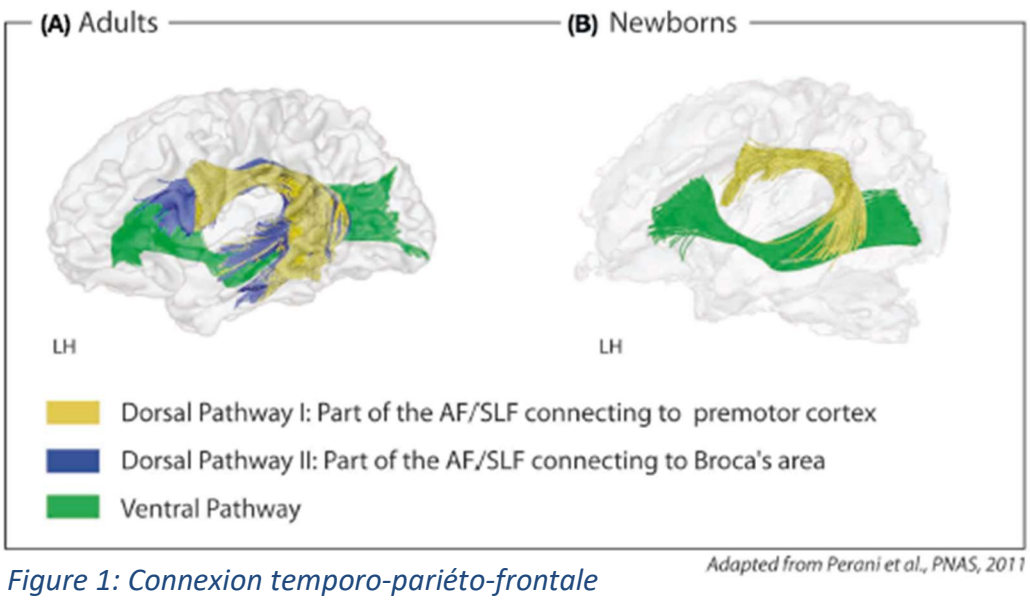


Figure 1: Connexion temporo-pariéto-frontale
Source Friederici 2012

Très précocement, le langage utilise des réseaux neuronaux qui vont permettre le développement et la stabilisation d'une représentation multimodale des sons de la langue maternelle.

2.1.1 La perception du langage et la constitution du système phonologique

Des expériences comportementales célèbres avaient permis dès les années 70-80 de mettre en évidence les compétences sensori-motrices très précoces chez les bébés. Elles sont aujourd'hui largement validées par des expériences neuroscientifiques et permettent de comprendre comment l'enfant mentalise des représentations multimodales des sons de sa langue.

2.1.1.1 Les compétences auditives précoces

Le nouveau-né réagit très tôt à la voix humaine, bien avant de pouvoir comprendre le sens du message : il préfère la voix de sa mère à celle d'une étrangère (DeCasper et al., 1980). En s'appuyant sur des **indices prosodiques** et notamment rythmiques, il peut différencier sa langue maternelle d'une autre langue (Mehler et al., 1988). Il possède à la naissance des **capacités de discrimination des phonèmes** de toutes les

langues du monde (Eimas et al., 1971). Une importante découverte des années 80 (Werker et al., 1984) montre que ces capacités perceptuelles innées vont se structurer en fonction des propriétés de la langue maternelle à laquelle l'enfant est exposé. Le bébé est ainsi capable d'organiser ses représentations mentales autour d**es phonèmes pertinents** de sa langue maternelle en perdant dans le même temps la capacité à distinguer les contrastes non pertinents. Ainsi, un enfant japonais d'un an ne perçoit plus les différences entre le /r/ et le / l/. La spécialisation lui permet un traitement plus efficace du flot sonore, il pourra ainsi ultérieurement distinguer les paires minimales (de type bateau / gâteau). La représentation mentale des sons pertinents de sa langue est organisée en **catégories. Ces catégories vont structurer sa perception** et servir de filtre perceptif pour inhiber une perception allophonique, selon la théorie de « l'effet d'aimant perceptif » (« **Perceptual Magnet effect »** Kuhl, 2004). L'apprentissage de la catégorisation des voyelles se ferait avant 6 mois et peut-être même in utero (Moon et al., 2013) ; celui des consonnes dans le dernier trimestre de la première année de vie. Ainsi dans des tâches de discrimination syllabique, les réponses cérébrales, enregistrées par des potentiels évoqués auditifs (PEA), se modifient entre 9 et 12 mois : durant cette période, les nourrissons apprendraient à distinguer les frontières catégorielles en ignorant les différences intra-catégorielles découlant de la diversité des réalisations phonétiques (Peña et al., 2012). Dans la même étude, les auteurs démontrent que les prématurés ne stabilisent pas plus rapidement les catégories phonémiques grâce à leur exposition plus précoce à la parole : il existerait donc une contrainte de maturation cérébrale biologique des réseaux cérébraux du langage.

Comment cet apprentissage implicite de catégories phonémiques invariantes pourrait-il se faire ? L'hypothèse d'un mécanisme d'apprentissage des régularités statistiques est aujourd'hui envisagée (Dehaene-Lambertz et al., 1994; Maye et al., 2008). Le « bébé statisticien » (Dehaene, 2013) serait en mesure de détecter une déviation dans une régularité auditive . Ainsi, lorsqu'on présente, à un bébé de quelques mois, une série de sons [ba ba ba ba] suivie d'un son déviant [ga], son cerveau, comme celui de l'adulte, réagit en émettant un potentiel évoqué spécifique (« mismatch negativity ou MMN ») interprété comme un signal d'erreur de prédiction (Dehaene-Lambertz et al.,

1994). Le traitement de la prosodie est toujours considéré comme facilitateur de cet apprentissage implicite des phonèmes. De même, la clarté de l'articulation présente dans le « mamanais » améliore l'apprentissage de la catégorisation phonémique des nourrissons, grâce notamment à l'accentuation du triangle vocalique (Liu et al., 2003).

Cet apprentissage implicite, s'appuyant sur les intégrations sensori-motrices, permettrait donc la constitution de catégories phonémiques et également des règles phonotactiques qui régissent les combinaisons de phonèmes dans une langue donnée (Mattys et al., 2001).

La **construction d'une phonologie pertinente** à la langue maternelle est observée en réception mais aussi en **production** : dès 20 semaines, le nourrisson peut imiter les patterns d'accentuation et les sons vocaliques (Kuhl et al., 2014). Le babillage canonique est marqué dès 10 mois par la structure de la langue maternelle à la fois au niveau phonémique et au niveau phonotactique (Bertoncini et al., 2000).

L'acquisition de catégories de phonèmes pertinents à la langue maternelle permet la construction du système phonologique et prédit la croissance du langage. Ainsi la capacité de discrimination entre phonèmes natifs / non-natifs à 6 mois prédit la production lexicale à 13, 16 et 24 mois (Tsao et al., 2004) et même du langage et de compétences en littératie précoce à 5 ans et ce quel que soit le statut socio-économique (Cardillo, 2010) . Le lien entre cette construction précoce de la phonologie et les compétences en langage est objectivé dans des expériences comportementales (Kuhl, 2004) mais aussi électrophysiologiques avec mesure de PEA (Cardillo, 2010; Kuhl et al., 2008).

2.1.1.2 Une représentation visuelle des sons de la parole

Malgré des capacités visuelles encore limitées à la naissance, le nouveau-né démontre dès la naissance une attirance innée pour le visage humain (Slater et al, 2001) et tout particulièrement pour la sphère buccale (Meltzoff et al., 1977)

Cette disposition génétique va lui permettre de construire des **représentations visuelles des sons** de la parole, dès les premiers mois de vie, en intégrant l'information articulatoire reçue de l'interlocuteur (Dehaene-Lambertz, 2012). En outre, ces

informations visuelles vont se connecter aux informations auditives avec un **co-enregistrement précoce des représentations auditives et visuelles.** Des expériences comportementales avaient démontré que les nourrissons peuvent dès 4 mois établir un lien entre les perceptions visuelles et auditives. Ces nourrissons se tournent préférentiellement vers le visage produisant le mouvement articulatoire congruent au stimuli auditif /a/ ou /i/ entendu (Kuhl et al., 1982 ; Patterson et al., 1999). Grâce à l'électrophysiologie, dans des expériences utilisant l'effet McGurk d'interférence entre l'audition et la vue, il a pu être objectivé que ce lien est établi encore plus précocement : dès 10 semaines, le nourrisson peut réagir à un signal auditif non congruent au signal visuel sur des syllabes isolées (Bristow et al., 2009). Et à 6 mois, il utilise les indices visuels pour établir les frontières entre phonèmes afin de construire ses catégories phonémiques (Teinonen et al., 2008).

2.1.1.3 Le lien perception et production

Selon la théorie motrice de la parole (Liberman et al., 1985), la perception de la parole repose sur la perception du geste moteur articulatoire de l'interlocuteur. En effet, l'intégration de l'information articulatoire permet de pallier les variations auditives dues aux différences de réalisation phonétique (débit de parole, accent, co-articulation avec une transformation acoustique des phonèmes selon les sons environnants …) Des données plus récentes, à la fois empiriques (Galantucci , 2006) et neuro-développementales (Deniz, 2013 ; Dehaene, 2012), affinent cette théorie motrice de la parole en redonnant une importance aux signaux auditifs: la perception de la parole passe effectivement par la perception d'un geste, d'où l'effet McGurk déjà mentionné, et le système moteur est recruté même lors d'une tâche se limitant à la perception de langage (Galantucci, 2006). Mais l'accent est mis aujourd'hui sur le co-enregistrement de l'information auditive et motrice puisque les deux systèmes perception/ production sont associés neurologiquement très précocement, la bouche et les mouvements articulatoires jouant ainsi un rôle dans l'acquisition de la langue maternelle (Dehaene, 2012). Les **perceptions articulatoires de la parole** pourraient, en effet, faire intervenir les **neurones miroirs** décrits par Rizzolata. On comprendrait ainsi l'activation, en IRM

fonctionnelle, de l'aire frontale inférieure gauche ou aire de Broca chez le nourrisson de 3 mois en situation d'écoute de parole. Une expérience en magnétoencéphalographie (MEG) a apporté des résultats confirmant le lien précoce entre les cortex moteurs (aire de Broca et cervelet) et le cortex auditif du lobe temporal supérieur. Ses résultats confirment le rôle fondamental du cortex moteur qui pourrait générer des « modèles internes de production des sons de la parole » bien avant que l'enfant ne produise ces sons (Kuhl et al., 2014) : chez des enfants de 11-12 mois, le cortex moteur est ainsi plus activé lorsqu'ils écoutent une langue étrangère que lorsqu'ils écoutent leur langue maternelle, pour laquelle certains modèles internes seraient déjà construits. Les **modèles de planification motrice** seraient ensuite confrontés aux sons de la parole provenant du cortex auditif et du planum temporale via le faisceau arqué (Kuhl et al., 2014).

La discrimination phonémique est également favorisée par l'intégration des signaux proprioceptifs : ainsi des enfants de 6 mois ne peuvent plus discriminer deux phonèmes consonantiques non-natifs si on les place temporairement dans un dispositif expérimental où ils ne peuvent plus bouger leur langue (Bruderer et al., 2015)

Avant même de pouvoir produire des sons de parole, la liaison sensori-motrice existe donc et est vraisemblablement bidirectionnelle : des modèles internes de programmation motrice aident à stabiliser des représentations phonémiques catégorielles qui guident la production des sons du langage. Cette interconnexion précoce entre les aires temporales supérieures et frontales inférieures permettrait de fournir une interface efficace entre la perception et la production de la parole: l'aire 44 de la région frontale inférieure (incluse dans l'aire de Broca) pourrait être une plaque tournante efficace entre les aires motrices et proprioceptives et aussi entre les aires auditives et visuelles (Dehaene, 2012). Le modèle neurolinguistique et connexionniste DIVA (annexe 3) formalise également ce lien entre les systèmes moteurs, auditifs et proprioceptifs dans l'établissement d'une carte mentale des sons de la parole (Guenther et Vladusich, 2012; Tourville et Guenther, 2011)

Le phénomène d'**imitation** est une illustration de cette capacité du nourrisson à établir un lien entre la perception et la motricité. Dès les premières heures de vie les nouveau-nés peuvent reproduire une ouverture de la bouche ou protrusion de langue (Meltzoff et al. , 1977). Et l'imitation va permettre de renforcer le lien perception/production des sons de la parole: les efforts des nourrissons dans l'**imitation** des productions de l'entourage leur permettent de réduire la différence entre la cible attendue et leurs propres productions: d'abord l'imitation des sons de la parole, puis des gestes de communication et des mots voire des premières constructions syntaxiques figées (Tomasello, 2003).

2.1.1.4 Une capacité d'apprentissage précoce : le transfert de modalités sensorielles

Le transfert de modalités sensorielles met en évidence la capacité d'apprentissage permettant de convertir une information fournie par un sens et de l'apparier à celle fournie par un autre sens. Les premières expériences comportementales de transferts de modalités sensorielles ont mis en jeu les compétences tactiles orales ou manuelles du nouveau-né avec les expériences célèbres des tétines dures ou souples que le nouveau-né peut « reconnaître » en modalité visuelle après une phase d'habituation uniquement en modalité tactile orale: les bébés de 1 mois révèlent ainsi leurs capacités d'abstraction des propriétés de texture et de substance des objets (Gentaz et al., 2006). De même, les nouveau-nés démontrent des capacités de transfert intermodal tactilo-visuel: ils sont capables d'extraire une information sur la forme et la texture d'un objet perçu uniquement tactilement puis de transformer cette perception tactile dans un format visuel et ainsi de l'apparier avec un stimulus visuel. (Streri et al., 2004)

Cette capacité de perception transmodale va être mobilisée dans le développement du langage (Bates, 2004) en favorisant, comme on l'a vu, la représentation multimodale des sons du langage et l'imitation mais aussi le développement du lexique (voir 2.1.2.3).

On retient donc une compétence neuro-développementale précoce à coder les expériences perceptives (auditive, visuelle, proprioceptive) et motrices. En découle

une stabilisation des **représentations phonologiques multimodales spécialisées pour la langue maternelle.** Ces représentations vont pouvoir à leur tour guider les programmations de sons et leur coarticulation. L'invariant phonologique se construit donc dans un co-enregistrement sensori-moteur. Ces représentations phonologiques stables et précises sont un « prérequis » à l'acquisition du lexique et de la morphosyntaxe (Tomasello, 2003). On mesure parallèlement l'importance des **interactions sociales** qui, dans des conditions normales de développement, vont permettre de décupler l'**attention** visuelle et auditive à la parole et au langage (Kuhl, 2010 ; Tomasello, 2003) : importance du bain de langage adressé à l'enfant et importance des compétences de l'enfant à s'inscrire dans la communication.

2.1.2 Développement du lexique

2.1.2.1 Extraction de paquets acoustiques

Très précocement, les enfants sont donc en mesure d'extraire des informations segmentales liées à la phonologie et des informations supra-segmentales concernant la prosodie du langage et d'en construire des représentations mentales : cela guide leur production de sons, mais leur permet aussi l'extraction de « paquets acoustiques » qui constitueront les futurs mots porteurs de sens. Dans une expérience comportementale, Peter Jusczyk avait pu montrer que le nourrisson de 7-8 mois peut reconnaitre des mots apparus dans des phrases différentes, même à des places différentes ainsi que dans la parole naturelle (Jusczyk et al., 1999). Les règles phonotactiques sont exploitées dès l'âge de 9 mois : deux sons qui ne peuvent pas apparaître l'un à la suite de l'autre dans une langue donnée sont considérés comme appartenant à deux mots différents (Mattys et al., 2001).

Le repérage des frontières de mots dans le flot continu de la parole suppose, comme on l'a vu, des traitements prosodiques, et des traitements phonologiques multimodaux fins et intégrant les règles phonotactiques de la langue. Cette extraction des candidats-mots pourrait également être permise par les capacités computationnelles précoces de l'enfant. Dans une expérience princeps célèbre, J. Saffran (1996) a ainsi montré

l'existence des manifestations comportementales de ce mécanisme d'apprentissage implicite. La sensibilité à la fréquence d'apparition de patterns permet à des bébés de 8 mois d'extraire les régularités statistiques auditives dans l'input langagier et les règles de probabilité de transition entre deux syllabes : Pour inférer les frontières de mots, les « bébés statisticiens » (Dehaene, 2013) s'appuieraient donc sur la probabilité d'apparition de la syllabe suivante incluse dans le mot qui est supérieure à la probabilité d'apparition de la première syllabe d'un autre mot pour délimiter la frontière des mots[1]. Une conclusion particulièrement intéressante pour notre propos est que l'efficience de ce mécanisme d'apprentissage statistique est corrélée avec la précision temporelle du codage des signaux acoustiques. Les travaux de l'équipe de G. Dehaene-Lambertz ont établi une corrélation, sur la base de mesures EEG, entre les compétences sensorielles de précision d'encodage temporel et les capacités d'apprentissage statistique de patterns syllabiques chez le nourrisson dès 8 mois (Dehaene-Lambertz, 2017; Kabdebon et al., 2015).

2.1.2.2 Développement quantitatif du lexique

Le développement quantitatif du lexique est manifeste : l'enfant commence à produire ses premiers mots autour de 12 mois et dispose d'un vocabulaire d'environ 1500 mots à 4 ans (Dahmoune-Le Jeannic, 2016). Ce développement est marqué par une « **dissociation » importante entre la compréhension et la production** du lexique, puisque les nourrissons comprennent dès 6 mois les premiers mots auxquels ils sont fréquemment exposés (Dehaene, 2016). Cet écart entre la compréhension et la production subsiste et, chez l'enfant neuro-typique, le stock lexical produit reste bien inférieur au stock lexical compris (Bassano, 2000). L'existence d'une **variabilité interindividuelle** forte ressort des études à la fois en termes d'âge d'apparition des premiers mots et en termes de rythme d'augmentation du lexique. Les variables sexe, rang dans la fratrie, niveau d'éducation de la mère impactent sensiblement la taille du lexique : en tendance, les filles produisent plus de mots que les garçons, les ainés plus que les puinés, les enfants dont les mères ont un niveau d'éducation supérieure à

[1] Dans l'expérience de J. Saffran, les bébés sont exposés pendant une période d'habituation à 4 pseudo-mots de trois syllabes (ex : tupirogolabubidakupadotigolabutupiro…), présentés chacun 45 fois dans un ordre aléatoire sur 2 minutes sans marquage prosodique.

Bac + 2 plus que les autres (Kern, 2003). L'existence d'un fort gradient socio-économique selon le revenu du ménage ou le diplôme de la mère sur le développement lexical en compréhension et production a été confirmée récemment sur une cohorte de 18 000 enfants français de 2 ans, alors même que dans le même temps aucun écart de développement moteur n'était relevé (Grobon et al., 2019).

2.1.2.3 Donner du sens aux mots

Le processus de mise en correspondance entre le son du « paquet acoustique » et son sens a donné lieu à une littérature abondante. Des contraintes ou prédispositions innées ont d'abord été proposées pour expliquer l'établissement de la correspondance son/ sens. Ainsi, selon le principe linguistique connu d' « exclusivité mutuelle » théorisé par Ellen Markman (1989), l'enfant considère qu'un mot nouveau désigne un objet pour lequel il n'a pas encore de mot. Mais selon quel mécanisme ? Des réponses peuvent être apportées en conjuguant les approches socio-pragmatiques et également celles de l'apprentissage statistique. Au niveau **socio-pragmatique**, l'enfant utilise des indices issus de ses compétences en attention conjointe, en lecture du pointage proto-déclaratif et en compréhension de l'intention de communication de l'autre pour faciliter son apprentissage de la correspondance entre les unités sonores et les événements du monde réel (Tomasello, 2003). Toutes ces compétences socles de la communication reposent sur une attention visuelle et auditive fonctionnelles. Elles se développent, surtout à l'émergence du langage , dans les situations de routine et soulignent le rôle de l'environnement et de l'expérience sociale de l'enfant (Bruner, 1974). On retrouve donc le **rôle des compétences sensori-motrices permettant de mettre en jeu cette attention visuelle et auditive et d'intégrer sensoriellement les stimuli de l'environnement**. Les processus de correspondance son - sens sont également analysés aujourd'hui comme découlant des **capacités statistiques** du bébé qui lui permettent d'inférer statistiquement, compte tenu de ses connaissances et compétences socio-pragmatiques , le lien sens-son le plus probable[2] (Dehaene, 2013;

[2] St. Dehaene donne ainsi l'exemple suivant : Un adulte, en présence d'un chien, dit le mot « truffe ».L'enfant sait que, s'il avait voulu nommer le chien, il aurait probablement dit « chien ».Il en déduit que la probabilité qu'il ait voulu nommer le chien est faible et que la probabilité que « truffe » veuille signifier chien est faible. Il alimente donc son modèle interne d'hypothèses : Est-ce une partie du chien? Une catégorie de niveau supérieur? L'adulte joue? Il s'est trompé? etc…

Xu et Tenenbaum, 2007). Ce traitement statistique sous-tendrait l'établissement rapide du lien sens-son (« fast mapping ») évoqué par Bates (2004), permettant à l'enfant d'apprendre plusieurs mots nouveaux par jour.

La construction du sens de mot repose aussi sur **l'intégration des différentes expériences sensori-motrices** avec l'objet : le « doudou » a une forme, une odeur, une texture, un poids, une fonction, etc… et peut susciter un certains nombres d'actions motrices. La capacité de perception transmodale de l'enfant va être mobilisée dans l'appariement sens-son (Bates, 2004) : « je vois ce que tu me montres, et que je connais par mes expériences sensori-motrices, et j'entends en même temps le nom que tu lui donnes ». L'enfant doit ensuite construire une représentation catégorielle et non plus simplement référentielle de l'objet : « maman » désigne la mère d'un enfant et pas seulement la sienne, de même que « chien » désigne aussi bien les caniches que les bouledogues. Ses compétences précoces de catégorisation (Jisa, 2003) se développent grâce au langage et aux expériences multimodales qu'il peut vivre et coder. Il devra donc consolider des expériences sensori-motrices transmodales multiples et cohérentes, pour construire les différentes facettes d'un même signifié et lui associer un signifiant.

Cela n'exclut pas le **rôle des composantes linguistiques** elles-mêmes dans l'établissement du lien sens-son. La langue va, en effet, fournir à l'enfant des indices notamment morphosyntaxiques de compréhension des nouveaux mots selon la théorie de l'amorce syntaxique (« syntactic bootstrapping ») : avant un an, l'enfant s'est approprié le sens de certains mots grammaticaux comme l'article « des » : il le repère dans le flot de la parole sur la base de sa fréquence élevée et de sa présence aux frontières prosodiques et il l' utilise pour segmenter le mot suivant comme un substantif porteur de sens (Shi, 2014). Vers 2 ans, il peut associer des pseudo-mots à des actions ou des objets selon que le pseudo-mot est précédé de « je » ou de « la ». De même l'enfant peut dériver le sens d'un mot inconnu grâce à des structures syntaxiques et prosodiques , par exemple « je ne veux pas le bleu, je veux le chromé ; donne- moi le chromé » (Christophe et al., 2008; Millotte et al., 2009)

2.1.2.4 Le lien lexique et phonologie

Malgré les capacités de discrimination phonémiques fines déjà évoquées, la perception de la parole serait initialement organisée en unités de l'ordre de la syllabe et non du phonème. En début de deuxième année, les mots seraient d'abord représentés de manière holistique et sous-spécifiée phonétiquement par leurs caractéristiques individuelles saillantes comme la forme acoustique générale ou la structure prosodique (Bertoncini et al., 2000). Cette sous-spécification est d'abord suffisante pour permettre la reconnaissance des mots compte tenu du vocabulaire limité des enfants mais l'accélération de l'acquisition lexicale observée autour de 18-24 mois conduit à une réorganisation des informations en mémoire. La présence de plus nombreux voisins phonologiques initie la décomposition des représentations des mots en segments plus petits selon la théorie de la « restructuration lexicale » (Metsala, 1997; Ziegler et al., 2005). Cela conduit à un affinement du système phonologique, qui, à son tour, guide une meilleure reconnaissance des mots en compréhension et une meilleure intelligibilité en production. La production linguistique bénéficie également dans le même temps de l'amélioration de la programmation et réalisation des praxies bucco-linguales.

On retient donc que le développement lexical va être permis par les compétences sensori-motrices précoces associées à un mécanisme d'apprentissage statistique ainsi qu'à l'attention visuelle sur l'objet désigné acoustiquement et sur la compréhension de l'intention du locuteur. Une dynamique développementale entre les composantes linguistiques elles-mêmes intervient également : la phonologie permet le développement du lexique qui, à son tour, affine les représentations phonologiques lexicales. Des interactions linguistiques existent également pour le développement de la morphosyntaxe.

2.1.3 Développement de la morphosyntaxe

Les compétences morphosyntaxiques permettent la production d'une infinité d'énoncés et sont à ce titre considérées comme la caractéristique spécifique du

langage humain (Fitch et al., 2005). On distingue classiquement la syntaxe qui gouverne l'ordre des mots et la morphologie ; la morphologie dérivationnelle permet l'expansion lexicale que ce soit dans la même classe grammaticale (monter/ démonter) ou non (chaussures/ chausser) et la morphologie flexionnelle soutient les nuances de genre, nombre, temps, aspect.

2.1.3.1 Une sensibilité précoce à la grammaire

L'enfant commence à combiner deux mots en production vers 18-24 mois. Mais bien avant cette amorce de syntaxe en production, les nourrissons présentent une sensibilité précoce à la structure de phrase en s'appuyant sur un traitement prosodique: dès 7 mois, il préfère écouter des phrases avec des pauses prosodiques qui respectent les frontières syntaxiques (Hirsh-Pasek et al., 1987).

La capacité à traiter les indices prosodiques lui permet de segmenter le flot sonore en unités sémantiques comme les phrases et les syntagmes. Ce traitement est facilité si on s'adresse à l'enfant en « mamanais » (motherese) avec ralentissement du débit et accentuation des patterns prosodiques (Kemler Nelson et al., 1989). Cette sensibilité précoce va permettre le développement de la compréhension morphosyntaxique : dès 17 mois, alors que l'enfant n'en est encore qu'au stade du mot unique en production, il est déjà sensible au sens porté par l'ordre des mots, à la distinction entre noms communs et noms propres (Hirsh Pasek et Golinkoff, 1996, cité par Karmiloff et al., 2001). Au niveau de la morphologie, à 18 mois, il peut discriminer si la conjugaison de la forme progressive anglaise « be + ing » est correcte ou non, alors que l'auxiliaire et le verbe sont séparés par un mot (Santelmann et al., 1998). De nombreux marqueurs morphologiques étant peu saillants dans l'input langagier (ex : Il le mange/ il la mange), outre les capacités d'attention auditive, les compétences phonologiques, et donc sensori-motrices, sont nécessairement sollicitées dans le développement morphosyntaxique (Chiat, 2001).

2.1.3.1 Des compétences morphosyntaxiques en lien avec le lexique

Les travaux princeps de Bates (1988) ont permis de mettre à jour la puissante relation de cause à effet entre le développement du lexique et de la morphosyntaxe : une « masse lexicale critique » (autour de 150 mots produits) permet le déclenchement

des acquisitions grammaticales. Il existe également de fortes corrélations entre la taille du vocabulaire et la complexité morphosyntaxique, notamment pour l'apparition des marques morphosyntaxiques verbales (Marchman et al., 1994). Les travaux français, notamment de Bassano, ont permis de vérifier cette hypothèse de masse critique lexicale considérée comme robuste et bien étayée : il existe, en français, un lien entre la grammaticalisation des noms, mesurée par l'emploi du déterminant, et la taille du lexique (Bassano et al., 2008).

2.1.3.2 Le développement de la morphosyntaxe : un processus essentiellement bottom-up dans les trois premières années ?

Depuis la théorie Chomskyenne d'un modèle inné d'acquisition du langage (1981), de nombreux débats entourent les mécanismes développementaux de la morphosyntaxe : comment l'enfant acquière-t-il les règles nécessaires pour comprendre et produire l'ordre canonique de la phrase porteur de sens et coder/ décoder la morphologie flexionnelle et dérivationnelle ? Il existe un relatif consensus sur la nécessité d'une acquisition de règles abstraites mentalisées[3] pour générer la grammaire adulte. Des débats existent autour de la question des mécanismes d'acquisition de ces règles : mécanismes spécifiques au langage (« Language Acquisition Device- LAD », Chomsky) ou faisant appel à des compétences cognitives plus larges (Dehaene, 2016) ? Il n'y a pas non plus consensus pour savoir si ces règles abstraites sont construites précocement dans la première année de vie (Dehaene, 2016; Millotte et al., 2009; Christophe et al., 2008) ou plus tardivement (Friederici, 2012; Tomasello, 2003). Pour les tenants d'une construction précoce de règles abstraites, l'architecture neuronale du cerveau du bébé (Dehaene-Lambertz, 2017) lui permet de mettre en lien ses compétences sensori-motrices précoces, dont certaines plus spécifiques au langage comme le traitement auditif temporel fin, et des mécanismes généraux d'apprentissage implicite. Les enfants de 2 ans seraient alors déjà en mesure de traiter des structures grammaticales abstraites. Les chercheurs du laboratoire d'études cognitives de l'Ecole Normale Supérieure montrent par

[3] Ces règles abstraites permettent dans le cadre de la morphologie de générer sur la base de modèles des flexions de genre, de nombre, de temps… et également de juxtaposer des éléments selon une structure hiérarchique enchâssée incluant la gestion des accords de syntagmes placés à distance.

enregistrements de PE qu'à 24 mois, le jeune enfant associe des pseudo-mots à leur catégorie sémantico-syntaxique selon le mot grammatical qui l'introduit : ainsi, il associe « je dase » à une action et « la dase » à un objet. Il traite également le rôle sémantico-syntaxique de « le » différemment selon son emploi comme pronom ou déterminant. Il s'attend à entendre un verbe après « la fille le… », et un nom après « la fille prend le… » (Bernal et al., 2010; Christophe, 2012).

A l'inverse de cette construction précoce de règles abstraites, des chercheurs proposent une théorie en **deux phases du développement morphosyntaxiques**. Le premier temps, jusqu'au milieu / la fin de la troisième année, serait essentiellement lexico-sémantique : ainsi Michael Tomasello propose que les « constructions syntaxiques précoces » ne soient en fait que des constructions figées apprises par cœur, une à une, dans une scène de vie. Elles peuvent alors être réutilisées, sous une forme quasi-identique, dans un même contexte de communication (Tomasello, 2003). Des constatations identiques sont faites avec des travaux français « les marqueurs syntaxiques utilisés en début du développement du langage sont vraisemblablement mémorisés comme des formes lexicales figées et non pas produits par un système de règles » (Parisse et al., 2004, p.23). Pour parvenir à la généralisation permettant la production infinie d'énoncés flexibles, l'enfant devra accéder à une deuxième phase où des règles implicites seront construites grâce à la confrontation à l'input linguistique : l'enfant pourra alors, grâce à des compétences cognitives générales et d'une masse critique d'exemplaires de chaque type de construction phrastique, extraire des structures abstraites[4]. L'équipe d'Angela Friederici, sur la base de résultats EEG, MEG et IRMf, propose également deux étapes dans la construction de la morphosyntaxe en se focalisant, elle, sur la modalité compréhension : la première étape, sur les **trois premières années de vie**, impliquerait principalement mais non exclusivement des **processus « bottom-up », avec un traitement des informations sensori-motrices pour construire des représentations mentales**. La seconde étape relèverait principalement de processus « top-down » avec analyse des

[4] Structures abstraites : rôles sémantiques de type agent-patient, , création de liens hiérarchiques entre des composants de la phrase qui ne sont pas adjacents …

représentations mentales en impliquant des fonctions cognitives générales (Skeide et al., 2016). Cette évolution se lirait notamment dans la capacité grandissante à segmenter la phrase et les syntagmes sans indice prosodique. Ces auteurs invoquent également la maturation progressive du faisceau arqué (FA). Ses projections antérieures, notamment de la branche pariéto-frontale (Wilkinson et al., 2017) , dans l'aire de Broca, responsable des traitements syntaxiques complexes, n'apparaissent que plus tardivement, notamment avec l'entrée dans l'écrit. Chez l'enfant jeune, c'est la voie ventrale représentée par le faisceau occipito-frontal inférieur (IFOF) présente dès la naissance, avec peu de modification jusqu'à l'âge adulte, qui serait responsable du traitement sémantique et de certains aspects syntaxiques élémentaires et automatiques (annexe 2) (Skeide et al., 2016).

Le développement du langage repose donc sur des processus complexes impliquant des compétences spécifiques au langage et des compétences générales. Les compétences sensori-motrices restent cependant à la base de la construction du langage. Compte tenu de cette complexité, la prouesse de l'acquisition implicite du langage en moins de 4 ans paraît encore plus prodigieuse. Mais ces mécanismes développementaux d'acquisition du langage peuvent ne pas fonctionner.

2.2 Difficultés d'une évaluation prédictive pourtant nécessaire

L'évaluation des troubles du langage chez le jeune enfant est fondamentale pour au moins deux raisons : la prévalence des troubles est significative et un trouble du langage a un risque important d'impacter les acquisitions futures, notamment le langage écrit, le développement cognitif et l'intégration sociale, voire le développement psycho-affectif. Cette évaluation se heurte cependant à des difficultés notamment concernant le pronostic.

2.2.1 Diagnostic et évolution des troubles du langage

Le DSM-5 définit le trouble du langage (TDL) comme un trouble neuro-développemental, qui entrave le développement du langage très précocement. Ce

trouble persistant doit être objectivé par des tests normés et une analyse clinique qualitative faisant ressortir un déficit significatif par rapport à la norme. Il entraîne un retentissement sur la communication, les apprentissages et l'intégration sociale. La suppression du terme « spécifique » dans cette cinquième version du DSM permet d'envisager un diagnostic de TDL chez des enfants avec pathologies acquises (paralysie cérébrale…) ou congénitales (déficience intellectuelle) si le TDL est supérieur à ce qu'il est habituellement dans ces populations (Avenet et al., 2016).

Concernant la **sévérité** du trouble, le DSM-5 ne préconise pas de seuils pour délimiter le normal du pathologique (contrairement au DSM 4) compte tenu notamment de la variabilité des batteries de tests et des étalonnages. Le groupe d'experts Catalise (D.V.M. Bishop et al., 2017) a également choisi de ne pas proposer de seuils avec l'idée qu'il n'existe **pas de distinction nette et précise entre un enfant avec un trouble du langage et un enfant avec des compétences dans une norme basse. La compétence langagière s'inscrit, en effet, dans un continuum**, avec des différences de **degré de sévérité** et non des différences de nature.

La **persistance** du trouble langagier dans les critères diagnostiques fait consensus. Des études longitudinales montrent la persistance du trouble pour une portion significative d'enfants de 3 ans et plus : sur une cohorte de près de 1000 enfants testés, 40% des enfants qui présentaient des troubles d'acquisition du langage à 3 ans présentent à 7 ans un déficit en langage oral et/ou un déficit en langage écrit ou une déficience mentale comparé à 5% pour la population normale (Billard, 2002; Silva et al., 1983). De même, Bishop et Edmundson (1987) montrent que près de 2/3 des 87 enfants de 4 ans avec trouble du langage ne retrouvent pas des compétences dans la norme à 5 ans et demi ; et que certains de ceux qui semblaient avoir rejoint la norme à 5-6 ans, avaient des scores plus bas que le groupe contrôle dans des tâches de traitement phonologique à l'adolescence (Moyle et al., 2011). Pour les « parleurs tardifs » de 2 ans (late talkers), les études tendent à montrer une normalisation apparente du langage entre 5 et 7 ans avec cependant des scores de langage significativement inférieurs à la moyenne à l'adolescence (Rescorla, 2011). Il ressort donc qu'une proportion importante d'enfants conserve leurs difficultés langagières.

Compte tenu de l'impact significatif des compétences en langage oral sur les apprentissages scolaires, notamment l'apprentissage du langage écrit et également sur le développement cognitif (Zorman et al., 2011) et social, le diagnostic et la prise en charge précoce sont indispensables, tout en « évitant la médicalisation de difficultés relevant d'un renforcement pédagogique » (HAS, 2017)

L'importance du **pronostic**, déjà présent dans le DSM 5, est renforcé par le consortium d'experts Catalise, qui va jusqu'à intégrer cet aspect pronostique dans sa définition du TDL. Pour les enfants de plus de 5 ans, le pronostic est assez fiable avec un risque fort que le décalage par rapport à la norme subsiste, surtout si la modalité compréhension est également atteinte et que les scores de quotient intellectuel non verbaux sont dans la norme basse (Bishop et al., 2016; Bishop et al., 2017) Par contre, le **pronostic d'évolution avant l'âge de 5 ans reste problématique et le langage des enfants de moins de 5 ans, en dehors des troubles sévères du langage affectant à la fois les modalités compréhension et la production, peut évoluer significativement, même sans intervention** (Bishop et al., 2016). Cette difficulté dans l'établissement d'un pronostic était déjà soulignée par la HAS pour les enfants entre 3 et 5 ans pour lesquels il n'était souvent « **pas possible de prédire cliniquement l'évolution du langage » (HAS, 2001)**. La prédiction de l'évolution est particulièrement incertaine avant 3 ans, avec cependant une évolution plus négative pour les enfants ayant également des difficultés de compréhension et pas seulement des difficultés de production. A partir de 4 ans, des études anglophones ont montré que plus il y avait un nombre important de composantes et modalités touchées, plus la probabilité de persistance du trouble était élevée (Bishop et al., 1987) contrairement à l'idée répandue que la sévérité du trouble pourrait être liée à un déficit prononcée d'une composante par rapport aux autres. Catalise a également souligné **le manque d'outils** permettant l'identification précoce d'enfants à risque sur le long-terme de TDL en encourageant le **développement de méthodes pour distinguer les problèmes de langage transitoires et persistants**.

2.2.2 Une étiologie controversée du TDL

Des théories différentes existent sur la nature des déficits sous-jacents aux troubles linguistiques, d'autant que les TDL recouvrent, en fait, une hétérogénéité importante de profils, même en excluant les troubles du langage associés à des conditions bio-médicales (Bishop et al., 2017). Certains auteurs avancent l'hypothèse d'un déficit linguistique spécifique (van der Lely, 2005) alors que d'autres privilégient des théories renvoyant à des déficit de compétences cognitives « générales » non spécifiques au traitement du langage. On peut notamment retenir les théories pointant sur :

- Un déficit du traitement temporel rapide des signaux auditifs (Tallal, 1980) et /ou du retard de maturation du cortex auditif (McArthur et Bishop, 2005)
- Un déficit de la mémoire de travail auditive, soit spécifique au traitement phonologique (Chiat, 2001), soit plus largement aux informations auditives (Weismer et al., 1999)
- Un ralentissement de la vitesse de traitement (Miller et al., 2001)
- Un déficit en mémoire procédurale qui impacterait la capacité à apprendre les règles de construction des composantes du langage (Ullman et Pierpont, 2005)
- Un déficit dans l'apprentissage implicite des régularités statistiques (Evans et al., 2009)

Une étiologie neuro-développementale montrant une défaillance dès le traitement cortical des informations sensori-motrices pourrait expliquer les difficultés dans les mécanismes interactifs de développement langagier (Bates, 2004; Charollais et al., 2013). En effet, la « qualité des différents sens (vision, audition, proprioception) et leur intégration intermodale permettraient de stabiliser ou non les représentations des sons » de la langue maternelle (Charollais et al. 2013). Sans cette stabilisation, la cascade développementale décrite ci-dessus serait compromise. A noter que cette conception neuro-développementale est compatible avec les facteurs génétiques et les facteurs environnementaux (prématurité, niveau d'éducation…) du TDL, contrairement à certaines des théories présentées ci-dessus.

2.2.3 Des facteurs de risques du TDL étayés mais non prédictifs

Certains **facteurs de risques** sont relevés de manière stable par des études, notamment des antécédents familiaux de troubles langagiers, une prévalence plus forte chez les garçons, l'ordre de naissance et le niveau d'éducation parental (Bishop et al., 2017; Rudolph, 2017). Les **antécédents familiaux** de trouble du langage oral et/ou écrit alimentent une **origine génétique** de ces troubles étayée par des études sur des enfants adoptés, ou des jumeaux monozygotes et dizygotes (Moyle et al., 2011). La mise en évidence d'une moindre asymétrie en faveur de la zone périsylvienne de l'hémisphère gauche et notamment du planum temporale chez les enfants avec TDL (Badcock et al., 2012) pourrait constituer un argument en faveur d'une origine génétique, de même que la surreprésentation des enfants de **sexe masculin** (Rudolph, 2017). Cependant si des facteurs génétiques contribuent au développement d'un trouble du langage, ils ne le déterminent pas et ne suffisent pas à prédire les compétences langagières au niveau individuel. Par ailleurs, compte tenu de nos connaissances actuelles, il n'existe pas de tests biomédicaux permettant l'identification de marqueurs génétiques de TDL.

En dehors de ce facteur génétique, la littérature a documenté des **facteurs de risques environnementaux** comme **l'ordre de naissance** au détriment des derniers de fratrie, ou le **niveau d'éducation faible des parents, notamment de la mère**. L'impact du niveau d'éducation maternelle est largement documenté (Rudolph, 2017) et théorisé par la différence d'input linguistique dont les enfants pourraient bénéficier selon le milieu social. Cependant certains auteurs s'interrogent sur la cause première : les contraintes génétiques ne pourraient-elles pas être premières et entrainer un cercle vicieux ? (Moyle et al., 2011).

Au titre des facteurs environnementaux, le bilinguisme ne peut plus être considéré, en soi, comme un facteur de risque de TDL compte tenu de la littérature abondante montrant les effets positifs du bilinguisme (Paradis et al. 2011 cité par Bishop et al., 2016). Si le bilinguisme n'est plus un critère d'exclusion du TDL (HAS, 2017), il pose un problème d'évaluation du langage de l'enfant, puisqu'un décalage acquisitionnel peut exister. Certains repères sont néanmoins connus : un enfant de 30 mois qui a

une exposition à la langue ambiante d'au moins 60% doit normalement avoir le même niveau de langage qu'un enfant natif (Cattani et al., 2014). Quant à l'enfant acquérant une LV2 précocement, soit avant 6 ans, mais après l' acquisition de sa langue maternelle, il lui faudra plus de 3 ans avant de pouvoir obtenir des scores dans la norme de ses pairs monolingues (Paradis, 2016).

Des **facteurs de risques périnataux** comme une grande prématurité, avec naissance avant 33 SA, ont été également relevés comme révélateurs des déficits sensori-moteurs précoces impactant le développement du langage (Charollais et al., 2010; Larroque et al., 2008; Marret, 2008). Une méta-analyse sur 17 études publiées entre 1995 et 2011 (1529 enfants prématurés, 965 enfants nés à terme) souligne ainsi que les enfants prématurés obtenaient des scores de langage significativement moins élevés que les enfants nés à terme, même en l'absence de séquelles motrices importantes et indépendamment du milieu socio-culturel. La différence entre les 2 groupes tendait à s'accroitre entre 3 et 12 ans, sur les fonctions plus complexes du langage (Spek et al., 2012) . Les retards de croissance intra-utérin et l'hypotrophie avec un poids de naissance inférieur à 1500 g. ont été également mis en relation avec un risque plus élevé de trouble développemental du langage (Barre et al., 2011).

Ces facteurs de risques ne constituent cependant pas des éléments prédictifs de développement de TDL au niveau individuel (Catalise 2017).

2.2.4 Troubles associés et contraintes sous-jacentes

L'**absence du terme « spécifique »** dans le DSM-5 et dans les recommandations de Catalise permet la prise en compte de troubles associés au TDL fréquemment décrits dans la littérature (Avenet et al., 2016). Sont notamment concernés les **troubles déficitaires de l'attention avec ou sans hyperactivité** (McGrath et al., 2008) et des déficits moteurs ou praxiques: ont ainsi été objectivés une **immaturité motrice** , des **difficultés praxiques** (Hill, 2001) voire un trouble d'acquisition de la coordination (Flapper et al. , 2013). Ces **troubles praxiques** peuvent impacter la sphère oro-faciale mais aussi les membres : d'après la méta-analyse de Hill, 2001, entre 40 à 90% des enfants avec TDL rencontrent des difficultés importantes de motricité fine et globale et

des troubles praxiques. Cette difficulté dans la planification de séquences de geste, nécessaire à la production des sons de la parole, peut également se retrouver pour les gestes de la motricité fine. En particulier une corrélation forte a été établie entre les troubles moteurs fins et les troubles de la production des sons du langage (Bishop, 2002).

La question du pronostic du trouble du langage chez l'enfant de moins de 5 ans requiert donc plus d'études. Par ailleurs, la compréhension neuro-développementale de l'acquisition du langage, confortée par l'existence de troubles associés, notamment au niveau praxique et attentionnel, fait apparaître la pertinence d'une évaluation conjointe du langage et des habiletés sensori-motrices.

3 PROBLEMATIQUE et HYPOTHESES

3.1 Problématique

Les recherches psycholinguistiques ont souligné le rôle des habiletés sensori-motrices précoces dans le développement du langage. L'architecture neuronale du nourrisson lui permet de structurer une perception du langage: le jeune enfant constitue ainsi les bases de son système phonologique en isolant et stockant des catégories phonémiques pertinentes dans sa langue. Ses représentations auditives, visuelles, proprioceptives et motrices du langage sont connectées précocement; un lien bidirectionnel s'établit entre perception et production du langage. L'enfant peut ainsi acquérir des représentations multimodales des sons de la langue, précurseurs sur lesquels vont pouvoir se développer lexique et morphosyntaxe. Ses compétences sensori-motrices, langagières, cognitives, attentionnelles et sociales (Kuhl, 2010) lui permettent de lier sens et sons pour comprendre et produire un langage de communication.

Le trouble développemental du langage oral (TDL) représente un enjeu de santé publique du fait de sa prévalence importante et de ses conséquences cognitives et socio-affectives. Mais les études longitudinales font ressortir la difficulté de prédire l'évolution des déficits de langage oral d'un enfant avant 5 ans. Les connaissances scientifiques actuelles ne permettent pas d'établir une étiologie précise et unique du TDL. Il existe dans la littérature des facteurs de risque du TDL (Rudolphe, 2017) mais qui ne peuvent être considérés comme prédictifs de la trajectoire développementale du langage. **Avant la fin de la fenêtre développementale de l'acquisition implicite du langage, et pour améliorer la prise en charge, il semble fondamental de pouvoir diagnostiquer et également émettre un pronostic sur l'évolution langagière**.

Une évaluation des habiletés sensori-motrices (incluant praxies bucco-faciales et praxies fines oculo-manuelles, discrimination auditive, discrimination tactile, attention visuelle et transfert de modalités sensorielles), associée à une évaluation du langage

(phonologie, lexique, syntaxe en modalité de réception et production), permet de mieux comprendre les contraintes ou les ressources du profil langagier d'un enfant (Puglisi 2010, Rolland 2013, Charollais, 2013).

Compte tenu de la difficulté à pronostiquer le développement langagier d'un jeune enfant avec des fragilités langagières, nous cherchons à établir la validité prédictive d'une évaluation conjointe du langage et des habiletés sensori-motrices dans une population d'enfants de 3 à 4 ans : les résultats de cette évaluation conjointe peuvent-ils être prédictifs de l'évolution linguistique sur un horizon de 6 à 12 mois ?

3.2 Hypothèses

L'hypothèse générale de notre travail est que **le dysfonctionnement d'une ou de plusieurs habiletés sensori-motrices altère le développement des compétences linguistiques** : **La mesure de ces contraintes permettrait donc de contribuer au pronostic langagier à court-moyen terme**.

De manière opérationnelle, nous dégagerons une hypothèse principale et deux hypothèses secondaires :

1. Hypothèse principale : Les enfants avec des contraintes sensori-motrices - objectivées par la batterie COSMO lors d'un premier bilan T1- auraient un risque plus élevé d'avoir - au deuxième temps de l'évaluation, soit en moyenne 6 mois après – une évolution langagière défavorable par rapport à des enfants avec peu ou pas de contraintes sensori-motrices. Et en particulier, Il existe un lien entre la sévérité d'une contrainte sensori-motrice et l'évolution langagière.

2. Hypothèse secondaire 1 : Certaines contraintes sensori-motrices, telles que les praxies bucco-faciales (Dehaene-lambertz, 2012), l'attention visuelle (Kuhl, 2010) et le transfert de modalités sensorielles (Streri et al , 2004) , pourraient représenter un facteur de risque plus important pour l'évolution linguistique.

3. Hypothèse secondaire 2: Le facteur prédictif de la contrainte sensori-motrice subsiste quel que soit le niveau éducatif de la mère, l'âge et le sexe de l'enfant ou l'état de trophie à la naissance.

4 METHODOLOGIE

4.1 Population

4.1.1 Recrutement

Notre étude historico-prospective a été réalisée sur une population d'enfants de 3 / 4 ans ayant été adressés pour un bilan d'orthophonie suite à une consultation (neuro)-pédiatrique au service de médecine néonatale et neuro-pédiatrique du CHU de Rouen avec expression d'une plainte ou d'un risque suspecté de développement du langage.

Ont été inclus les enfants avec :

- une évaluation complète du langage, réalisé avec BILO Petits, et une évaluation des habiletés sensori-motrices COSMO comprenant systématiquement les scores d'attention visuelle, de transfert de modalités sensorielles et de praxies bucco-faciales à un premier temps T1, situé selon les sujets entre le 4ème trimestre 2013 et mi-2019 (annexe 4)
- et pour lesquels un bilan de langage T2 a été réalisé avec la même batterie de langage en moyenne 6 mois après le T1 et avant le 30 janvier 2020.

  Les enfants, même avec des fragilités ou troubles langagiers, avaient un niveau de langage suffisant pour qu'une batterie d'évaluation du langage type BILO Petits puisse être administrée en T1.

Ont été exclus les enfants avec :

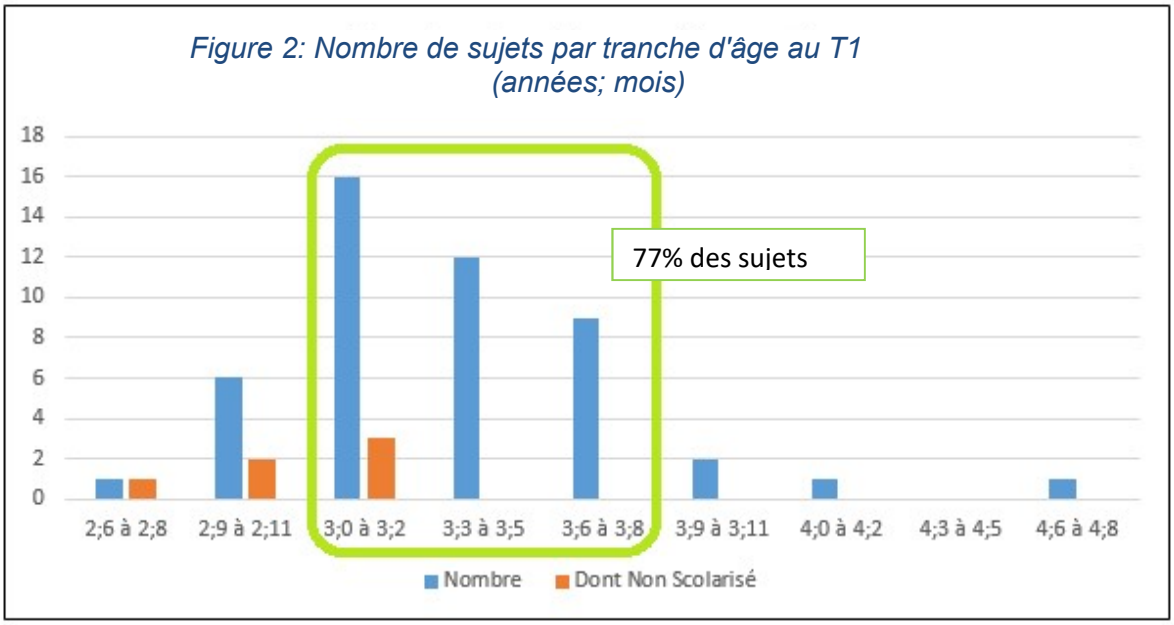
- une prise en charge orthophonique entre le T1 et le T2,
- ou les enfants avec une déficience intellectuelle, un trouble du spectre autistique ou une déficience sensorielle (surdité, malvoyance) diagnostiqué(e),
- ou les enfants déjà inclus dans une autre étude et qui ont passé une épreuve COSMO légèrement modifiée.

4.1.2 Description de la population

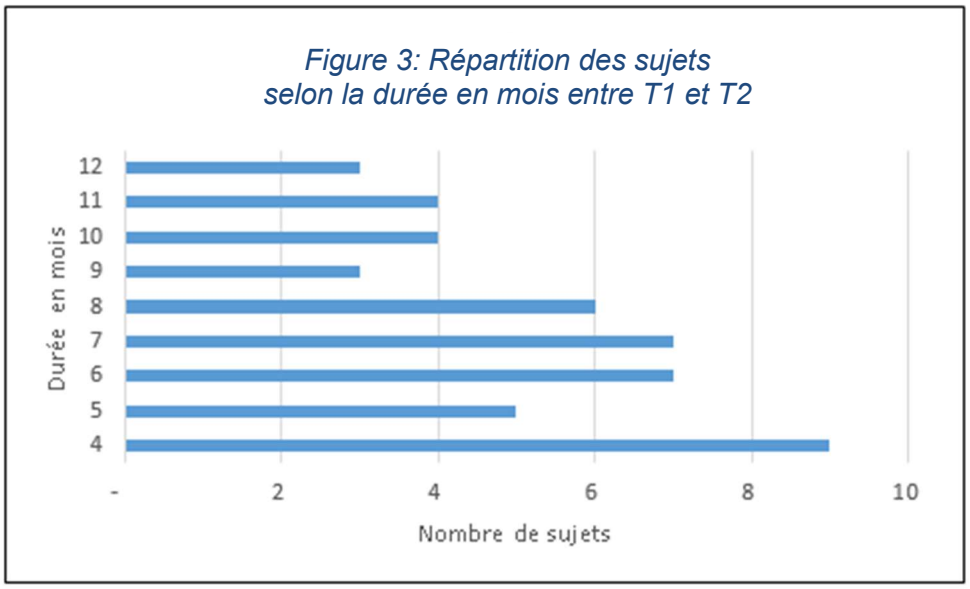
Tableau 1: Répartition par âge des 48 sujets (en fraction décimale d'années)

48 sujets	Age		Temps entre T1 et T2
	T1	T2	
Moyenne	3,34	3,98	0,64
Min	2,65	3,18	0,34
Max	4,69	5,04	1,06
Ecart type	0,36	0,39	0,21

L'âge moyen des sujets est de 3 ans 4 mois en T1.



L'effectif de l'échantillon est relativement centré en âge puisque 77% des sujets ont entre 3 ans et 3 ans 8 mois. Six enfants ne sont pas scolarisés en T1 et ont moins de 3 ans 3 mois.



La durée moyenne entre l'évaluation au T1 et au T2 est de 7 mois et 20 jours, et varie de 4 à 12 mois, avec de 3 à 9 sujets par classe (tableau1 et figure 3).

Sur les 48 sujets, 39 sont de **sexe masculin**, soit 81% de l'échantillon.

Tableau 2: Prématurité dans l'échantillon comparée à une norme nationale

Niveau de prématurité	**Age gestationnel**	**Prévalence en France (source : Inserm)**	**Répartition pour les 28 sujets prématurés**	
			nombre	**%**
Très grande	< 28 SA	5%	4	14%
Grande	28 à < 32 SA	10%	11	39%
Moyenne	32 à < 37 SA	85%	13	47%

28 enfants sont nés **prématurément soit** 58% de l'échantillon, contre un taux de naissance prématurée de 7.4% en France en 2010 (Inserm). La proportion d'enfants nés avant 32 SA est de 53% des naissances prématurées de notre échantillon versus 15% des naissances prématurées en France en 2010.

Il existe dans notre échantillon une proportion importante d'enfants avec un poids de naissance inférieur à 1500g (14 sujets soit 30% de l'échantillon) voire une **hypotrophie** périnatale (9 sujets soit 20% de l'échantillon).

L'annexe 7 liste les conditions biomédicales présentées par certains des 48 sujets.

Tableau 3: Comparaison des niveaux d'éducation de la mère Echantillon / France

Niveau d'éducation		Primaire	Secondaire	Baccalauréat	Enseignement Supérieur
Echantillon (N= 31)	Nbre	0	14	8	9
	%	0%	45%	26%	29%
Population française (INSEE 2015)	25-34 ans	8,1 %	20,3%	22.3%	49.3%
	35-44 ans	10.7%	21,1%	20.4%	47.8%

Le niveau d'éducation de la mère a pu être collecté pour 31 des 48 sujets : l'échantillon comporte une proportion de mères avec un niveau d'éducation de niveau « supérieur au baccalauréat » inférieure d'environ 20 points par rapport à la moyenne nationale et inversement une proportion de mères avec un niveau d'éducation « secondaire » supérieure à la moyenne nationale (+25 points).

4.2 Matériel

Chaque sujet de l'étude a été évalué pour le langage oral en T1 et T2 et pour les contraintes sensori-motrices en T1.

4.2.1 Le Bilan Informatisé du Langage Oral pour les Petits « BILO Petits »

L'évaluation du langage en T1 et T2 a été réalisée avec « BILO Petits » (Khomsi et al., 2009) dont l'étalonnage initial réalisé sur 612 enfants de 3 ans à 5 ans 6 mois par tranche d'âge de 6 mois a été complété par un étalonnage sur 51 enfants de 2 ans 6 mois à 3 ans (Rolland, 2013). BILO Petits comporte cinq épreuves permettant de décrire le fonctionnement linguistique en construction (annexe 6) :

- Lexique en réception (LexR) avec désignation d'une cible parmi quatre images dont un distracteur sémantique pour évaluer la composante lexicale en modalité de réception
- Compréhension Orale (CO) avec désignation d'une cible parmi quatre images pour évaluer les stratégies de compréhension d'énoncés en incorporant des éléments contextuels imagés et des éléments pragmatiques
- Répétition de Mots (RepM) pour évaluer la composante phonologique en modalité de production
- Lexique en production (LexP) avec dénomination d'une image pour évaluer la composante lexicale en modalité de production avec un sous-score de lexique nominal et un sous-score de lexique verbal
- Production d'énoncés (ProdE) avec complétion d'une fin de phrase avec support imagé pour évaluer la composante morphosyntaxique en modalité de production.

4.2.2 La batterie d'évaluation COSMO

La batterie d'évaluation des contraintes sensori-motrices COSMO (annexe 5) a été élaborée au CHU de Rouen entre 2010 et 2013 par Marie-Hélène Stumpf, orthophoniste du CRTLA, Frédéric Pasquet, orthophoniste et docteur en linguistique, et Aude Charollais, neuropédiatre. Elle a été étalonnée par tranche d'âge de 6 mois sur 277 enfants âgés de 2ans 6 mois à 4 ans 9 mois et comporte 6 épreuves :

- Réalisation de praxies bucco-faciales (Pbf) pour évaluer une contrainte de réalisation motrice (praxies dynamiques sur imitation directe de l'examinateur) et/ou de programmation des schèmes moteurs (praxies statiques) dans un temps limité
- Discrimination auditive (DAud) pour juger de la stabilisation des représentations phonologiques à travers l'écoute d'une suite de sons (syllabes simples en [a]) où il s'agit de repérer si les sons entendus dans la suite sont identiques ou non
- Discrimination tactile (Dtac) pour évaluer les contraintes proprioceptives à partir de stimuli sur les doigts de la main
- Attention visuelle (AttV) pour juger de l'efficience du balayage visuel, de l'attention visuelle et du fonctionnement exécutif (initiation et planification) dans une tâche d'appariement de dessins non signifiants en temps limité
- Transfert de modalités sensorielles (TMS), visuelle versus somesthésique, pour explorer les compétences intégratives des différentes aires sensorielles à travers une tâche où l'enfant doit repérer sur le bureau l'objet qu'il a préalablement touché dans un sac opaque, sans le voir
- Graphisme (Graph) pour évaluer la motricité fine et le fonctionnement exécutif (planification, inhibition et contrôle) grâce à une tâche où l'enfant doit réaliser un trait, en partant d'une zone de départ vers une zone d'arrivée, en suivant un chemin précis, sans débordement et sans lever le crayon.

Pour ces deux batteries, les résultats en scores bruts sont reportés sur un profil normé en percentile.

4.3 Procédure

4.3.1 Recueil des données

Les bilans ont été administrés par l'orthophoniste du service et marginalement par des stagiaires de Master 2 en orthophonie sous la supervision de cette orthophoniste. Les données ont été recueillies entre décembre 2018 et janvier 2020 par mes soins, sur consultation de bases de données et sur dossiers.

4.3.2 Traitement statistique des données :

Les analyses de corrélation et de régression linéaire simple et multiple ont été effectuées à partir du logiciel « R ». Le seuil de significativité a été fixé à 5%.

Des analyses plus ciblées ont été effectuées sur les compétences sensori-motrices et langagières au T2 en établissant des sous-groupes en niveau de centiles. Les tests de comparaison de moyennes des sous-groupes ont été effectués avec le test de Student pour les variances égales et le test de Aspin Welch pour les variances inégales.

4.3.3 Critère de jugement du niveau de sévérité des difficultés :

Certaines des analyses présentées intègrent une classification en groupe de niveau réalisée sur des critères retenues en recherche et pratique clinique. Dans de nombreux articles issus de la littérature anglophone, la sévérité est souvent associée à deux niveaux langagiers sous le percentile 10 qui suffisent pour admettre qu'un enfant présente un TDL (Maillart et al., 2012). En pratique orthophonique française, il arrive de considérer la zone pathologique en dessous du centile 3, avec une zone d'extrême fragilité entre le centile 3 et 10 et une zone de fragilité entre le centile 10 et 25.

Pour l'analyse en deux sous-groupes, le seuil du centile 25 est ici retenu : les scores inférieurs ou égaux au centile 25 sont considérés comme inférieurs à la norme, dans la continuité de l'étude menée dans le service sur le langage des enfants nés grand-prématurés. Un score inférieur ou égal au centile 10 est considéré comme pathologique. (Charollais et al., 2010).

4.3.4 Critère fixée pour la durée entre les deux évaluations de langage

La réalisation de bilan d'évolution 6 mois après la première évaluation découle d'une pratique clinique de surveillance recommandée par la HAS pour les enfants pour lesquels une rééducation orthophonique n'est pas mise en place à l'issu du premier bilan (HAS, 2001).

5 RESULTATS

5.1 Résultats obtenus en langage et en contraintes sensori-motrices

Tableau 4: Quantification des scores déficitaires en langage au T1 (en centile)

T1 n=48	LexR T1		CO T1		LexP T1		QQC T1		QQF T1		RepM T1		ProdE T1	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
<= C25	16	33%	12	25%	30	63%	29	60%	13	27%	32	67%	20	42%
dont **<= C10**	9	19%	5	10%	11	23%	15	31%	7	15%	21	44%	7	15%
moyenne	49		53		31		31		42		22		40	
écart type	28		27		23		25		24		18		24	
min	3		3		3		3		3		3		3	
max	90		97		90		90		90		75		90	

En rouge : Ecart important par rapport à la norme

Au niveau des scores de **langage en T1**, notre population est déficitaire par rapport à la norme de l'étalonnage BILO Petits sur l'ensemble des épreuves en dehors de celle de compréhension orale d'énoncés où l'échantillon présente des scores de groupe en ligne avec ceux de l'étalonnage du test. Notre échantillon affiche un score de groupe plus faible pour le lexique dans les modalités réception et production, ainsi que la phonologie et la morphosyntaxe en production : la proportion des enfants avec un score en zone de pathologie (scores inférieurs ou égaux au centile 10) est ainsi de 31% en production de lexique nominal et de 44% en phonologie en production. En incluant la zone de fragilité, ils sont ainsi 63% et 67% à obtenir un score inférieur ou égal au centile 25 (C25), pour, respectivement, la production du lexique et de la phonologie.

Tableau 5: Quantification des scores déficitaires en langage au T2 (en centile)

T2 n=48	LexR T2		CO T2		LexP T2		QQC T2		QQF T2		RepM T2		ProdE T2	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
<= C25	2	4%	4	8%	18	38%	19	40%	10	21%	18	38%	11	23%
dont **<= C10**	1	2%	2	4%	6	13%	7	15%	7	15%	10	21%	7	15%
moyenne	63		76		44		44		50		38		56	
écart type	23		22		28		27		30		26		29	
min	3		10		3		3		3		3		3	
max	97		97		97		97		97		97		97	

En rouge : Ecart important par rapport à la norme

En **T2, les scores de langage du groupe** s'améliorent mais restent largement plus déficitaires que la norme pour la composante de la phonologie et du lexique dans la modalité de production où environ 40% des enfants du groupe obtiennent un score inférieur ou égal au centile 25. 21% obtiennent un score inférieur ou égal au centile 10 pour la phonologie.

Tableau 6: Quantification des scores déficitaires COSMO observés

COSMO T1	Praxies BF total		PBF Dyn		PBF Stat		Attention visuelle		TMS		Disc. Tactile		Graphisme		Disc. Auditive	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
<= C25	6	13%	9	20%	7	15%	23	48%	11	23%	9	20%	27	69%	10	28%
dont **<= C10**	4	9%	3	7%	2	4%	8	17%	7	15%	5	11%	20	51%	10	28%
En centiles:																
moyenne	64		66		61		41		51		62		21		13	
écart type	28		27		25		26		25		36		21		26	
min	3		3		3		3		3		3		3		3	
max	97		97		97		90		97		97		63		90	
Manquants	2		2		1		0		0		4		9		36	
N =	46		46		47		48		48		44		39		12	

En rouge : Ecart important par rapport à la norme

Les scores des épreuves de **COSMO en T1** indiquent que globalement, nos 48 sujets obtiennent de meilleurs scores que la norme en praxies bucco-faciales, avec seulement 13% des scores inférieurs ou égaux au C25. Les scores observés en discrimination tactile et en transfert de modalités sensorielles, somesthésique versus visuelle, sont globalement en ligne avec la norme. Les sujets présentent globalement des scores plus déficitaires que la norme en attention visuelle, graphisme et discrimination auditive. Certaines épreuves de la batterie COSMO n'ont pas pu être administrées à l'ensemble de l'échantillon : ainsi 9 des 48 sujets n'ont pas réussi à réaliser l'épreuve de graphisme et 36 celle de discrimination auditive, les résultats de cette dernière étant donc difficilement interprétables.

5.2 Corrélations des scores observés au T1

La matrice de corrélations globale en T1 est présentée en annexe 8.

Les différentes épreuves de la batterie de **langage BILO Petits** au T1 sont très majoritairement inter-corrélées :

Tableau 7: Corrélations intra-test BILO Petits T1

T1	LexR	CO	LexP	QQC	QQF	RepM	ProdE
LexR	1						
CO	0,43 p= 0.003	1					
LexP	0,59 p=0.000	0,44 p=0.002	1				
QQC	0,54 p=0.000	0,38 p=0.008	0,94 p=0.000	1			
QQF	0,24 p=0.095	0,31 p=0.034	0,46 p=0.001	0,21 p=0.150	1		
RepM	0,3 p= 0.036	0,25 p=0.082	0,49 p=0.000	0,38 p=0.007	0,34 p=0.016	1	
ProdE	0,45 p= 0.001	0,33 p=0.023	0,55 p=0.000	0,44 p=0.002	0,54 p=0.000	0,66 p=0.000	1

Bleu: corrélation significative au seuil de 5% (p<0.05)

18 des 21 corrélations sont statistiquement significatives (p-value < 0.05, dont 14 p-value < 0.01et 9 p-value <= 0.001) Néanmoins, l'analyse statistique ne permet pas d'objectiver de corrélations significatives entre trois couples d'épreuves, à savoir : lexique en réception et production de lexique verbale, compréhension orale d'énoncés et phonologie en production, production du lexique verbal et du lexique nominal.

Tableau 8: Corrélations intra-test COSMO T1

T1	AttV	TMS	Prax. BF	PBF Dyn	PFB Stat	Disc. Tact	Graphisme	Disc. Audio
AttV	1							
TMS	0,41 p=0.004	1						
Prax. BF	0,24 p=0.105	0,24 p=0.101	1					
PBF Dyn	0,12 p=0.444	0,3 p=0.040	0,85 p=0.000	1				
PFB Stat	0,27 p=0.068	0,1 p=0.491	0,89 p=0.000	0,53 p=0.000	1			
Disc. Tact	0,1 p=0,505	0,34 p=0,026	0,37 p=0,014	0,47 p=0,002	0,18 p=0,261	1		
Graphisme	0,4 p=0.013	-0,07 p=0.687	0,26 p=0.120	0,09 p=0.588	0,26 p=0.119	-0,25 p=0,151	1	
Disc. Audio	-0,12 p=0.693	-0,01 p=0.982	-0,05 p=0.853	0,01 p=0.962	-0,1 p=0.733	-0,1 p=0,746	0,33 p=0.294	1

Bleu foncé: corrélation significative au seuil de 5% (p< 0.05) Bleu clair : risque entre 5 à 8%

Les différentes épreuves de la **batterie COSMO au T1** présentent 9 corrélations statistiquement significatives (p-value < 0.05, dont 5 p-value < 0.01et 3 p-value< 0.001) sur les 28 couples. Les 7 corrélations impliquant la variable « discrimination auditive » sont peu interprétables compte tenu du faible nombre de sujets ayant pu réaliser l'épreuve (12 sujets sur 48). On retiendra que :

- Les scores des épreuves de praxies bucco-faciales statiques et de praxies bucco-faciales dynamiques sont fortement inter-corrélées (r=0.53, p-value< 0.001).
- Les scores de l'épreuve de discrimination tactile sont corrélés à ceux du transfert de modalités sensorielles et des praxies bucco-faciales notamment dynamiques.
- Les scores de l'épreuve de transfert de modalités sensorielles, outre le lien avec l'épreuve de discrimination tactile, sont corrélés avec ceux des praxies bucco-faciales dynamiques et de l'attention visuelle.
- Les scores de l'épreuve d'attention visuelle, outre le lien avec l'épreuve de transfert de modalités sensorielles, sont corrélés avec ceux du graphisme et il existe une tendance de lien (r= 0.27 au seuil de 6.8%) avec les praxies bucco-faciales statiques.

Tableau 9: Corrélations BILO Petits - COSMO au T1

T1	LexR	CO	LexP	QQC	QQF	RepM	ProdE
AttV	*0,28 p=0.051*	*0,28 p=0.052*	**0,36 p=0.013**	*0,28 p=0.051*	**0,34 p=0.020**	0,23 p=0.123	0,1 p=0.505
TMS	**0,34 p=0.018**	**0,29 p=0.044**	**0,35 p=0.014**	**0,29 p=0.049**	**0,26 p=0.079**	**0,31 p=0.033**	0,17 p=0.249
Prax. BF	-0,07 p=0.655	0,2 p=0.192	0,19 p=0.199	0,11 p=0.478	*0,28 p=0.056*	**0,31 p=0.034**	0,11 p=0.470
PBF Dyn	-0,13 p=0.393	0,15 p=0.324	0,2 p=0.187	0,13 p=0.387	0,15 p=0.311	*0,28 p=0.063*	0,04 p=0.784
PFB Stat	-0,01 p=0.972	0,11 p=0.475	0,11 p=0.463	0,03 p=0.859	**0,32 p=0.027**	*0,28 p=0.061*	0,17 p=0.250
Disc. Tact	0,09 p=0,569	0,24 p=0,122	0,27 p=0,083	0,15 p=0,338	**0,33 p=0,032**	0,23 p=0.143	*0,29 p=0,055*
Graphisme	0,19 p=0.247	0,31 p=0.065	0,18 p=0.280	0,22 p=0.183	-0,24 p=0.158	0,1 p=0.544	-0,15 p=0.366
Disc. Audio	0,05 p=0.861	0,2 p=0.504	0,22 p=0.445	0,21 p=0.476	0,14 p=0.639	-0,09 p=0.762	0,17 p=0.557

Bleu foncé: corrélation significative au seuil de 5% (p< 0.05) (Bleu clair: risque de 5 à 8%)

Au T1, deux épreuves de COSMO sont statistiquement significativement corrélées avec plusieurs épreuves de langage :

- L'attention visuelle avec l'ensemble des épreuves de langage sauf la répétition de mots (phonologie) et la production d'énoncés (morphosyntaxe en production)
- Le transfert de modalités sensorielles avec l'ensemble des scores de langage sauf la production d'énoncés.

L'épreuve de répétitions de mots (phonologie en production) est statistiquement corrélée avec l'épreuve de transfert de modalités sensorielles et les épreuves de praxies bucco-faciales, qu'elles soient sur imitation (praxies dynamiques) ou sur photo avec implication d'une programmation motrice (praxies statiques).

L'épreuve de lexique verbal en production est corrélée avec l'épreuve de praxies statiques et l'épreuve de discrimination tactile, en plus des épreuves d'attention visuelle et de transfert de modalités sensorielles.

Globalement, il ne ressort pas de corrélations statistiquement significatives entre la morphosyntaxe en production et les composantes sensori-motrices, en dehors d'une tendance de lien avec la discrimination tactile.

5.3 Evolution des scores de langage au T2 par rapport à l'évaluation de T1 :

5.3.1 Corrélations entre les scores de langage au T1 et T2 :

Tableau 10 : Corrélations entre les scores de langage au T1 et au T2

	LexR T2	CO T2	LexP T2	QQC T2	QQF T2	RepM T2	ProdE T2
LexR T1	0,24 p=0.100	0,24 p=0.107	**0,55 p=0.000**	**0,54 p=0.000**	**0,43 p=0.002**	**0,3 p=0.035**	**0,47 p=0.001**
CO T1	*0,28 p=0.052*	**0,38 p=0.007**	**0,4 p=0.005**	**0,4 p=0.005**	*0,26 p=0.076*	**0,39 p=0.006**	**0,42 p=0.003**
LexP T1	**0,4 p=0.005**	**0,3 p=0.040**	**0,79 p=0.000**	**0,78 p=0.000**	**0,61 p=0.000**	**0,55 p=0.000**	**0,62 p=0.000**
QQC T1	**0,35 p=0.014**	**0,25 p=0.088**	**0,77 p=0.000**	**0,76 p=0.000**	**0,58 p=0.000**	**0,45 p=0.001**	**0,63 p=0.000**
QQF T1	0,19 p=0.195	**0,19 p=0.206**	**0,3 p=0.036**	*0,28 p=0.050*	*0,26 p=0.071*	**0,34 p=0.019**	0,19 p=0.189
RepM T1	**0,38 p=0.007**	**0,29 p=0.047**	**0,55 p=0.000**	**0,46 p=0.001**	**0,6 p=0.000**	**0,71 p=0.000**	**0,48 p=0.001**
ProdE T1	**0,42 p=0.003**	0,23 p=0.111	**0,52 p=0.000**	**0,45 p=0.001**	**0,53 p=0.000**	**0,53 p=0.000**	**0,57 p=0.000**

Bleu foncé: corrélation significative au seuil de 5% (Bleu clair: risque de 5 à 8%)

Globalement de nombreuses corrélations statistiquement significatives existent entre les scores de langage au T1 et les scores de langage au T2. Sur les 49 couples, seuls 9 n'atteignent pas le seuil de significativité dont 4 indiquent néanmoins une tendance de lien au seuil de 7%. Parmi les épreuves pour lesquels une corrélation significative ne ressort pas, celles de lexique verbal et de morphosyntaxe en production sont plus souvent impliquées.

5.3.2 Corrélations entre les scores COSMO au T1 et les scores BILO Petits au T2

Tableau 11:Corrélations significatives entre COSMOT1 et scores de langage au T2

	LexR T2	CO T2	LexP T2	QQC T2	QQF T2	RepM T2	ProdE T2
AttV	0,08 p=0.568	**0,43** **p=0.002**	**0,33** **p=0.021**	**0,37** **p=0.010**	0,16 p=0.281	0,19 p=0.186	0,18 p=0.217
TMS	0,14 p=0.346	0,2 p=0.183	*0,27* *p=0.063*	*0,26* *p=0.070*	0,2 p=0.164	*0,26* *p=0.076*	0,22 p=0.132

Bleu foncé: corrélation significative au seuil de 5% (Bleu clair: risque de 5 à 8%)

Des liens sont objectivés entre deux composantes de COSMO et certains scores de langage (annexe 12 et tableau 11) :

- Les scores de l'épreuve d'attention visuelle sont corrélés de manière statistiquement significative avec ceux de l'épreuve de compréhension orale d'énoncés (p-value <= 0.002) et ceux du lexique en production, notamment du lexique nominal (p-value <= 0.01)
- Les scores de l'épreuve de transfert de modalités sensorielles, visuelle versus somesthésique, sont liés, bien qu'avec un risque d'erreur plus fort, à ceux de lexique en production notamment lexique nominal et de phonologie en production (p-value < 0.08).

Ces liens étaient déjà présents dans l'analyse des corrélations inter-tests au T1. Comme au T1, aucune corrélation statistiquement significative ne ressort entre les habiletés sensori-motrices et l'épreuve de morphosyntaxe en production. Entre le T1 et le T2, certaines corrélations significatives ne sont plus objectivées en T2 :

- le lexique verbal en production et les habiletés sensori-motrices de discrimination tactile et de praxies bucco-faciales essentiellement statiques
- la phonologie en production et les praxies bucco-faciales.

5.3.3 Influence des scores de COSMO et de BILO Petits T1 sur les scores de langage au T2

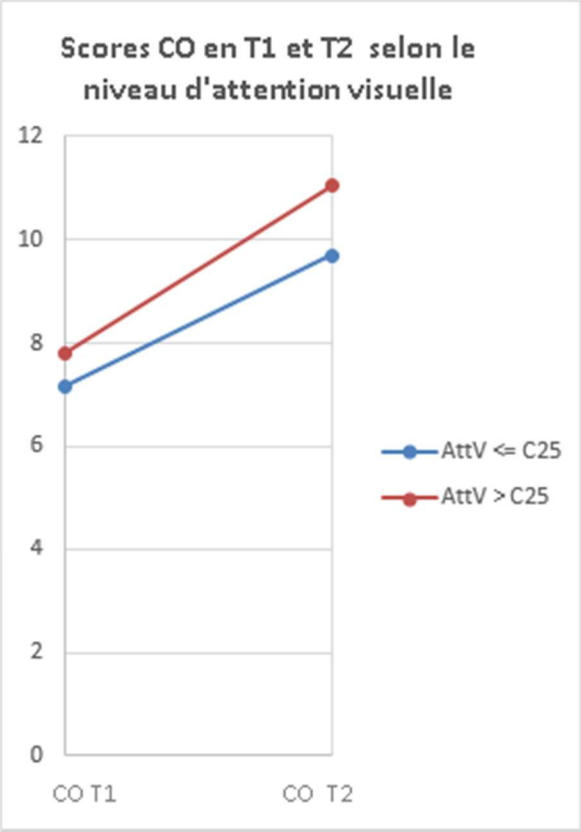
5.3.3.1 Approche par analyse de régression linéaire :

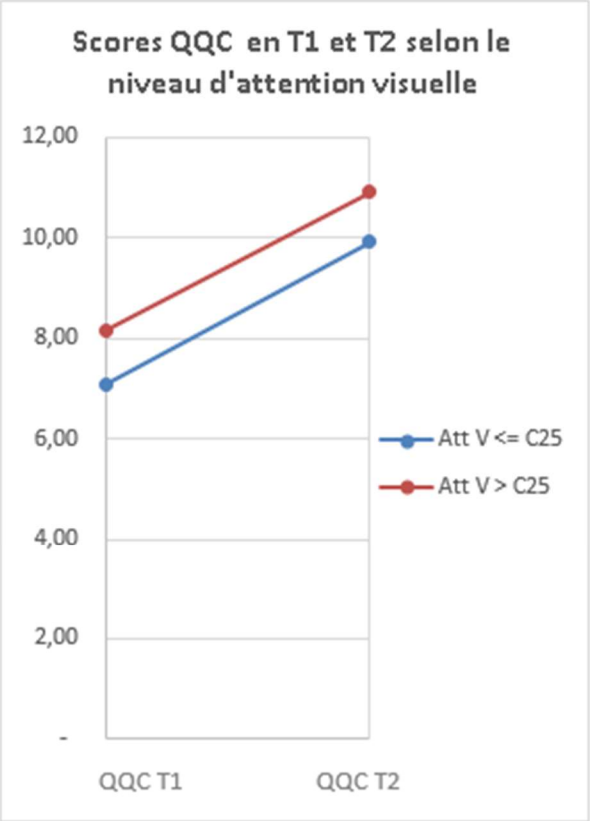
L'analyse de régression linéaire effectuée pour déterminer l'influence respective des scores de langage en T1 et celle des scores d'habiletés sensori-motrices en T1 sur le score linguistique au T2 (annexe 11) a été effectuée sur la base d'une moyenne centrée réduite des scores de BILO Petits («score linguistique ») et d'une moyenne centrée réduite des scores de COSMO (« score moteur ») afin de ne pas démultiplier des calculs statistiques qui perdraient alors en fiabilité. Dans cette approche par régression linéaire avec calcul d'un score synthétique, le score linguistique en T1 a une influence statistiquement significative sur le score linguistique en T2, après ajustement sur le score moteur global (b= 0.78 ; IC95% : + 0.58 à 1; p-value < 0.0001). Par contre, l'influence du score synthétique sensori-moteur au T1 sur le score linguistique en T2, après ajustement sur le score linguistique au T1, ne peut pas être objectivée (b= 0.02 ; IC95% : -0.25 à + 0.29; p-value = 0.88). La pertinence de ces scores synthétiques, notamment pour les habiletés sensori-motrices sera discutée plus bas.

5.3.3.2 Approche par scores langagiers en T1 et T2 en fonction du niveau de contraintes

Le lien entre les scores en attention visuelle ou ceux en transfert de modalités sensorielles et certains scores de langage au T2, relevé grâce aux analyses de corrélation, est conforté par une analyse par niveau de contraintes sensori-motrices en T1 (figure 4 et annexe 12).

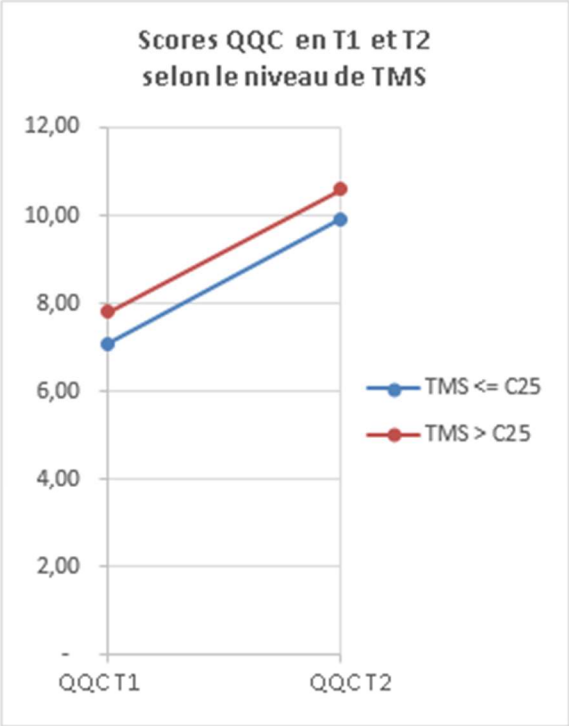
Figure 4: Scores CO-Compréhension Orale et QQC-lexique nominal en production au T1 puis au T2 selon le niveau d'attention visuelle au T1

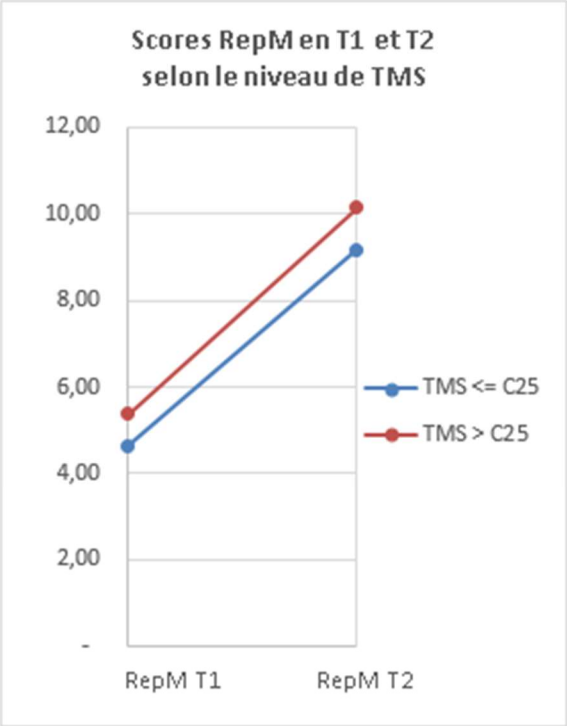




Ainsi les enfants avec des **scores inférieurs ou égaux au centile 25 en attention visuelle** en T1 ont, pour la compréhension d'énoncés et pour le lexique en production, en particulier le lexique nominal, un score moyen, un minimum et un maximum plus faibles en T1 et en T2 que les enfants avec une attention visuelle dans la norme (figure 4 et annexe 12). On relève une tendance à une évolution moins favorable en compréhension d'énoncés entre le T1 et le T2 pour les enfants avec un niveau d'attention visuelle en dessous de la norme, et la différence de moyenne entre les 2 groupes est significative statistiquement ($p = 0.016$).

Figure 5: Scores QQC- lexique nominal et RepM-phonologie en production au T1 puis au T2 selon le niveau de transfert de modalités sensorielles au T1

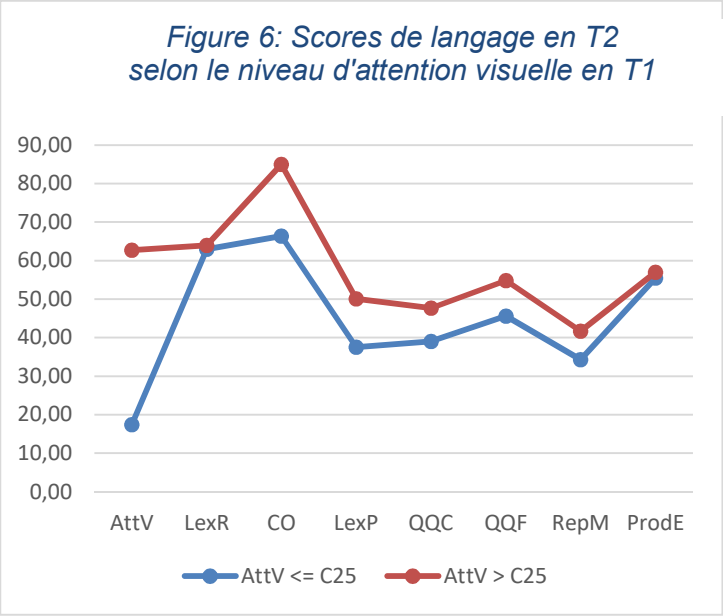




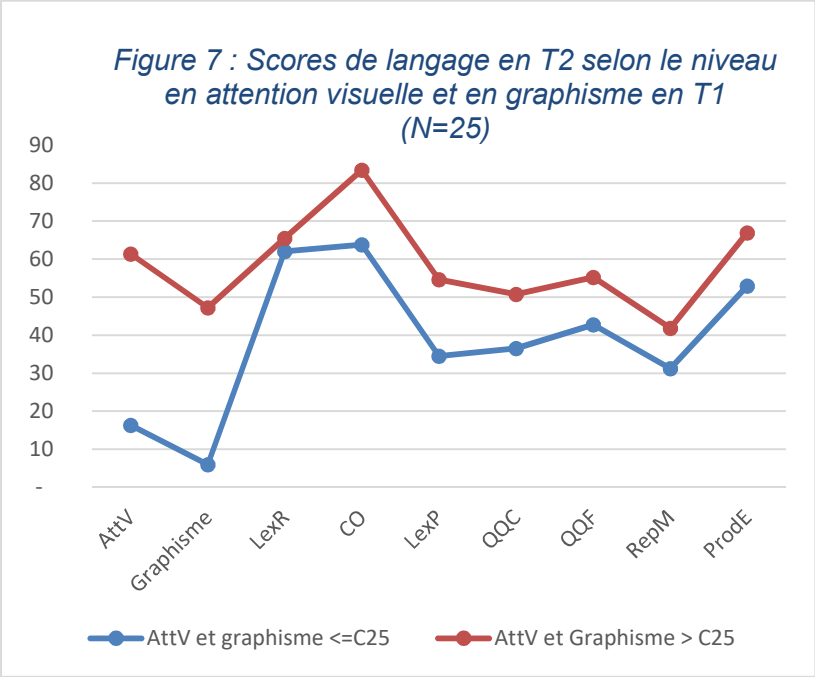
Les enfants avec des **scores inférieurs ou égaux au centile 25 en transfert de modalités sensorielles,** visuelle versus somesthésique (TMS) en T1 ont un score moyen et un maximum plus faibles en T1 et en T2 que les enfants avec score TMS dans la norme pour le lexique en production, en particulier le lexique nominal et la phonologie en production (figure 5 et annexe 12).

5.3.3.3 Approche par scores langagiers en T2 en fonction du niveau de contraintes

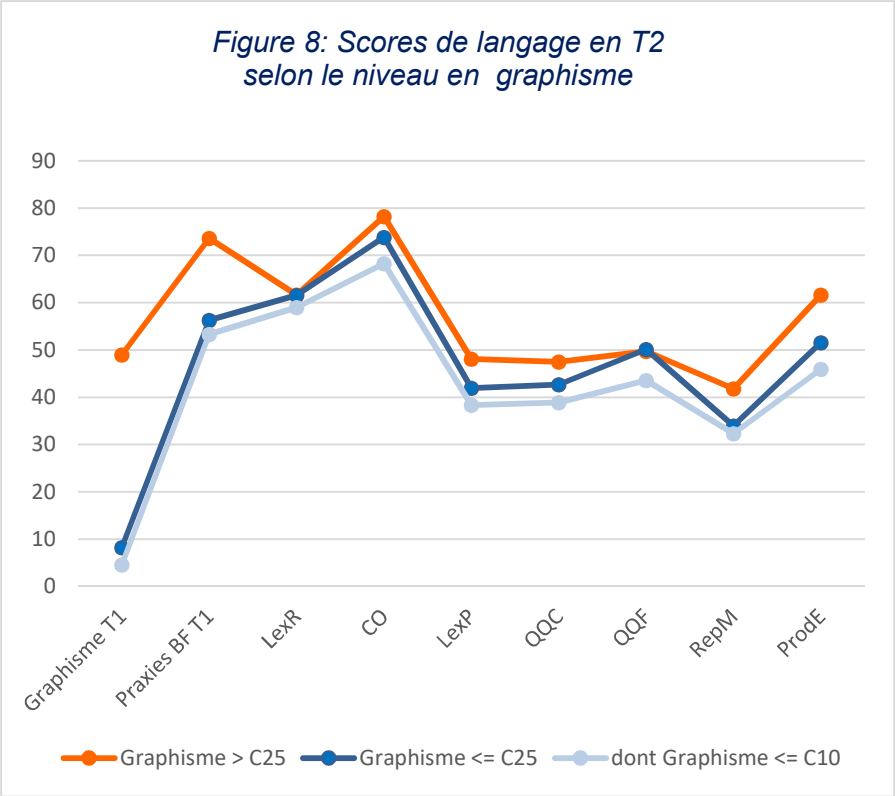
Nous avons conservé dans cette analyse le centile 25 comme seuil pour constituer deux sous-groupes d'enfants au T1 : celui des enfants avec une contrainte sensori-motrice et celui sans contrainte. Nous avons intégré l'ensemble des scores de langage au T2, et pas seulement ceux pour lesquels une corrélation statistiquement significative a été établie. Les analyses effectuées (annexe 13) mettent en évidence une tendance de scores de langage inférieurs en T2 pour les enfants présentant des contraintes sensori-motrices.



Pour le groupe d'enfants avec une **contrainte attentionnelle** en T1, les scores moyens de langage en T2 sont inférieurs pour la compréhension orale (différence de moyenne significative à p=0.005), le lexique et la phonologie en production. En analyse de corrélation, le lien était établi entre l'attention visuelle et la compréhension et entre l'attention visuelle et le lexique nominal en production. De plus, la proportion de sujets qui a au moins un score de langage en T2 inférieur ou égal au C10 est de 39% dans le groupe avec contrainte versus 16 % pour le groupe sans contrainte. La proportion de sujets qui a au moins deux scores de langage en T2 inférieurs ou égaux au C25 est de 48% dans le groupe avec une contrainte attentionnelle versus 24% (annexe 13).



Les **contraintes en attention visuelle et en graphisme** sont les deux contraintes les plus présentes dans notre échantillon. Le groupe qui cumule ces deux contraintes obtient en T2 un profil moyen de langage très inférieur au groupe sans aucune contrainte. On relève ainsi un écart entre les résultats moyens en centile de chaque sous-groupe de 20 points en compréhension orale (différence de moyenne significative, p= 0.04) et, en modalité de production, de 20 points sur le lexique (différence de moyenne significative, p= 0.02), 11 points sur la phonologie et 14 sur la morphosyntaxe.

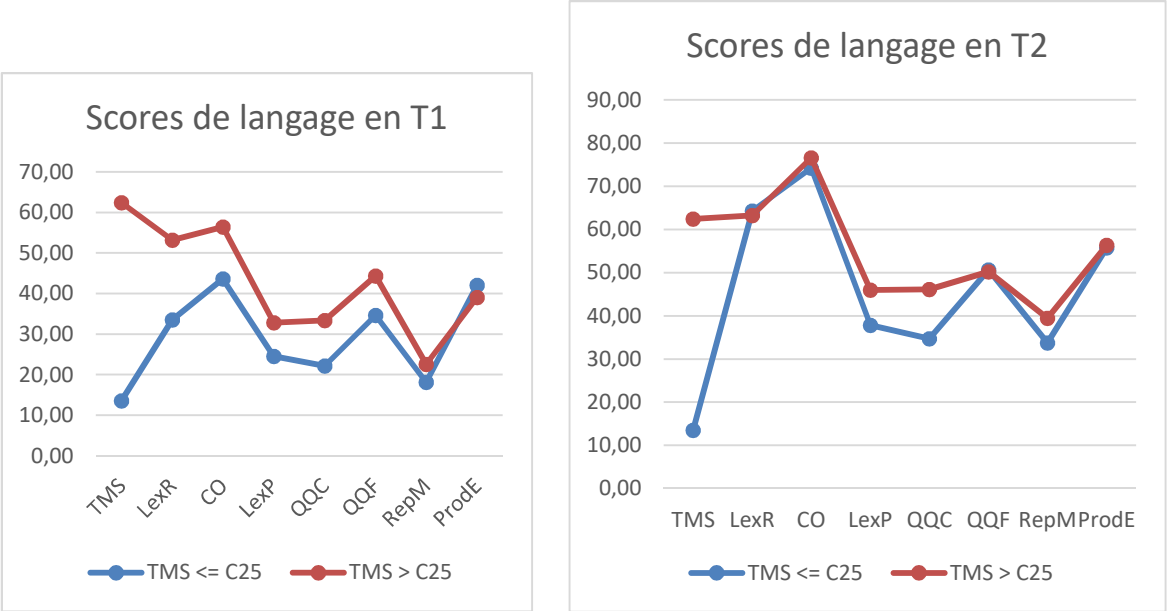


Compte tenu du nombre important de scores inférieurs à la norme pour l'épreuve de graphisme, nous avons pu effectuer une analyse permettant de visualiser les scores de langage en T2 associés à des scores en **graphisme** inférieurs ou égaux au centile 10. La sévérité de la contrainte accentue la tendance d'un profil langagier plus faible en T2 : les moyennes des scores langagiers en T2 sont plus faibles pour le groupe avec des scores en graphisme inférieurs ou égaux au centile 25 que pour ceux qui ont des scores de graphisme dans la norme, et les scores langagiers en T2 sont encore plus faibles pour le groupe avec des scores en graphisme inférieurs ou égaux

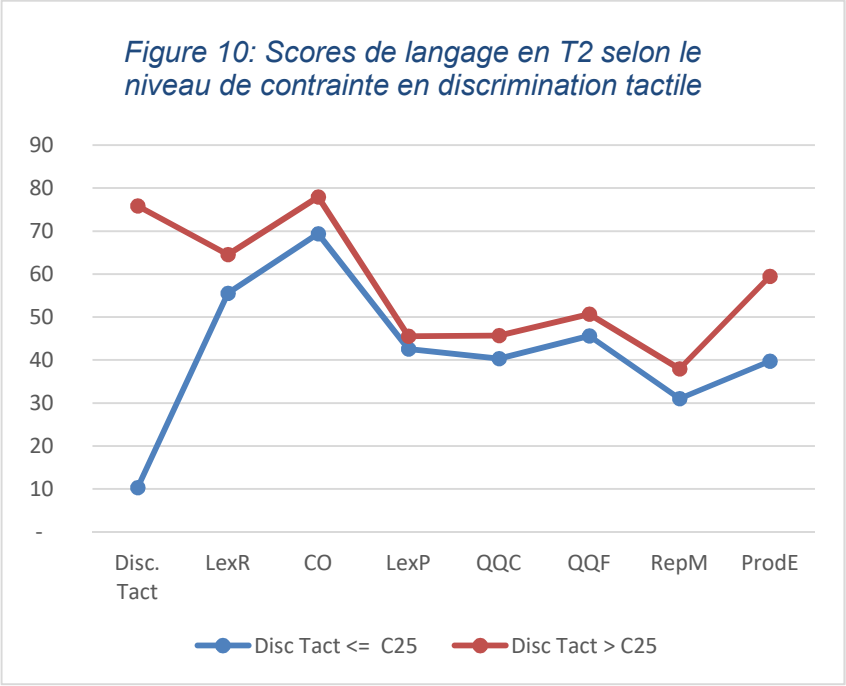
au centile 10. L'écart entre les profils existe dans les deux modalités de réception et production.

Malgré l'absence de corrélation entre les épreuves de graphisme et de praxies bucco-faciales, qui mesurent toutes les deux une habileté en motricité fine, nous constatons que les enfants avec des scores en graphisme inférieurs ou égaux au centile 25 ont un score moyen en praxies inférieur à celui du groupe sans contrainte en graphisme.

Figure 9: Scores de langage selon le niveau de contrainte en Transfert de Modalités Sensorielles



Le profil des scores langagiers au T2 des enfants avec une contrainte en **transfert de modalités sensorielles, somesthésique versus visuelle**, tend à être inférieur à celui des enfants sans contrainte en TMS. Cette différence est surtout présente sur deux composantes, à savoir le lexique nominal et la phonologie en production, résultats déjà constatés dans les analyses précédentes. L'écart de profil langagier entre les deux groupes selon le niveau de contrainte est plus marqué au T1, notamment en modalité de réception.



L'analyse par niveau de contrainte en **discrimination tactile** indique également des profils décalés vers le bas pour les scores moyens du groupe d'enfants avec contrainte. Comme détaillé en annexe 13, l'effectif du sous-groupe avec contrainte de discrimination tactile est faible (9 sujets) et la moyenne des scores est augmentée par un sujet qui présente des scores élevés de langage avec un score en phonologie sensiblement inférieur à ses autres scores.

5.3.3.4 Approche rétrospective sur les contraintes sensori-motrices pour les scores de langage les plus chutés au T2

L'analyse de notre population au niveau langagier (tableau 5) indique une proportion importante de scores déficitaires au T2 en lexique en production et phonologie en production. Le tableau en annexe 14 suggère, sur un petit effectif, que :

- les enfants avec une contrainte en discrimination tactile en T1 ont très majoritairement (79%) un score sous la norme en phonologie et en lexique en production en T2.
- 67% des enfants avec un score déficitaire en praxies bucco-faciales ont un score sous la norme en lexique en production en T2.

A contrario, seul 1 sujet sur 18 (sujet N25) avec un score déficitaire en LexP en T2 avait en T1 des scores supérieurs au C25 à la fois en attention visuelle et graphisme.

De même, a contrario, pour les scores déficitaires en phonologie en production au T2, sur les 18 sujets, seuls 3 ont des scores supérieurs au C25 à la fois en attention visuelle et graphisme (sujets N21, N25, N28).

5.3.4 Poids des facteurs confondants sur les scores de langage au T2

L'influence du niveau d'éducation de la mère sur le score linguistique global en T2 existe et est estimée à b = 0.3 (IC95% : 0.02 à 0.59; p-value < 0.05) écart type de score linguistique à T2 (annexe 11, point 2). En ajustant sur le niveau de langage en T1, cette influence n'est plus objectivée (annexe 11, point 4) : le niveau d'éducation maternelle a déjà influencé le niveau de langage en T1, qui lui-même impacte significativement le niveau de langage en T2, mais il ne joue pas de manière déterminante à lui-seul entre le temps 1 et le temps 2 de l'évaluation.
L'influence de l'état de **trophie à la naissance** sur le niveau de langage ne ressort pas comme significative sur cet échantillon (annexe 11, point 3).
Le poids des variables **sexe et âge** n'a pas été étudié dans les analyses de régression, compte tenu des statistiques descriptives (§ 4.1) : pour le sexe, les deux groupes étaient de taille disproportionnée (9 filles pour 39 garçons) ; pour l'âge, les valeurs ont été jugées suffisamment centrées, et par ailleurs les analyses en centiles sont faites à partir de bilan normé et étalonné par tranches de 6 mois.

6 DISCUSSION

6.1 Contraintes sensori-motrices et développement du langage

Le recueil de données et les analyses effectuées nous ont permis de mettre en évidence **le rôle des contraintes sensori-motrices sur le développement du langage**.

Des corrélations sont en particulier retrouvées entre les épreuves de langage et deux des épreuves de COSMO : **l'attention visuelle et le transfert de modalités sensorielles, somesthésique versus visuelle**. Ces deux épreuves avaient déjà été identifiées comme corrélées aux épreuves de langage dans des analyses transversales pour des enfants de 3 ans nés grands-prématurés, comparés à un groupe contrôle, et des enfants tout-venants de 30 à 36 mois (Puglisi, 2010; Rolland, 2013).

Nous avons également établi que, pour les enfants avec une contrainte en attention visuelle au T1, les scores moyens en compréhension orale et en production lexicale de noms sont inférieurs en T1 et restent inférieurs au T2. Il en est de même pour les enfants avec une contrainte en Transfert de Modalités sensorielles (TMS) et leurs scores de phonologie et lexique nominal en production. Des tendances apparaissent entre le niveau de contrainte en T1 en attention, en TMS, mais aussi en graphisme ou en discrimination tactile et le niveau de langage en T2 : le groupe d'enfants avec contrainte obtient en T2 des scores langagiers moyens inférieurs.

Si on associe à une contrainte d'attention visuelle une contrainte en graphisme, l'écart augmente entre les scores moyens langagiers du groupe avec contrainte et ceux du groupe sans contrainte. La différence entre les moyennes des deux groupes est statistiquement significative pour les épreuves de compréhension orale et de production lexicale. L'écart entre les profils tend également à s'accroître avec la sévérité de la contrainte, comme mis en évidence pour la contrainte graphique.

Ainsi l'existence d'une contrainte sensori-motrice objectivée en T1 tend à être associée à des scores de langage plus faibles en T2. Les scores moyens de langage par sous-groupe progressent entre le T1 et le T2 et tendent à se normaliser pour le groupe avec contrainte. Les scores moyens du groupe avec une contrainte sensori-

motrice sont néanmoins à un niveau inférieur par rapport à ceux du groupe sans contrainte. Ces éléments contribuent à étayer l'hypothèse du **développement du langage sur des habiletés sensori-motrices permettant de traiter et d'intégrer des perceptions multimodales et de programmer des schèmes moteurs**, comme développé dans notre partie théorique (Bates, 2004; Kuhl, 2010; G. Dehaene-Lambertz, 2017). Ainsi par exemple, une contrainte proprioceptive peut altérer la représentation multimodale de la phonologie. Cette contrainte est ici mesurée par l'épreuve de discrimination tactile de stimuli sur les doigts de la main. L'hypothèse sous-jacente est que la compétence à discriminer des signaux sur la main est un moyen de tester l'efficience du système neuronal du traitement des perceptions somesthésiques. Cela fournit ainsi une évaluation indirecte du traitement des perceptions proprioceptives de la sphère oro-faciale nécessaire dans la construction de la carte mentale des sons de la langue (Guenther et al., 2012). L'évaluation sur la main permet d'évaluer le traitement de la somesthésie oro-faciale compte tenu de la proximité des régions de la main et de la bouche dans la somatotopie sensorielle. Cette contrainte proprioceptive pourrait avoir un impact négatif sur le développement du langage encore plus important si elle est associée à d'autres contraintes du type difficulté en discrimination auditive et/ou transfert de modalités sensorielles. Une perception et représentation déficitaire des sons de la parole peut alors altérer la production des sons du langage, compte tenu du lien entre perception et production (Kuhl, 2010). Cette altération pourrait être majorée s'il existe une contrainte additionnelle dans la planification et l'exécution de la motricité fine, parfois elle-même en lien avec la contrainte proprioceptive initiale. Les corrélations mises en évidence entre les épreuves de COSMO en T1 confortent l'hypothèse de ce lien entre les habiletés sensori-motrices concernant la proprioception, la motricité fine oro-faciale et le transfert de modalités sensorielles. Ainsi l'existence d'une contrainte sensori-motrice distale pourrait contribuer à expliquer qu'une très large majorité (79%) de nos sujets avec une contrainte en discrimination tactile présentent des scores déficitaires en production que ce soit en phonologie ou en lexique.

6.2 Hypothèses interprétatives sur le rôle spécifique de certaines contraintes sensorimotrices

Nous avions émis l'hypothèse que certaines contraintes sensori-motrices pourraient représenter un facteur de risque plus important pour le développement du langage, à

savoir, l'attention visuelle (Kuhl, 2010), les praxies bucco-faciales (Dehaene-Lambertz, 2012) et le transfert de modalités sensorielles (Streri et al. 2004).

Les compétences visuo-attentionnelles ressortent de notre étude comme étant la compétence la plus significativement liée aux scores de langage du T1 et du T2, à la fois dans les analyses corrélationnelles et les analyses en sous-groupes de niveau de contrainte. Compte tenu du caractère longitudinal de l'étude et du corpus théorique sous-jacent, nous pourrions, au-delà du lien de corrélation, postuler l'hypothèse d'un lien de causalité, même si notre échantillon n'est pas, à strictement parler, randomisé. Nos résultats conforteraient donc l'idée que les compétences visuo-attentionnelles favorisent le développement du langage, alors même qu'elles ne sont pas des compétences langagières (Kuhl, 2010). **L'attention permet en effet d'activer le réseau du langage et favorise ainsi cet apprentissage implicite**.

Quelles hypothèses peut-on avancer pour expliquer ce lien entre attention et langage ? L'activation de l'attention et de la vigilance pourrait augmenter la quantité et la qualité des informations langagières que les enfants encodent et mémorisent, mais aussi favoriser le développement des compétences précoces nécessaires à l'apprentissage du langage. Un déficit d'attention visuelle peut précocement altérer la stabilisation des sons de la langue maternelle, en diminuant le rôle de la perception des mouvements articulatoires dans cet apprentissage implicite (G. Dehaene-Lambertz, 2012). Ce déficit d'attention visuelle pénalise également tout l'apprentissage par imitation qui permet de lier les réseaux de perception et de production. Il est également dommageable pour l'apprentissage du lexique et la mise en correspondance des sons et du sens du langage. Même si l'enfant dispose d'un fonctionnement multimodal opérant et d'une bonne internalisation des sons de la langue maternelle, son déficit d'attention visuelle peut altérer l'association nécessaire entre les stimuli visuels (je vois une peluche) et auditifs (tu me dis son nom) par exemple. On connaît aujourd'hui le rôle fondamental des compétences pragmatiques dans l'acquisition du langage et notamment le rôle de l'attention conjointe et de la lecture des intentions communicatives de l'autre (Tomasello, 2003). Ainsi la capacité de l'enfant à suivre le regard de son interlocuteur qui, par exemple se pose sur l'objet dont il parle, est un prédicteur significatif de l'acquisition du lexique (Brooks et al., 2005). Dans notre étude, les corrélations sont ainsi statistiquement significatives entre l'épreuve d'attention visuelle et de lexique nominal dans la modalité de production. L'absence de corrélation statistiquement significative entre l'attention visuelle et le lexique en

réception pourrait surprendre. Cette épreuve de lexique est d'une part généralement largement réussie par nos 48 sujets avec une moyenne de 9/10. D'autre part, elle mobilise nettement moins d'attention visuelle puisque les images présentées sont simples à décrypter.

Il existe également une corrélation forte entre l'épreuve d'attention visuelle et celle de compréhension orale. En dehors de la compétence linguistique, l'épreuve de compréhension orale suppose en effet de pouvoir mobiliser son attention visuelle pour identifier la cible parmi quatre scènes imagées comportant plusieurs informations souvent proches visuellement et sémantiquement. L'épreuve peut même demander à l'enfant de mobiliser ses compétences pragmatiques et ses connaissances sur le monde, elles-mêmes construites en partie par l'attention visuelle portée à son entourage.

Cette épreuve d'attention visuelle pourrait également être mise en lien avec les compétences d'apprentissages de régularité statistique (voir plus haut § 2.1.2.1). Kuhl (2010) cite ainsi l'expérience de Yoshida et al. (2006) où dès 10 mois, les enfants avec une meilleure implication acquièrent plus facilement une catégorisation phonémique acquise par traitement des régularités statistiques par rapport aux nourrissons moins attentifs. Pour mémoire, l'apprentissage statistique, est une compétence cognitive générale amodale, mise en évidence dans la modalité auditive mais également visuelle (Bulf et al., 2011; Kirkham et al., 2002). Or l'épreuve d'attention visuelle de COSMO suppose de repérer des patterns visuels identiques et ainsi évalue le mécanisme de base de l'apprentissage de régularités statistiques. Une habileté visuo-attentionnelle dans cette épreuve traduit donc à la fois une capacité d'exploration visuelle efficace et également le repérage de patterns similaires. Ces deux compétences pourraient donc favoriser l'apprentissage statistique impliqué dans le développement de la phonologie et du lexique.

Une hypothèse complémentaire sur le rôle de l'attention, permettant à l'enfant de se focaliser sur le langage comme un stimulus pertinent, est liée à l'activation des régions préfrontales. L'activation de ces régions, au-delà du réseau du langage, a été mise en évidence très précocement chez des nourrissons lors de la reconnaissance de la langue natale ou d'une voix familière. Elle pourrait être la source de la motivation et du plaisir à s'impliquer dans une relation d'échange, et à utiliser les signaux pragmatiques

d'échange, à imiter l'autre, qui sont des mécanismes importants d'apprentissage implicite du langage. (G. Dehaene-Lambertz, 2017; Kuhl, 2010).

Les corrélations relevées en T1 entre l'attention visuelle d'une part et le transfert de modalités sensorielles, les praxies bucco-faciales et le graphisme avaient déjà été mises en évidence dans l'étude de Rolland, 2013. Elles suggèrent que l'attention est associée au réseau sensori-moteur précoce dont nous avons discuté le rôle dans l'acquisition du langage.

Une dernière hypothèse complémentaire, pour expliquer le poids de l'épreuve d'attention visuelle sur le niveau des scores de langage en T2, pourrait être l'implication des fonctions exécutives. En effet, l'épreuve d'attention visuelle mobilise ces fonctions supérieures de contrôle cognitif notamment pour l'initiation de l'action et la planification. Or les deux autres épreuves de COSMO corrélées avec celle d'attention visuelle mettent également en jeu les fonctions exécutives. La corrélation observée avec l'épreuve d'attention concerne en effet celle des praxies bucco-faciales dites « statiques ». Celles-ci sont réalisées sur un support imagé statique, elles ne sont pas de simples imitations, comme les praxies « dynamiques », mais supposent une planification des gestes moteurs en plus de la réalisation motrice fine. De même l'épreuve de graphisme, en plus de la coordination oculomotrice et la réalisation d'une tâche de motricité fine, met également en jeu les fonctions exécutives de planification, d'inhibition et de contrôle. Le lien entre le langage et les fonctions exécutives est de plus en plus débattu (Gooch et al., 2016) notamment au niveau du lexique pour la stratégie de recherche du « bon » mot ainsi que l'inhibition de voisins non pertinents. La mise en œuvre des fonctions exécutives peut donc être retenue comme hypothèse interprétative complémentaire du poids de l'attention visuelle et du graphisme, sur les scores de langage en T2.

Notre étude met en évidence des corrélations moindres au T2 qu'au T1 entre les épreuves de langage et les épreuves de transfert de modalités sensorielles ou praxies bucco-faciales. Une hypothèse de changement développemental pourrait être avancée. Concernant le **transfert de modalités sensorielles**, il est en effet possible que cette compétence joue un rôle important à une phase antérieure du développement lorsque le langage se développe principalement selon un processus « bottom-up » impliquant essentiellement, mais non exclusivement, le traitement d'informations perçues plutôt qu'un fonctionnement « top-down ». S. Friederici (2016) distingue ces

deux phases dans l'apprentissage implicite du langage (voir annexe 2). Jusqu'à 3 ans environ, l'enfant ferait un traitement de bas niveau de représentations mentales issues des informations sensorielles. Le fonctionnement top-down émergerait progressivement avec une analyse plus poussée de ces représentations mentales avec implication d'un fonctionnement cognitif de plus haut niveau. Il serait ainsi possible que le temps 2 de notre évaluation avec des scores en langage significativement plus élevés qu'au temps 1 corresponde plus à une phase de développement intégrant une part plus importante de traitement top-down.

Pour les praxies-bucco-faciales, il existe une corrélation avec l'épreuve de répétition de mots en T1, avec une tendance de lien à la fois pour les praxies statiques et dynamiques : cette corrélation est attendue dans ce modèle neuro-développemental incluant la théorie motrice de la parole (G. Dehaene-Lambertz, 2012; Galantucci et al., 2006; Liberman et al., 1985). Elle était également retrouvée dans l'étude de Rolland, 2013, sur des enfants de 30 à 36 mois, pour les praxies statiques. Cette corrélation disparait néanmoins dans notre étude au T2 de l'évaluation ; elle n'était pas mise en évidence non plus dans l'étude de Puglisi, 2010, sur des enfants de 3 ans 5 mois en moyenne, que ce soit pour les enfants nés grands prématurés ou le groupe contrôle. Une hypothèse pour cette absence de lien statistiquement significatif est que l'épreuve est relativement saturée pour nos sujets puisque seulement 6 sujets sur 46 (13%) obtiennent des scores inférieurs ou égaux au centile 25 et 80 % des sujets ont des scores supérieurs ou égaux au centile 50. La contrainte motrice pourrait être ainsi mieux cernée dans COSMO grâce à l'épreuve de graphisme. Cette épreuve permet en effet d'approcher la motricité fine de la sphère oro-faciale compte tenu de la proximité des régions main-bouche dans l'homonculus moteur.

6.3 Poids des facteurs respectifs de langage et contraintes sensori-motrices sur le développement du langage au T2

Cette étude nous a permis de confirmer les liens entre les différentes composantes du langage, phonologie-lexique-morphosyntaxe et les différentes modalités, réception et production. Ces liens existent au premier temps d'évaluation et également entre les scores langagiers du T1 et du T2. Comme décrit dans la partie théorique, le langage se développe, en effet, comme un système avec des interactions bi-directionnnelles

des différentes composantes et modalités. Dans une analyse globale, ces liens subsistent ici, malgré une fréquence plus élevée de profils hétérogènes liés aux difficultés de développement langagier de notre échantillon. Les batteries de langage ne proposent généralement pas de score global synthétique de langage et privilégient des profils permettant d'identifier les éventuelles hétérogénéités de développement. Compte tenu de la forte inter-corrélation des épreuves de BILO Petits, il semble possible, pour une analyse statistique en régression linéaire, d'approcher par un score global la compétence langagière. Cette analyse de régression linéaire démontre l'influence d'un score de langage global en T1 sur le score global de langage en T2. A l'inverse, une analyse de régression linéaire ne permet pas d'objectiver l'influence d'un score global de contraintes sensori-motrices sur le score global de langage en T2. Nous supposons que cette absence de lien statistique pourrait découler d'une moindre pertinence d'un score global moyen pour les compétences testées par COSMO, en dehors du faible effectif de notre étude, du temps court entre les deux temps d'évaluation. En effet, un score global obtenu par une moyenne des différentes composantes de COSMO se heurte à l'hétérogénéité possible des habiletés sensori-motrices. Ainsi un enfant pourrait avoir de bonnes habiletés visuo-attentionnelles mais des contraintes praxiques par exemple. Certes, il existe une dynamique développementale systémique des habiletés sensori-motrices mais certains aspects peuvent être plus contraints que d'autres, avec des impacts différents sur le langage. Ainsi en T1, les corrélations entre les épreuves de COSMO sont moitié moins nombreuses que les corrélations entre les épreuves de BILO Petits (tableau 7 et 8). De plus le poids de ces habiletés/ contraintes sensorimotrices sur le développement du langage peut varier selon les périodes de développement, comme discuté avec l'évolution de la contrainte en TMS ou celle des praxies bucco-faciales.

En plus de la difficulté liée à ce calcul d'un score global pour les contraintes sensori-motrices, il découle du modèle neuro-développemental que les scores de langage au T1 sont déjà largement impactés par les contraintes sensori-motrices, il est donc difficile de faire ressortir leur influence spécifique sur un temps court entre le T1 et le T2.

6.4 Le développement de la morphosyntaxe : un mécanisme complexe sur une base sensori-motrice

L'absence de corrélations entre les compétences sensori-motrices et les épreuves de production d'énoncés et de lexique verbal demande à être discutée. Cette absence de corrélations avait déjà été relevée par Puglisi, 2010, dans son groupe contrôle de 30 à 36 mois. L'épreuve de production d'énoncés permet d'évaluer les compétences morphosyntaxiques de l'enfant avec l'apparition dans l'énoncé produit de marques de complexité morphosyntaxique (flexions verbales et nominales, déterminant, marqueur verbal de temps…). Le lexique verbal est considéré comme l'entrée dans la morphosyntaxe : « Les verbes définissent des événements (…) et sont de nature essentiellement *relationnelle* puisqu'un agent doit subir ou accomplir quelque chose » (Golinkoff et Hirsh-Pasek, 2011). Avec le lexique verbal, les enfants associent l'ordre canonique des mots (sujet-verbe-objet) à la relation sémantico-syntaxique de agent-action-patient, par exemple dans la phrase « maman mange une pomme » (Gertner et Fisher, 2012) . Pour discuter du développement de la morphosyntaxe, il est donc logique de considérer ces deux épreuves de BILO Petits, à savoir la production d'énoncés et le lexique verbal. Nous avons décrit dans la partie théorique les liens entre la morphosyntaxe et les autres composantes langagières. Pour rappel, il existe notamment un lien entre le lexique et la morphosyntaxe avec l'hypothèse de la « masse lexicale critique » (Bates). Il existe également un lien entre la phonologie et la morphosyntaxe, les compétences phonologiques permettant de repérer les marques morphosyntaxiques peu saillantes (il le mange/ elle la mange). Comme nous avons établi le lien entre les compétences sensori-motrices et les compétences en phonologie et en lexique, il nous faut expliquer pourquoi ce lien statistique entre la morphosyntaxe et les compétences sensori-motrices ne ressort pas dans nos résultats. La fréquence et la cohérence de l'exposition à un input langagier traité par les compétences sensori-motrices permettent certes d'acquérir la phonologie, le lexique et les premières « combinaisons de mots apprises par cœur » (Tomasello, 2003). La corrélation pourrait ne pas être objectivée dans notre échantillon du fait du nombre d'étapes intermédiaires entre le traitement sensori-moteur distal et cet aboutissement qu'est la génération d'un nombre infini d'énoncés permise par les compétences morphosyntaxiques : la force du lien se diluerait d'étapes en étapes.

D'autant plus qu'un grand nombre de chercheurs s'accordent sur la spécificité des traitements syntaxiques : ceux-ci découleraient de compétences cognitives de haut niveau permettant de déduire des règles notamment celles de construction des squelettes syntaxiques (les « arbres hiérarchiques enchâssés » Dehaene, 2016), mais aussi des règles de morphologie dérivationnelle (« chat*ON* ») ou flexionnelle (la petit*E* fille) y compris dans les règles d'accord à distance (elle est assis*E*)… La construction progressive de ces règles par l'enfant se traduirait a contrario par les « bonnes erreurs » de sur-généralisation (par exemple, « ils *sontaient* dans la maison »). On retrouve dans cette évolution menant à la maitrise des règles morphosyntaxiques le modèle de développement du langage proposé par Friederici (2016, annexe 2) : des processus top-down de plus haut niveau mettant en jeu des représentations plus complexes de règles prennent le relai sur les processus bottom-up. Ces compétences émergeraient soit relativement précocement en réception (Christophe, 2012) soit plus tardivement, avec la maturation totale de la partie antérieure du faisceau arqué (Friederici, 2016). Pour parvenir à produire des phrases syntaxiquement correctes, les auteurs s'accordent sur la nécessaire coordination de la partie postérieure du sillon temporal supérieur et de la partie triangulaire du gyrus frontal inférieur (Broca), reliée par le faisceau arqué. Or cette voie dorsale est déjà sollicitée précocement dans les traitements sensori-moteurs de la parole. Les traitements phonologiques mettent en jeu la jonction pariéto-temporale où les formes auditives des mots sont stockées et la planification motrice des mouvements articulatoires impliquent les régions frontales inférieures (Broca). Et ces deux régions sont reliées par le faisceau arqué, qui intervient notamment dans le lien perception-production. On comprend donc que la morphosyntaxe emprunte les circuits entrainés par le traitement sensori-moteur du langage, ce qui explique l'association fréquente des troubles phonologiques et morphosyntaxiques chez les enfants avec TDL (Parisse et Maillart, 2004b). Mais la morphosyntaxe sollicite également des compétences cognitives plus générales de haut niveau permettant la construction et la manipulation de règles. Ainsi pour un enfant qui ne présenterait qu'un déficit isolé en morphosyntaxe, l'évaluation conjointe des habiletés sensori-motrices par COSMO apporterait moins d'éléments pour le pronostic. Il est cependant rare pour cette tranche d'âge d'avoir un déficit isolé en morphosyntaxe . Ainsi, aucun de nos 13 sujets avec des scores en T2 inférieurs ou

égaux au centile 25, obtient un score isolé sous la norme en morphosyntaxe. Cette observation concorde avec une étude longitudinale sur un groupe d' enfants avec un TDL montrant que le déficit phonologique existe antérieurement au déficit morphosyntaxique (Parisse et al., 2007).

6.5 Contraintes sensorimotrices et facteurs de risques connus

La composition même de notre échantillon tend à confirmer le poids des facteurs de risque langagiers connus dans la littérature. Dans un groupe avec une proportion plus importante que la norme de scores de langage déficitaires, notamment en production phonologique et lexicale en T2, nous recensons une proportion importante de sujets de sexe masculin, ayant une mère avec un niveau d'éducation faible, et avec une grande voire très grande prématurité.

Ces facteurs de risques dans le développement du langage avaient été décrits dans notre partie 2.2.3. Nous rappelons que l'augmentation du risque de TDL en fonction du sexe au détriment des garçons est bien étayée dans la littérature (Rudolph, 2017). De fait, notre échantillon accuse une surreprésentation de sujets de sexe masculin: 39 sur 48 soit 81%. La méta-analyse récente de Rudolph recensait également le niveau d'éducation maternelle au titre des facteurs de risque solidement établis. Nous avions constaté une sous-représentation dans notre échantillon de mères avec un niveau d'éducation post-baccalauréat : seulement 29% des mères contre 49% pour la moyenne des mères en France en 2015. Nous avons pu en outre établir statistiquement l'influence du niveau d'éducation sur le score global de langage en T2.

Nous n'avons pas analysé statistiquement le lien entre le niveau de sévérité de la prématurité et le niveau de langage. Nous constatons néanmoins que, dans notre échantillon avec des scores de langage plus déficitaires que la norme, il existe une surreprésentation des grandes et très grandes prématurités dans les 28 enfants nés prématurément : 53% de nos 28 prématurés sont nés avant 32 SA alors que la proportion s'élève à 15% sur les naissances de 2010 en France. Ces éléments vont dans le même sens que les corrélations bien établis entre le degré de prématurité et

l'importance de troubles neuro-développementaux y compris langagiers (Larroque et al., 2008; Spek et al., 2012). Nos analyses statistiques n'ont pas établi d'influence de l'état de trophie à la naissance sur le niveau de langage, contrairement à ce qui est rapporté dans la littérature (Barre et al., 2011). Ce résultat inattendu découle peut-être du faible nombre d'enfants avec une hypotrophie périnatale dans notre échantillon (9 sujets).

Nous retenons donc la confirmation de facteurs de risques connus sur le développement du langage: sexe, niveau d'éducation de la mère et grande prématurité. Faute d'analyse de régression, il ne nous est pas possible de conclure sur le poids respectif de ces facteurs de risque par rapport à celui des contraintes sensori-motrices. Nous évoquerons cependant que l'étude de Puglisi ,2010, avait démontré un impact du milieu socio-culturel sur le niveau de langage mais que les contraintes sensori-motrices n'étaient pas influencées par ce milieu socio-culturel. Ce résultat est conforté par une étude récente réalisée sur 18 000 enfants de 2 ans : alors qu'il existe un fort gradient socio-culturel sur le niveau de lexique d'enfants, le niveau de développement moteur est lui indépendant du milieu socio-culturel.(Grobon et al., 2019) Les stimulations familiales pourraient contribuer à compenser les fragilités langagières sans parvenir à rééduquer les contraintes sensori-motrices porteuses de fragilités développementales.

6.6 Contraintes sensori-motrices, pronostic et projet de soins

Au global, cette étude historico-prospective permet donc de conforter l'importance des habiletés sensori-motrices précoces dans le développement du langage. Elle apporte des éléments contributifs pour un pronostic et la mise en place du suivi thérapeutique. Une simple guidance parentale suffit-elle ou faut-il envisager une rééducation orthophonique voire l'orientation vers un autre professionnel de santé (psychomotricien…) ?

L'originalité de cette étude est d'apporter des éléments tangibles pour intégrer les résultats de l'évaluation des contraintes sensori-motrices dans le pronostic et l'établissement du projet de soins d'enfants d'environ 3 ans. Cette étape peut être éclairée par la prise en compte des compétences visuo-attentionnelles en particulier,

mais aussi des contraintes en graphisme, transfert de modalités sensorielles, et discrimination tactile. Compte tenu de l'enjeu du développement optimal des capacités langagières, il y a nécessité à mettre en place une « intervention la plus précoce possible tout en évitant la surmédicalisation » (HAS, 2017) ; il s'agit également de tenir compte de la réalité de terrain avec un manque de disponibilités des prises en rééducation de nouveaux patients en orthophonie. Il est donc crucial de pouvoir prioriser les orientations en rééducation orthophonique par rapport à un suivi à distance avec guidance parentale. La prise de conscience de l'intérêt pour le patient d'une prise en charge précoce, qui se traduit notamment par de nouvelles incitations financières inscrites dans la NGAP, permet d'envisager une baisse de l'âge moyen de la prise en charge en langage oral (l'enquête de la DREES sur les champs d'intervention des orthophonistes l'évaluait à 7 ans en 2011). Il est cependant peu probable qu'elle permette à court terme la prise en soin orthophonique de tous les enfants de 3-4 ans avec des difficultés de développement du langage. Il reste donc nécessaire de pouvoir décider de la poursuite ou non de la prise en charge, surtout pour des structures de niveau 3 comme les CRTLA.

La littérature établissait déjà l'intérêt de la meilleure compréhension des contraintes et habiletés sensori-motrices précoces pour évaluer le niveau de langage d'un enfant (Charollais et al., 2013). Cette meilleure compréhension des contraintes et habiletés sensori-motrices précoces aide donc également à fournir des éléments pour la décision de suivi thérapeutique mais aussi à orienter le projet thérapeutique orthophonique ou les conseils de guidance parentale. Notre étude met particulièrement en évidence le poids de la contrainte visuo-attentionnelle sur le développement du langage. Certes notre échantillon recense une proportion importante d'enfants avec une contrainte d'attention visuelle, certainement du fait du grand nombre d'enfants prématurés, mais la corrélation entre la contrainte en attention visuelle objectivée en T1 et le niveau du score de langage en T2 est bien établie. La question de la mobilisation de l'attention, notamment visuelle, est éclairée par les travaux de Kuhl (2010, 2007), dans le courant de pensée de la cognition sociale : la synchronisation sociale (« social gating ») de l'adulte et de l'enfant permet de majorer les apprentissages implicites et joue un rôle critique dans les apprentissages complexes comme ceux du langage. L'implication de l'enfant dans une interaction humaine permet d'augmenter son niveau d'attention et de vigilance, d'augmenter ainsi

le nombre d'informations saisies et traitées notamment grâce à l'attention conjointe et la poursuite du regard de l'interlocuteur. Cette connexion sociale induit une motivation liée au plaisir d'être en interaction et est également connue pour activer les mécanismes cérébraux reliant la perception et l'action. Les travaux de Kuhl montraient ainsi que les apprentissages de l'enfant pour une langue étrangère étaient décuplés dans le cadre d'une interaction duelle par rapport à un apprentissage en vidéo. Des travaux plus récents effectuées sur des nourrissons de 9 à 15 mois indiquent que la synchronisation des cerveaux de l'adulte et de l'enfant, propice aux apprentissages implicites, est supérieure dans le cadre d'une relation duelle, sans intervention tierce, et qu'elle intervient lors d'échange de sourires, lors des périodes d'attention conjointe et d'échanges en motherese avec une prosodie appuyée (Piazza et al., 2019) . Les interventions orthophoniques, en guidance ou en séances, peuvent donc s'enrichir de ces travaux, compte tenu de l'importance de mobiliser l'attention de l'enfant et de lier les circuits de perception-production dans l'apprentissage implicite du langage.

6.7 Limites de l'étude

Les limites de notre étude sont liées à la méthodologie. Compte tenu du faible effectif, les résultats demanderaient à être confirmés sur un plus grand échantillon, permettant des traitements statistiques plus robustes, notamment pour les analyses en sous-groupes.

Il serait intéressant d'étendre le laps de temps et de prévoir une évaluation ultérieure pour mesurer le maintien ou non dans le temps des corrélations observées notamment entre l'attention visuelle et les scores de langage. Une évaluation COSMO en T2 auraient également permis de stabiliser les conclusions : les contraintes sensori-motrices et visuo-attentionnelles sont par nature plutôt stables mais peuvent néanmoins évoluer.

Il aurait été également intéressant de produire un diagramme de flux pour la sélection des sujets de l'échantillon, ce qui n'a pas été possible compte tenu de la sélection à partir de plusieurs bases de données éventuellement redondantes.

L'intégration d'un groupe contrôle d'enfants tout-venants aurait permis, ou non, une généralisation des résultats. L'hétérogénéité des sujets recrutés, notamment les niveaux de prématurité différents et l'existence de conditions bio-médicales pour certains, rend plus hypothétique la généralisation de l'étude à une autre population.

Les corrélations ou tendances répétées de lien que nous avons pu faire ressortir sur une période courte et avec une population assez hétérogène suggèrent néanmoins la force des liens entre les habiletés sensori-motrices précoces et l'apprentissage implicite du langage.

D'autres limites de l'étude sont liées aux batteries d'évaluation : d'une part, ces batteries construites dans un but de pratique clinique, comportent un nombre restreint d'épreuves et d'items pour s'adapter au jeune âge des patients et permettre une passation en moins d'une demi-heure. Ce faible nombre d'items nuit à la sensibilité requise dans des études statistiques. D'autre part, nous n'avons pas pu collecter suffisamment de données pour l'épreuve de discrimination auditive pour pouvoir les exploiter. Or cette dimension liée à la stabilisation des sons de la langue maternelle serait importante à mesurer dans le cadre d'une évaluation des habiletés sensori-motrices, comme largement développé dans la partie théorique. Il est vrai que cette tâche de discrimination auditive liée aux compétences de phonologie notamment en réception est difficile à mesurer avec des épreuves comportementales à ce jeune âge. Les stimuli à discriminer présentés dans COSMO sont simplifiés à une succession de 2 ou 3 sons (syllabe en [a]) , ce qui devrait limiter l'interférence de traitement langagier, lexical et sémantique. Il semble néanmoins que l'enfant y rencontre les mêmes difficultés que pour une tâche de discrimination phonologique : l'enfant de 3-4 ans éprouve de grandes difficultés à dire si deux mots (ex. gâteau-bateau) ou pseudo-mots (gabo- dabo), qui ne se distinguent que par un phonème, sont les mêmes ou sont différents. Cette tâche cumule en effet une difficulté liée à la mise en œuvre de compétences métalinguistiques de jugement sur la langue et une difficulté cognitive dans la distinction explicite de la notion de « même-différent » (Schelstraete et Roch, 2014). On comprend donc la difficulté d'évaluer , avec une épreuve comportementale, la discrimination phonologique. Cette évaluation aurait néanmoins permis d'obtenir un tableau plus complet des habiletés sensori-motrices en lien avec l'apprentissage implicite du langage.

7 CONCLUSION et PERSPECTIVES

L'objectif de cette étude était de fournir des éléments complémentaires lors du bilan pour déterminer un pronostic d'évolution du langage à moyen terme chez des enfants de moins de 3-4 ans et décider du projet de soins dans l'année à venir.

Outre la confirmation d'une prise en compte de facteurs de risque connus comme le sexe, le niveau d'éducation maternelle et la grande prématurité, notre étude souligne l'influence des habiletés ou contraintes sensori-motrices sur le développement du langage à horizon de 6 mois environ.

Nous avons pu démontrer l'importance du lien entre le niveau d'attention visuelle sur les scores de langage et notamment sur la compréhension orale d'énoncés et le lexique nominal en production. Nous confirmons le lien connu entre l'attention et le développement des compétences lexicales, en précisant la façon de l'évaluer. La passation combinée des épreuves d'attention visuelle de COSMO et de l'épreuve de compréhension orale de BILO Petits permet par ailleurs de souligner l'importance de l'attention de l'enfant dans la construction de ses compétences pragmatiques, permettant l'apprentissage implicite du langage. Nous avons également, par des analyses en centile par sous-groupe de niveau de contraintes sensori-motrices, pu illustrer l'existence de tendances répétées : le groupe des enfants avec un niveau de contrainte sensori-motrice inférieur ou égal au centile 25 obtient en moyenne des résultats de langage inférieurs en T2 à celui du groupe des enfants sans cette contrainte sensori-motrice. Ce résultat est obtenu pour la contrainte d'attention visuelle, ce qui est attendu compte tenu des résultats des analyses de corrélation, mais aussi pour les contraintes en graphisme, en discrimination tactile. Le lien entre langage et le transfert de modalités sensorielles, somesthésique versus visuelle, semble plus important lors de l'évaluation initiale que lors de la seconde évaluation. Le cumul des contraintes d'attention visuelle et de graphisme tend à accentuer la différence entre les profils langagiers au temps 2 des deux groupes. La sévérité de la contrainte en graphisme tend également à majorer la différence entre les scores langagiers au temps 2 des sous-groupes. L'épreuve de praxies bucco-faciales est relativement saturée et permet moins que l'épreuve de graphisme de mesurer la contrainte de motricité fine et son impact sur le langage.

Les résultats de notre étude confortent également la dynamique d'évolution bidirectionnelle des différentes composantes du langage, phonologie – lexique –

morphosyntaxe, dans les modalités de réception et de production. Les scores de langage du premier bilan ont ainsi une forte influence sur les scores de langage obtenus en deuxième évaluation. Ces scores du premier bilan de langage étaient eux-mêmes largement corrélés aux scores des contraintes ou habiletés sensori-motrices.

Compte tenu de l'impossibilité matérielle d'orienter tous les enfants avec des fragilités de développement langagier pour une rééducation orthophonique, notre étude peut donc bien éclairer la prise de décision dans le projet de soins. Outre le niveau de langage et les facteurs de risque connus, l'évaluation des contraintes sensori-motrices et tout particulièrement les contraintes visuo-attentionnelles de l'enfant peut ainsi contribuer au pronostic probable à moyen terme et aider à trancher entre une guidance parentale avec surveillance de l'enfant à 6 mois ou la mise en place immédiate d'une rééducation en orthophonie voire en psychomotricité.
Les résultats de notre étude appelleraient à être dupliqués sur une population plus large d'enfants et avec des profils de recrutement plus représentatifs de la population générale pour que ses conclusions puissent être généralisées à l'ensemble de la pratique orthophonique.

Nos résultats ouvrent également des perspectives pour les situations d'évaluation précoces ou difficiles des troubles langagiers puisque les épreuves de COSMO n'engagent pas directement les compétences langagières. Il est en effet parfois difficile avec un seul bilan de langage oral de faire la part des choses entre l'impact d'un manque d'exposition au français et un trouble du langage par exemple. Ce peut être le cas pour des enfants de milieux sociaux défavorisés notamment au niveau du lexique puisque c'est la composante linguistique connue comme étant la plus impactée par les facteurs sociaux. Nous pensons également aux enfants dont la langue maternelle n'est pas le français et qui présentent un déficit langagier après plus d'une année d'exposition intensive à la langue française. Ce peut être aussi le cas des enfants jeunes à partir de 2 ans et demi à risques de développer un trouble langagier ; une évaluation précoce serait utile mais ils n'ont pas un niveau de langage suffisant pour que celui-ci puisse être exploré par un test normé de langage. Ainsi l'intégration d'une évaluation des contraintes/habiletés sensori-motrices précoces lors du bilan pourrait contribuer à fournir des éléments sur l'évolution probable, et permettre d'adapter soit le projet de guidance familiale soit les axes de prise en charge thérapeutique.

8 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Avenet, S., Lemaître, M.-P. et Vallée, L. (2016). DSM5 : Quels changements pour les troubles spécifiques du langage oral ? *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, *64*(2), 81-92.

Badcock, N. A., Bishop, D. V. M., Hardiman, M. et al. (2012). Co-localisation of abnormal brain structure and function in specific language impairment. *Brain and Language*, *120*(3), 310-320.

Barre, N., Morgan, A., Doyle, L. W. et al. (2011). Language Abilities in Children Who Were Very Preterm and/or Very Low Birth Weight : A Meta-Analysis. *The Journal of Pediatrics*, *158*(5), 766-774.

Bassano, D. (2000). La constitution du lexique : Le « développement lexical précoce ». Dans Michèle Kail *., L'acquisition du langage. Vol. I: Le langage en émergence. De la naissance à trois ans* (p. 137-168). Presses Universitaires de France

Bassano, D. (2005). Production naturelle précoce et acquisition du langage. *Revue de linguistique et de didactique des langues*, 61-84.

Bassano, D., Maillochon, I., et Mottet, S. (2008). Noun grammaticalization and determiner use in French children's speech : A gradual development with prosodic and lexical influences. *Journal of Child Language*, *35*(2), 403-438.

Bates, E. A. (2004). Explaining and interpreting deficits in language development across clinical groups : Where do we go from here? *Brain and Language*, *88*(2), 248-253.

Bernal, S., Dehaene-Lambertz, Christophe, A. et al. (2010). Two-year-olds compute syntactic structure on-line. *Developmental Science*, *13*(1), 69-76.

Bertoncini, J., et de Boysson-Bardies, B. (2000). La perception et la production de la parole avant deux ans. Dans *L'acquisition du langage. Vol. I: Le langage en émergence. De la naissance à trois ans* (p. 95-136). Presses Universitaires de France.

Billard, C. (2002). Les troubles du langage chez l'enfant. *//www.em-premium.com/data/revues/09877983/v0015i03/02830390/*. Disponible sur http://www.em.premium.com/article/23543/resultatrecherche/6

Bishop, D. V. M, et Edmundson, A. (1987). Language-impaired 4-year-olds : Distinguishing transient from persistent impairment. *The Journal of speech and hearing disorders*, *2*, 156.

Bishop, D. V. M., Snowling, M. J., Thompson, P. A. et al. (2016). CATALISE : A Multinational and Multidisciplinary Delphi Consensus Study. Identifying Language Impairments in Children. *PLoS ONE*, *11*(7), 1-26.

Bishop, Dorothy V. M. (2002). Motor immaturity and specific speech and language impairment : Evidence for a common genetic basis. *American Journal of Medical Genetics*, *114*(1), 56-63.

Bishop, D.V.M., Snowling, M. J., Thompson, P. A. et al. (2017). Phase 2 of CATALISE : A multinational and multidisciplinary Delphi consensus study of problems with language development: Terminology. *Journal of Child Psychology et Psychiatry*, *58*(10), 1068-1080.

Botting, N. (2005). Non-verbal cognitive development and language impairment. *Journal of child psychology and psychiatry and allied disciplines*, *3*, 317-328.

Bristow, D., Dehaene-Lambertz, G., Mattout, J. et al. (2009). Hearing faces : How the infant brain matches the face it sees with the speech it hears. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *21*(5), 905-921.

Brooks, R. et Meltzoff, A. N. (2005). The development of gaze following and its relation to language. *Developmental Science*, *8*(6), 535-543.

Bruderer, A. G., Danielson, D. K., Werker, J. F. et al. (2015). Sensorimotor influences on speech perception in infancy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *112*(44), 13531-13536.

Bruner, J. S. (1974). From communication to language—A psychological perspective. *Cognition*, *3*(3), 255-287.

Bulf, H., Johnson, S. P., et Valenza, E. (2011). Visual statistical learning in the newborn infant. *Cognition*, *121*(1), 127-132.

Cardillo, G. C. (2010). *Predicting the predictors : Individual differences in longitudinal relationships between infant phonetic perception, toddler vocabulary and preschooler language and phonological awareness.* (PhD-Speech and Hearing Sciences) Université de Washington

Cattani, A., Abbot-Smith, K., Farag, R.et al. (2014). How much exposure to English is necessary for a bilingual toddler to perform like a monolingual peer in language tests? *International Journal of Language et Communication Disorders*, *49*(6), 649-671.

Charollais, A., Marret, S., Stumpf, M. H. et al. (2013). Comprendre le neurodéveloppement du langage, une nécessité pour prévenir les troubles des apprentissages de l'enfant ? *Archives de pédiatrie*, *20*(9), 994-999.

Charollais, A., Stumpf, M.-H., Beaugrand, D. et al. (2010). Évaluation à 6 ans du langage de l'enfant né grand prématuré sans paralysie cérébrale : Étude prospective de 55 enfants. *Archives de Pédiatrie*, *17*(10), 1433-1439.

Chiat, S. (2001). Mapping theories of developmental language impairment : Premises, predictions and evidence. *Language et Cognitive Processes*, *16*(2), 113-142.

Christophe, A. (2012). *L'acquisition précoce de la syntaxe : Le nourrisson, ce qu'il sait, ce qu'il apprend.* [Vidéo en ligne]. Disponible sur https://www.college-de-france.fr/site/stanislas-dehaene/seminar-2012-01-10-11h00.htm

Christophe, A., Millotte, S., Bernal, S., et al. (2008). Bootstrapping Lexical and Syntactic Acquisition. *Language et Speech*, *51*, 61-75.

Dahmoune-Le Jeannic, S. (2016). *Évaluation du langage oral chez l'enfant : Linguistique, psychologie cognitive, psychologie développementale, psychanalyse* . Paris. De Boeck supérieur.

DeCasper, A. J., et Fifer, W. P. (1980). Of Human Bonding : Newborns Prefer their Mothers' Voices. *Science*, *208* (4448), 1174-1176.

Dehaene, S. (2013). *Le bébé statisticien : Les théories bayésiennes de l'apprentissage* [Vidéo en ligne].Disponible sur: https://www.college-de-france.fr/site/stanislas-dehaene/course-2012-2013.htm

Dehaene, S. (2016). *Représentations cérébrales des structures linguistiques* [Vidéo en ligne]. Disponible sur: https://www.college-de-france.fr/site/stanislas-dehaene/course-2015-2016.htm

Dehaene-Lambertz, G. (2012). Une réévaluation du rôle de la bouche et des mouvements articulatoires dans l'acquisition de la langue maternelle. *Motricité Cérébrale : Réadaptation, Neurologie du Développement*, *33*(1), 2-3.

Dehaene-Lambertz, G. (2017). The human infant brain : A neural architecture able to learn language. *Psychonomic Bulletin et Review*, *24*(1), 48-55.

Dehaene-Lambertz, Ghislaine, et Dehaene, S. (1994). Speed and cerebral correlates of syllable discrimination in infants. *Nature*, *370*(6487), 292-295.

Dubois, J., Poupon, C., Dehaene-Lambertz, G. et al. (2016). Exploring the Early Organization and Maturation of Linguistic Pathways in the Human Infant Brain. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, *26*(5), 2283-2298.

Eimas, P. D., Siqueland, E. R., Jusczyk, P., et et al. (1971). Speech perception in infants. *Science. 171* (3968), 303-306.

Evans, J. L., Saffran, J. R. et Robe-Torres, K. (2009). Statistical Learning in Children With Specific Language Impairment. *Journal of Speech, Language et Hearing Research*, *52*(2), 321-335.

Fitch, W. T., Hauser, M. D., et Chomsky, N. (2005). The evolution of the language faculty : Clarifications and implications. *Cognition*, *97*(2), 179-210.

Flapper, B. C. T. et Schoemaker, M. M. (2013). Developmental Coordination Disorder in children with specific language impairment : Co-morbidity and impact on quality of life. *Research in Developmental Disabilities*, *34*(2), 756-763.

Friederici, A. D. (2012). Language Development and the Ontogeny of the Dorsal Pathway. *Frontiers in Evolutionary Neuroscience*, *4-3*.

Galantucci, B., Fowler, C. A. et Turvey, M. T. (2006). The motor theory of speech perception reviewed. *Psychonomic Bulletin et Review*, *13*(3), 361-377.

Gentaz, É., et Mazens, K. (2006). Les nouveau-nés sont-ils capables de voir avec leurs mains ou de toucher avec leurs yeux ? *Devenir*, *18* (3), 263-281.

Gertner, Y., et Fisher, C. (2012). Predicted errors in children's early sentence comprehension. *Cognition*, *124* (1), 85-94.

Golinkoff, R. M., et Hirsh-Pasek, K. (2011). Comment les tout-petits apprennent-ils les verbes ? *Enfance*, *3* (3), 363-382.

Gooch, D., Snowling, M. J., Hulme, C. et al. (2016). The development of executive function and language skills in the early school years. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *57*(2), 180-187.

Grobon, S., Panico, L., et Solaz, A. (2019). Inégalités socioéconomiques dans le développement langagier et moteur des enfants à 2 ans. *Bull Epidémiol Hebd. 1*. 2-9.

Guenther, F. H., et Vladusich, T. (2012). A neural theory of speech acquisition and production. *Journal of Neurolinguistics*, *25*(5), 408-422.

HAS (2001). L'orthophonie dans les troubles spécifiques du développement du langage oral chez l'enfant de 3 à 6 ans. Disponible sur : https://www.has-sante.fr/jcms/c_271995/fr/l-orthophonie-dans-les-troubles-specifiques-du-developpement-du-langage-oral-chez-l-enfant-de-3-a-6-ans

HAS. (2017). Comment améliorer le parcours de santé d'un enfant avec troubles spécifiques du langage et des apprentissages. Disponible sur : https://www.has-sante.fr/jcms/c_2822893/fr/comment-ameliorer-le-parcours-de-sante-d-un-enfant-avec-troubles-specifiques-du-langage-et-des-apprentissages

Hill, E. L. (2001). Non-specific nature of specific language impairment : A review of the literature with regard to concomitant motor impairments. *International Journal of Language & Communication Disorders*, *36*(2), 149-171.

Hirsh-Pasek, K., Kemler Nelson, D. G., Jusczyk, P. W. et al. (1987). Clauses are Perceptual Units for Young Infants. *Cognition*, *3*, 269.

Jisa, H. (2003). L'acquisition du langage. Ce que l'enfant nous apprend sur l'homme. *Terrain. Anthropologie et sciences humaines*, *40*, 115-132.

Jusczyk, P. W., Houston, D. M. et Newsome, M. (1999). The beginnings of word segmentation in English-learning infants. *Cognitive psychology*, *3 (4)*, 159-207.

Karmiloff, K., et Karmiloff-Smith, A. (2001). *Pathways to language : From fetus to adolescent* (Harvard University Press).

Kemler N., D., Hirsh-Pasek, K., Jusczyk, P. et al. (1989). How the prosodic cues in motherese might assist language learning. *Journal of Child Language*, *16*(1), 55-68.

Kern, S. (2003). Le compte-rendu parental au service de l'évaluation de la production lexicale des enfants français entre 16 et 30 mois. *Glossa*, *85*, 48-62.

Kirkham, N. Z., Slemmer, J. A. et Johnson, S. P. (2002). Visual statistical learning in infancy : Evidence for a domain general learning mechanism. *Cognition*, *83*(2), B35-B42.

Kuhl, P. K. (2004). Early language acquisition : Cracking the speech code. *Nature Reviews Neuroscience*, *5*(11), 831-843.

Kuhl, P. K. (2010). Brain Mechanisms in Early Language Acquisition. *Neuron*, *67*(5), 713-727.

Kuhl, P. K., et Meltzoff, A. N. (1982). The Bimodal Perception of Speech in Infancy. *Science*, *218* (4577), 1138-1141.

Kuhl, P. K., Ramírez, R., Bosseler, A. et al. (2014). Infants' brain responses to speech suggest Analysis by Synthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *111*(31), 11238-11245.

Kuhl, P. K. et Rivera-Gaxiola, M. (2008). Neural substrates of language acquisition. *Annual Review of Neuroscience*, *31*, 511-534.

Larroque, B., Ancel, P.-Y., Marret, S.et al.. (2008). Neurodevelopmental disabilities and special care of 5-year-old children born before 33 weeks of gestation (the EPIPAGE study) : A longitudinal cohort study. *The Lancet*, *371*(9615), 813-820.

Liberman, A. M. et Mattingly, I. G. (1985). The motor theory of speech perception revised. *Cognition*, *21* (1), 1-36

Liu, H.-M., Kuhl, P. K. et Tsao, F.-M. (2003). An association between mothers' speech clarity and infants' speech discrimination skills. *Developmental Science*, *6*(3), 1-10.

Maillart, C., Schelstraete, M.-A., et al. (2012). *Les dysphasies : De l'évaluation à la rééducation*. Paris: Elsevier Masson.

Marchman, V. A. et Bates, E. (1994). Continuity in lexical and morphological development : A test of the critical mass hypothesis. *Journal of Child Language*, *21*(2), 339-366.

Marret, S. (2008). La prise en charge à 5 ans de l'enfant prématuré avec séquelles neuro-développementales est-elle optimum en France ? À propos de l'étude EPIPAGE. *Archives de Pédiatrie*, *15*(5), 595-597.

Mattys, S., et Jusczyk, P. (2001). Phonotactic cues for segmentation of fluent speech by infants. *Cognition*, *78*(2), 91-121.

Maye, J., Weiss, D. J. et Aslin, R. N. (2008). Statistical phonetic learning in infants : Facilitation and feature generalization. *Developmental Science*, *11*(1), 122-134.

McArthur, G. M. et Bishop, D. V. M. (2005). Speech and non-speech processing in people with specific language impairment : A behavioural and electrophysiological study. *Brain and Language*, *94*(3), 260-273.

McGrath, L. M., Hutaff-Lee, C., Pennington, B. F. et al. (2008). Children with Comorbid Speech Sound Disorder and Specific Language Impairment are at Increased Risk for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *36*(2), 151-163.

Mehler, J., Jusczyk, P., Lambertz, G. et al. (1988). A precursor of language acquisition in young infants. *Cognition*, *2*, 143-178.

Meltzoff, A. N. et Moore, M. K. (1977). Imitation of facial and manual gestures by human neonates. *Science (New York, N.Y.)*, *198*(4312), 74-78.

Metsala, J. L. (1997). Spoken word recognition in reading disabled children. *Journal of Educational Psychology*, *89*(1), 159-169.

Miller, C. A., Kail, R., Tomblin, J. B. et al. (2001). Speed of Processing in Children With Specific Language Impairment. *Journal of Speech, Language et Hearing Research*, *44*(2), 416-433.

Millotte, S. et Christophe, A. (2009). À la découverte des mots : Le rôle de la prosodie dans l'acquisition du lexique et de la syntaxe. *Enfance*, *N° 3*(3), 283-292.

Moon, C., Lagercrantz, H. et Kuhl, P. K. (2013). Language experienced in utero affects vowel perception after birth : A two-country study. *Acta Paediatrica,*, *102*(2), 156-160.

Moyle, J., Stokes, S. F. et Klee, T. (2011). Early Language Delay and Specific Language Impairment. *Developmental Disabilities Research Reviews*, *17*(2), 160-169.

Paradis, J. (2016). The Development of English as a Second Language With and Without Specific Language Impairment : Clinical Implications. *Journal of Speech, Language et Hearing Research*, *59*(1), 171-182.

Parisse, C. et Maillart, C. (2004a). Le développement morphosyntaxique des enfants présentant des troubles de développement du langage : Données francophones. *Enfance*, *Vol. 56*(1), 20-35.

Parisse, C. et Maillart, C. (2004b). Les déficits phonologiques des enfants francophones ayant des troubles spécifiques de développement du langage. *Glossa, 89,* 34-47.

Parisse, C. et Maillart, C. (2007). Phonology and syntax in French children with SLI: A longitudinal study. *Clinical Linguistics & Phonetics*, *21*(11-12), 945-951.

Patterson, M. L. et Werker, J. F. (1999). Matching phonetic information in lips and voice is robust in 4.5-month-old infants. *Infant Behavior and Development*, *22*(2), 237-247.

Peña, M., Werker, J. F. et Dehaene-Lambertz, G. (2012). Earlier Speech Exposure Does Not Accelerate Speech Acquisition. *Journal of Neuroscience*, *32*(33), 11159-11163.

Puglisi, L. (2010). *Langage et habiletés sensori-motrices des enfants de trois ans nés grands prématurés* (Mémoire d'orthophonie). Université de Caen.

Rescorla, L. (2011). Late Talkers : Do Good Predictors of Outcome Exist? *Developmental Disabilities Research Reviews*, *17*(2), 141-150.

Ringard, J. C. (2000). A propos de l'enfant dysphasique et de l'enfant dyslexique. Disponible sur: https://www.education.gouv.fr/cid1944/a-propos-de-l-enfant-dysphasique-et-de-l-enfant-dyslexique.html

Rolland, A.-C. (2013). *Évaluation du langage oral et des habiletés sensori-motrices chez les enfants âges de 30 à 36 mois*. (Thèse de Médecine) Université de Médecine Rouen.

Rudolph, J. M. (2017). Case History Risk Factors for Specific Language Impairment : A Systematic Review and Meta-Analysis. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *26*(3), 991-1010.

Santelmann, L. M. et Jusczyk, P. W. (1998). Sensitivity to discontinuous dependencies in language learners : Evidence for limitations in processing space. *Cognition*, *69*(2), 105-134.

Schelstraete, M.-A. et Roch, D. (2014). La dysphasie : À quels signes être attentifs en période préscolaire ? *Contraste*, *N° 39*(1), 181-198.

Shi, R. (2014). Functional Morphemes and Early Language Acquisition. *Child Development Perspectives*, *8*(1), 6-11.

Silva, P. A., McGee, R., et Williams, S. M. (1983). Developmental Language Delay from Three to Seven Years and Its Significance for Low Intelligence and Reading Difficulties at Age Seven. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *25*(6), 783-793.

Skeide, M. A. et Friederici, A. D. (2016). The ontogeny of the cortical language network. *Nature Reviews. Neuroscience*, *17*(5), 323-332.

Slater, A. et Quinn, P. C. (2001). Face recognition in the newborn infant. *Infant and Child Development*, *10*, 21-24.

Spek, I. L. van N. , Franken, M.C. et Weisglas-Kuperus, N. (2012). Language Functions in Preterm-Born Children : A Systematic Review and Meta-analysis. *Pediatrics*, *129*(4), 745-754.

Streri, A. et Gentaz, E. (2004). Cross-modal recognition of shape from hand to eyes and handedness in human newborns. *Neuropsychologia*, *42*(10), 1365-1369.

Tallal, P. (1980). Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain and Language*, *9*(2), 182-198.

Teinonen, T., Aslin, R. N., Alku, P. et al. (2008). Visual speech contributes to phonetic learning in 6-month-old infants. *Cognition*, *108*(3), 850-855.

Tomasello, M. (2003). *Constructing a language : A usage-based theory of language acquisition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Tourville, J. A. et Guenther, F. H. (2011). The DIVA model : A neural theory of speech acquisition and production. *Language and cognitive processes*, *26*(7), 952-981.

Tsao, F. M., Liu, H. M. et Kuhl, P. K. (2004). Speech Perception in Infancy Predicts Language Development in the Second Year of Life : A Longitudinal Study. *Child Development*, *75*(4), 1067-1084.

Ullman, M. T. et Pierpont, E. I. (2005). Specific Language Impairment is not Specific to Language : The Procedural Deficit Hypothesis. *Cortex*, *41*(3), 399-433.

van der Lely, H. K. J. (2005). Domain-specific cognitive systems : Insight from Grammatical-SLI. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*(2), 53-59.

Weindrich, D., Jennen-Steinmetz, Ch., Laucht, M. et al. (2000). Epidemiology and prognosis of specific disorders of language and scholastic skills. *European Child et Adolescent Psychiatry*, *9*(3), 186-194.

Weismer, S. E., Evans, J. M. C. et Hesketh, L. J. (1999). An examination of verbal working memory capacity in children with specific language impairment. *Journal of speech, language, and hearing research*, *42*(5), 1249-1260.

Werker, J. F. et Tees, R. C. (1984). Cross-language speech perception : Evidence for perceptual reorganization during the first year of life. *Infant Behavior and Development*, *7*(1), 49-63.

Wilkinson, M.,Galaburda, A. M., Takahashi, E. et al. (2017). Detection and Growth Pattern of Arcuate Fasciculus from Newborn to Adult. *Frontiers in Neuroscience*, *11*.

Xu, F. et Tenenbaum, J. B. (2007). Word learning as Bayesian inference. *Psychological Review*, *114*(2), 245-272.

Ziegler, J. C. et Goswami, U. (2005). Reading Acquisition, Developmental Dyslexia, and Skilled Reading Across Languages : A Psycholinguistic Grain Size Theory. *Psychological Bulletin*, *131*(1), 3-29.

Zorman, M., Duyme, M., Kern, S. et al. (2011). « Parler bambin » un programme de prévention du développement précoce du langage. *A.N.A.E.*, *112-13*, 238-245.

9 ANNEXES

Table des annexes :

Annexe 1 Bates , 2004 (« the functionnal infrastructure for language »)

Annexe 2 Skeide et Friederici, 2016 : Ontogenèse des structures neuronales du langage

Annexe 3 Modèle DIVA, Tourville, Guenther, 2011

Annexe 4 Année de réalisation de l'évaluation en T1

Annexe 5 Extraits de COSMO (CHU Rouen, 2013)

5a Extrait de l'épreuve d'attention visuelle

5b Extrait de l'épreuve de transfert de modalités sensorielles, somesthésique versus visuelle.

5c Extrait de l'épreuve de graphisme

Annexe 6 Extraits de B ILO Petits (Khomsi et al., 2009, ECPA)

6a Exemples d'item à l'épreuve de Lexique en réception (LexR) et à l'épreuve de Compréhension Orale (CO)

6b Exemple d'item à l'épreuve de Lexique en production (LexP)

6c Exemple d'item à l'épreuve de Production d'Enoncés (ProdE)

Annexe 7 Conditions bio-médicales présentées par les enfants de l'échantillon

Annexe 8 Matrice de corrélation intra et inter tests T1

Annexe 9 Matrice de corrélation inter-tests : BILO Petits T1 et BILO Petits T2

Annexe 10 Matrice de corrélation inter-tests : COSMO T1 et BILO Petits T2

Annexe 11 Analyse de régression linéaire sur un score global de langage

Annexe 12 Scores de langage en T1 et T2 selon le niveau de contrainte

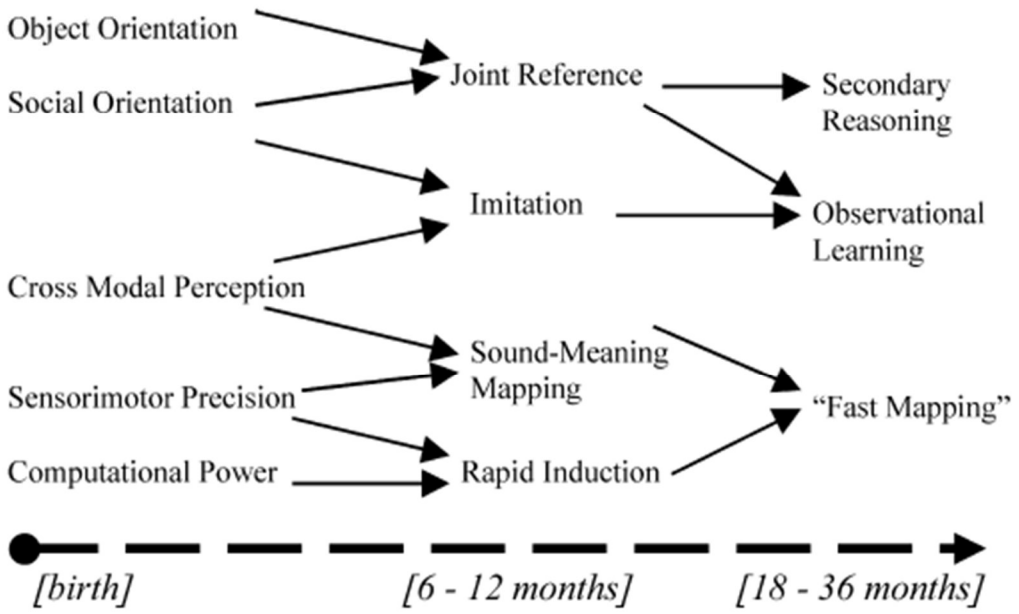
Annexe 13 Scores de langage en T2 selon le niveau de contrainte

Annexe 14 Analyse rétrospective sur scores de langage chutés en T2

Annexe 1 :

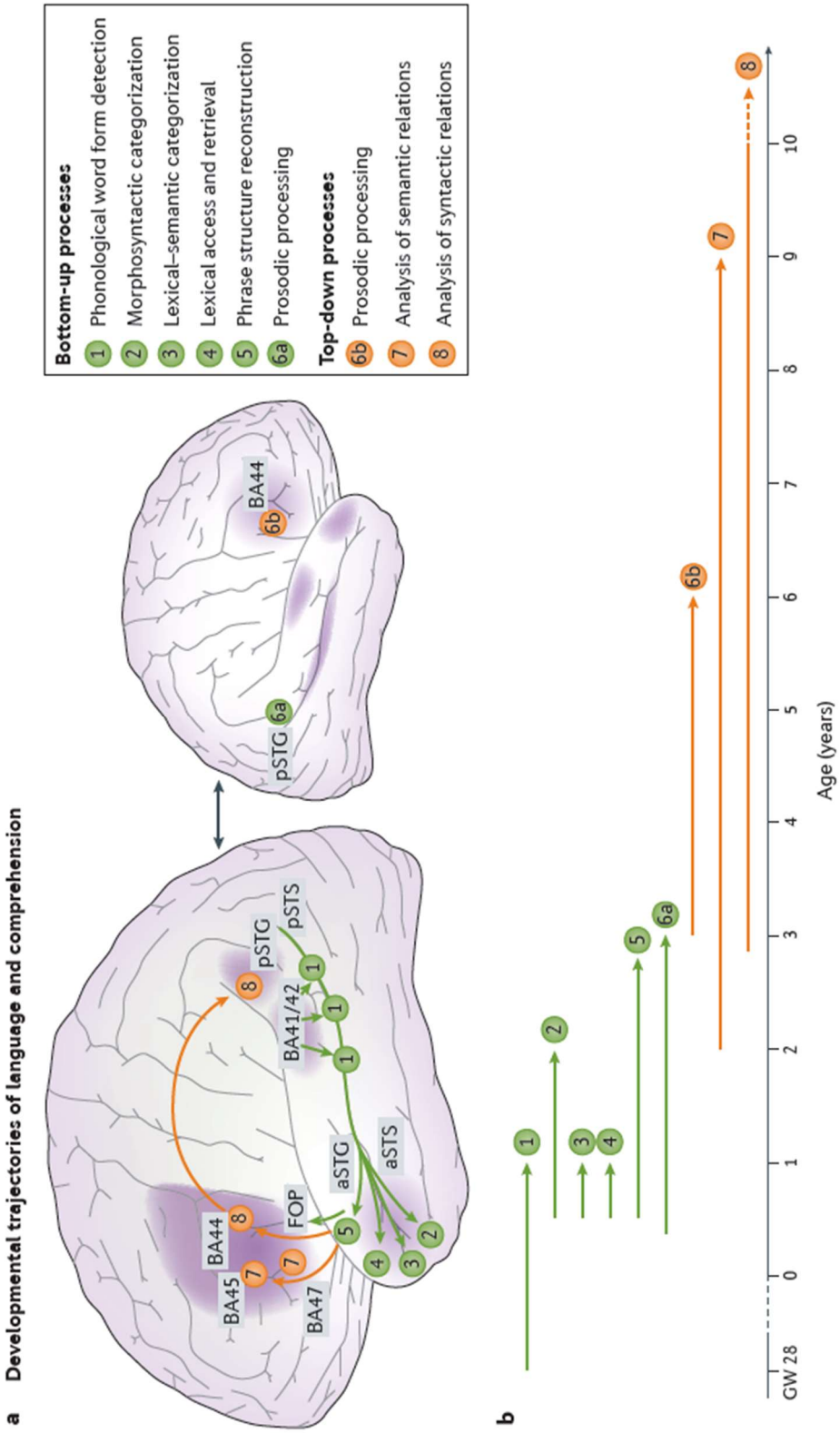
Source: Bates (2004) Explaining and interpreting deficits in language development across clinical groups : Where do we go from here? *Brain and Language*, *88*(2), 248-253.

Table 1
Functional infrastructure for language



Annexe 2 :

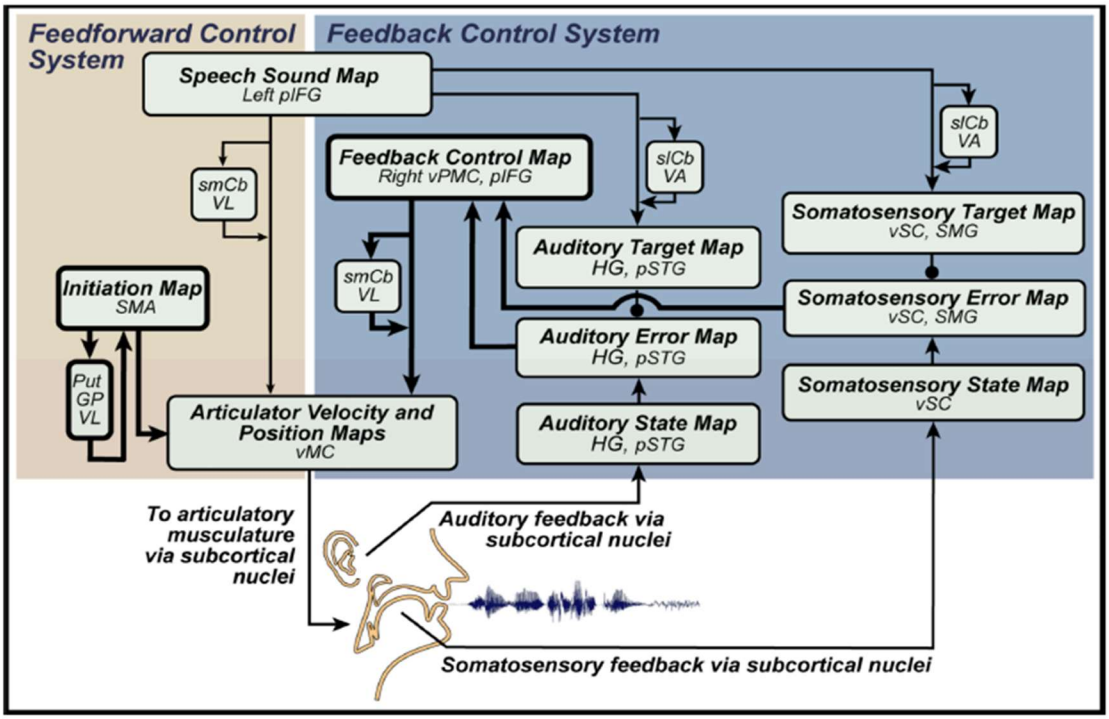
source: Skeide et Friederici (2016) The ontogeny of the cortical language network. *Nature Reviews. Neuroscience*, *17*(5), 323-332.



Annexe 3 : Modèle DIVA, Tourville, Guenther, 2011

Source : The DIVA model : A neural theory of speech acquisition and production.

Language and cognitive processes, *26*(7), 952-981.



Annexe 4 : Année de réalisation de l'évaluation T1 du langage BILO Petits et des habiletés sensori-motrices COSMO :

Nombre de sujets par année de réalisation de l'évaluation T1	
2013	2
2014	4
2015	2
2016	7
2017	4
2018	17
2019	12

Annexe 5 : Extraits de COSMO (CHU Rouen, 2013)

5a Extrait de l'épreuve d'attention visuelle

5b Extrait de l'épreuve de transfert de modalités sensorielles, somesthésique versus visuelle

5c Extrait de l'épreuve de graphisme

Annexe 6 : Extraits de BiloPetits (Khomsi et al., 2009, ECPA)

6a Exemples d'item à l'épreuve de Lexique en réception (LexR) et à l'épreuve de Compréhension Orale (CO)

6b Exemple d'item à l'épreuve de Lexique en production (LexP)

6c Exemple d'item à l'épreuve de Production d'Enoncés (ProdE)

Annexe 7 : Conditions bio-médicales présentées par les enfants de l'échantillon

Naissance prématurée SA< 37 SA, soit sur les 28 sujets	- Paralysie cérébrale de type ataxique (avec dyspraxie gestuelle et visuo-constructive)
	- Leucomalacie périventriculaire
	- Sd Pierre Robin. Suspicion syndrome de Stickler
Naissance à plus de 37 SA, soit sur les 20 sujets	- Agénésie totale du corps calleux - AVC périnatal sylvien gauche compliqué de convulsions néonatales Evolution satisfaisante (en dehors de colères et trouble du langage) - Malformations de Dandy-Walker (Dilatation tri-ventriculaire avec hypoplasie vermienne) avec ventriculocisternostomie - Epilepsie et myoclonies depuis l'âge de 18 mois - Hématome sous dural à 2 ans suite à accident avec double fracture cranienne avec suites simples en hospitalisation - Hypotonie axiale hypertonie périphérique depuis période néonatale, Exploration de Syndrome génétique - Sd Noonan - Traumatisme obstétrical avec embarrure pariéto-occipital. Crises convulsives infra-cliniques, pétéchies hémorragiques cortico-souscorticale hémorragie tente cervelet. Cranioplastie

Annexe 8 : Matrice de corrélation intra et inter tests T1

T1	LexR	CO	LexP	QQC	QQF	RepM	ProdE	AttV	TMS	Prax. BF	PBF Dyn	PFB Stat	Disc. Tact	Graphisme	Disc. Audio
LexR	1														
CO	0,43 *p= 0.003*	1													
LexP	0,59 p=0.000	0,44 p=0.002	1												
QQC	0,54 p=0.000	0,38 p=0.008	0,94 p=0.000	1											
QQF	0,24 p=0.095	0,31 p=0.034	0,46 p=0.001	0,21 p=0.150	1										
RepM	0,3 p= 0.036	0,25 p=0.082	0,49 p=0.000	0,38 p=0.007	0,34 p=0.016	1									
ProdE	0,45 p= 0.001	0,33 p=0.023	0,55 p=0.000	0,44 p=0.002	0,54 p=0.000	0,66 p=0.000	1								
AttV	*0,28 p=0.051*	*0,28 p=0.052*	0,36 p=0.013	*0,28 p=0.051*	0,34 p=0.020	0,23 p=0.123	0,1 p=0.505	1							
TMS	0,34 p=0.018	0,29 p=0.044	0,35 p=0.014	0,29 p=0.049	0,26 p=0.079	0,31 p=0.033	0,17 p=0.249	0,41 p=0.004	1						
Prax. BF	-0,07 p=0.655	0,2 p=0.192	0,19 p=0.199	0,11 p=0.478	*0,28 p=0.056*	0,31 p=0.034	0,11 p=0.470	0,24 p=0.105	0,24 p=0.101	1					
PBF Dyn	-0,13 p=0.393	0,15 p=0.324	0,2 p=0.187	0,13 p=0.387	0,15 p=0.311	*0,28 p=0.063*	0,04 p=0.784	0,12 p=0.444	0,3 p=0.040	0,85 p=0.000	1				
PFB Stat	-0,01 p=0.972	0,11 p=0.475	0,11 p=0.463	0,03 p=0.859	0,32 p=0.027	*0,28 p=0.061*	0,17 p=0.250	*0,27 p=0.068*	0,1 p=0.491	0,89 p=0.000	0,53 p=0.000	1			
Disc. Tact	0,09 p=0,569	0,24 p=0,122	0,27 p=0,083	0,15 p=0,338	0,33 p=0,032	0,23 p=0.143	*0,29 p=0,055*	0,1 p=0,505	0,34 p=0,026	0,37 p=0,014	0,47 p=0,002	0,18 p=0,261	1		
Graphisme	0,19 p=0.247	0,31 p=0.065	0,18 p=0.280	0,22 p=0.183	-0,24 p=0.158	0,1 p=0.544	-0,15 p=0.366	0,4 p=0.013	-0,07 p=0.687	0,26 p=0.120	0,09 p=0.588	0,26 p=0.119	-0,25 p=0,151	1	
Disc. Audio	0,05 p=0.861	0,2 p=0.504	0,22 p=0.445	0,21 p=0.476	0,14 p=0.639	-0,09 p=0.762	0,17 p=0.557	-0,12 p=0.693	-0,01 p=0.982	-0,05 p=0.853	0,01 p=0.962	-0,1 p=0.733	-0,1 p=0,746	0,33 p=0.294	1

Annexe 9: Matrice de corrélation inter-tests : BILO Petits T1 et BILO Petits T2

	LexR T2	CO T2	LexP T2	QQC T2	QQF T2	RepM T2	ProdE T2
LexR T1	0,24 p=0.100	0,24 p=0.107	**0,55** **p=0.000**	**0,54** **p=0.000**	**0,43** **p=0.002**	**0,3** **p=0.035**	**0,47** **p=0.001**
CO T1	*0,28* *p=0.052*	**0,38** **p=0.007**	**0,4** **p=0.005**	**0,4** **p=0.005**	*0,26* *p=0.076*	**0,39** **p=0.006**	**0,42** **p=0.003**
LexP T1	**0,4** **p=0.005**	**0,3** **p=0.040**	**0,79** **p=0.000**	**0,78** **p=0.000**	**0,61** **p=0.000**	**0,55** **p=0.000**	**0,62** **p=0.000**
QQC T1	**0,35** **p=0.014**	**0,25** **p=0.088**	**0,77** **p=0.000**	**0,76** **p=0.000**	**0,58** **p=0.000**	**0,45** **p=0.001**	**0,63** **p=0.000**
QQF T1	0,19 p=0.195	**0,19** **p=0.206**	**0,3** **p=0.036**	*0,28* *p=0.050*	*0,26* *p=0.071*	**0,34** **p=0.019**	0,19 p=0.189
RepM T1	**0,38** **p=0.007**	**0,29** **p=0.047**	**0,55** **p=0.000**	**0,46** **p=0.001**	**0,6** **p=0.000**	**0,71** **p=0.000**	**0,48** **p=0.001**
ProdE T1	**0,42** **p=0.003**	0,23 p=0.111	**0,52** **p=0.000**	**0,45** **p=0.001**	**0,53** **p=0.000**	**0,53** **p=0.000**	**0,57** **p=0.000**

Seuil de significativité: **p<0.05** *0.051< p< 0.08*

Données disponibles par variable : 48

Annexe 10 : Matrice de corrélation inter-tests : COSMO T1 et BILO Petits T2

	LexR T2	CO T2	LexP T2	QQC T2	QQF T2	RepM T2	ProdE T2
AttV	0,08 p=0.568	**0,43** **p=0.002**	**0,33** **p=0.021**	**0,37** **p=0.010**	0,16 p=0.281	0,19 p=0.186	0,18 p=0.217
TMS	0,14 p=0.346	0,2 p=0.183	*0,27* *p=0.063*	*0,26* *p=0.070*	0,2 p=0.164	*0,26* *p=0.076*	0,22 p=0.132
Tot Praxies BF	-0,09 p=0.557	0,12 p=0.435	0,12 p=0.438	0,16 p=0.291	-0,03 p=0.866	0,22 p=0.150	-0,02 p=0.903
PBFDyn	-0,2 p=0.181	0,03 p=0.819	0,08 p=0.585	0,12 p=0.428	-0,04 p=0.777	0,12 p=0.421	-0,06 p=0.670
PFBStat	0,02 p=0.884	0,12 p=0.428	0,08 p=0.572	0,13 p=0.397	-0,01 p=0.949	0,22 p=0.133	0 p=1.000
Discr Tact	0,01 p=0,928	0,2 p=0,207	0,14 p=0,366	0,14 p=0,377	0,1 p=0,504	0,15 p=0,350	0,12 p=0,438
Graphisme	0,13 p=0.445	0,29 p=0.082	0,12 p=0.484	0,16 p=0.353	0,01 p=0.971	0,17 p=0.301	0,2 p=0.235
Discr Audio	0,36 p=0.207	0,11 p=0.709	0,28 p=0.339	0,29 p=0.320	0,18 p=0.538	0,33 p=0.244	0,3 p=0.300

Annexe 11 : Analyses de régression linéaire (calculs effectués avec le logiciel « R »)

Afin de procéder à cette analyse de régression linéaire, la distribution des scores a été normalisée pour la création de scores globaux tentant de résumer :

- les compétences linguistiques (« global linguistic score T1 »et « global linguistic score T2 »)
- les contraintes sensori-motrices (« global motor score »)

1. Relation entre le score linguistique global en T2 et le score global des habiletés sensori-motrices et le score linguistique global en T1

	b	*95% IC*	*p-value*
Global motor score T1	0.02	-0.25 à 0.29	0.88
Global linguistic score T1	0.78	0.58 à 1.00	p<0.0001

L'influence du score moteur T1 sur le score linguistique global en T2 est estimée à **b** = 0.02 (IC95% : -0.25 à + 0.29; p-value = 0.88) écart type de score linguistique global T2 par écart type de score global de contraintes sensori-motrices à T1, après ajustement sur le score linguistique global en T1. On ne peut pas conclure à l'existence ni à l'inexistence d'une influence.

L'influence du score linguistique T1 sur le score linguistique global en T2 est estimée à **b** = 0.78 (IC95% : + 0.58 à 1; p-value < 0.0001) écart type de score linguistique global T2 par écart type de score global de score linguistique à T1. On peut conclure à l'existence d'une influence positive du score linguistique T1 sur le score linguistique T2, après ajustement sur le score moteur global en T1

2. Relation entre le niveau d'éducation de la mère et le score linguistique global en T2

	b	*95% IC*	*p-value*
Niveau education mère	0.30	0.02 à 0.59	p<0.05

L'influence du niveau d'éducation de la mère sur le score linguistique global en T2 existe et est estimée à **b** = 0.3 (IC95% : 0.02 à 0.59; p-value < 0.05) écart type de score linguistique à T2, par unité de la variable éducation de la mère.

3. **Relation entre l'état de trophie à la naissance et le score linguistique global en T2**

	b	*95% IC*	*p-value*
Eutrophe Yes	-0.52	-1.09 à 0.05	0.07

L'influence de l'état de trophie sur le score linguistique global en T2 n'est pas objectivée.

4. **Modèle de régression linéaire multiple ajusté pour déterminer l'influence de chacune des variables explicatives sur le score linguistique global en T2 :**

	b	*95% IC*	*p-value*
Global motor score T1	0.09	-0.23 à 0.41	0.56
Global linguistic score T1	0.75	0.38 à 1.12	p<0.001
Eutrophe YES	0.03	-0.48 à 0.53	0.91
Niveau education mère	-0.12	-0.28 à 0.25	0.92

En prenant en compte l'ensemble des variables explicatives (les 4 de la colonne de gauche), seul le score de langage en T1 a une influence sur le score global de langage en T2, en neutralisant l'impact des 3 autres variables.

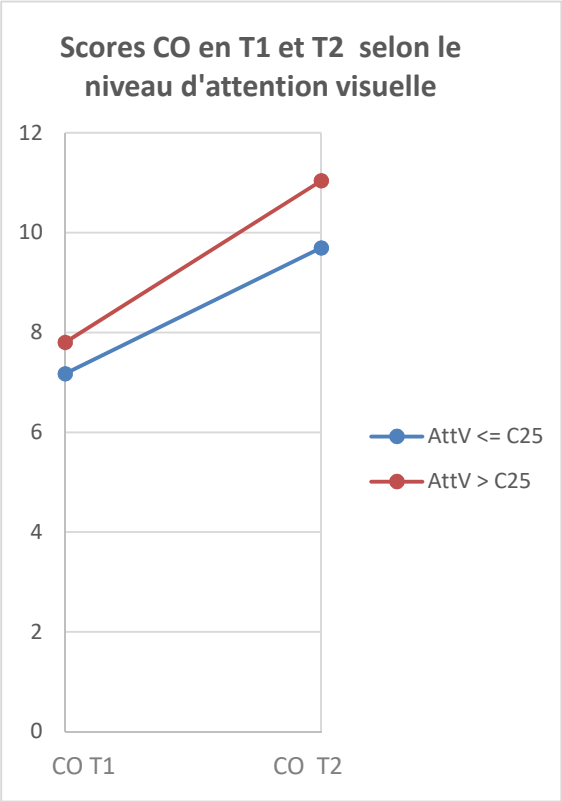
Il n'y a pas d'influence objectivée du score globale d'habiletés sensori-motrices en T1 sur le score linguistique global en T2, pour des niveaux identiques de langage en T1, de trophie à la naissance et d'éducation de la mère.

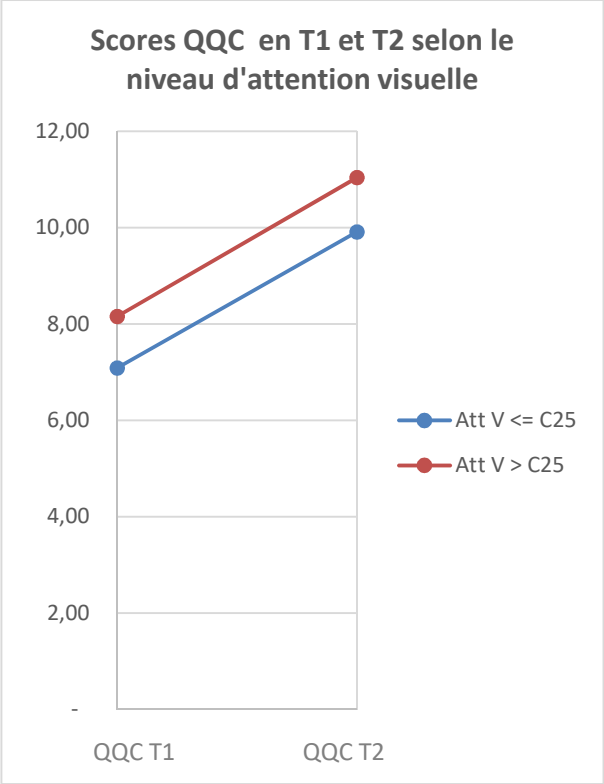
Annexe 12 : Scores de langage en T1 et T2 selon le niveau de contrainte

- Contrainte : Attention visuelle en T1et scores CO et QQC

Classe Attention visuelle	Nombre de sujets	Scores CO T1				Scores CO T2			
		Moyenne	Écart type	Min	Max	Moyenne	Écart type	Min	Max
<= C25	23	7,2	2,0	3	11	9,7	2,0	6	13
> C25	25	7,8	2,2	5	13	11,0	1,6	8	14

Classe Attention visuelle	Nombre de sujets	Scores Lexique Nominal QQC T1				Scores Lexique Nominal QQC T2			
		Moyenne	Écart type	Min	Max	Moyenne	Écart type	Min	Max
<= C25	23	7,1	3,0	1	12	9,9	3,8	0	15
> C25	25	8,2	3,4	2	14	11.0	2,2	7	15



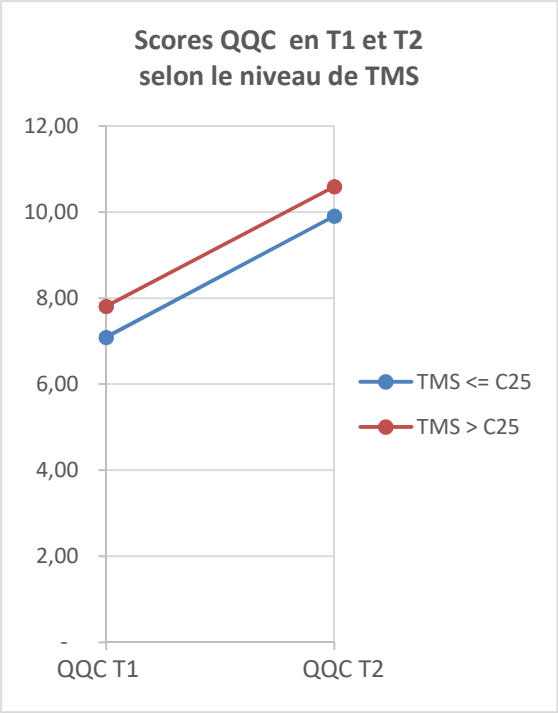


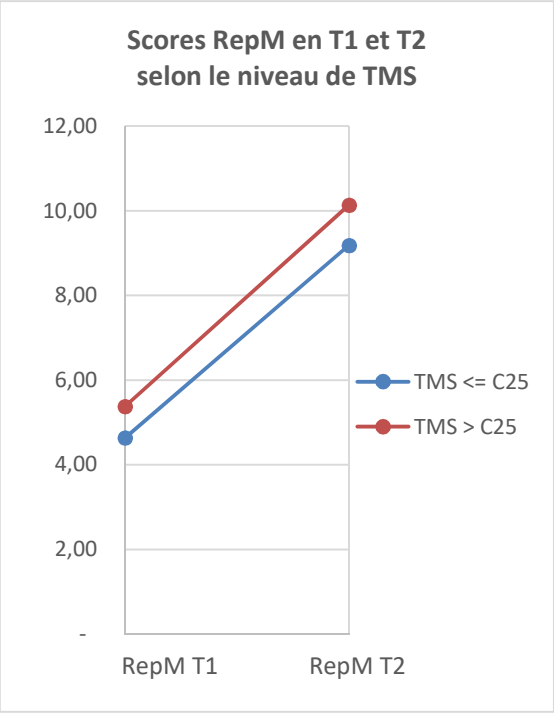
La différence des moyennes CO entre les 2 groupes en T2 est statistiquement significative à p= 0.016

- Contrainte : TMS en T1 et scores QQC et RepM

Classe TMS	Nombre de sujets	Scores Lexique Nominal QQC T1				Scores Lexique Nominal QQC T2			
		Moyenne	Écart type	Min	Max	Moyenne	Écart type	Min	Max
<= C25	11	7,1	2,3	2	10	9,9	2,6	5	13
> C25	37	7,8	3,4	1	14	10,7	3,3	0	15

Classe TMS	Nombre de sujets	Scores Phono-RepM T1				Scores Phono- RepM T2			
		Moyenne	Écart type	Min	Max	Moyenne	Écart type	Min	Max
<= C25	11	4,6	3,3	0	10	9,2	4,2	0	14
> C25	37	5,4	3,4	0	13	10,1	3,8	0	16





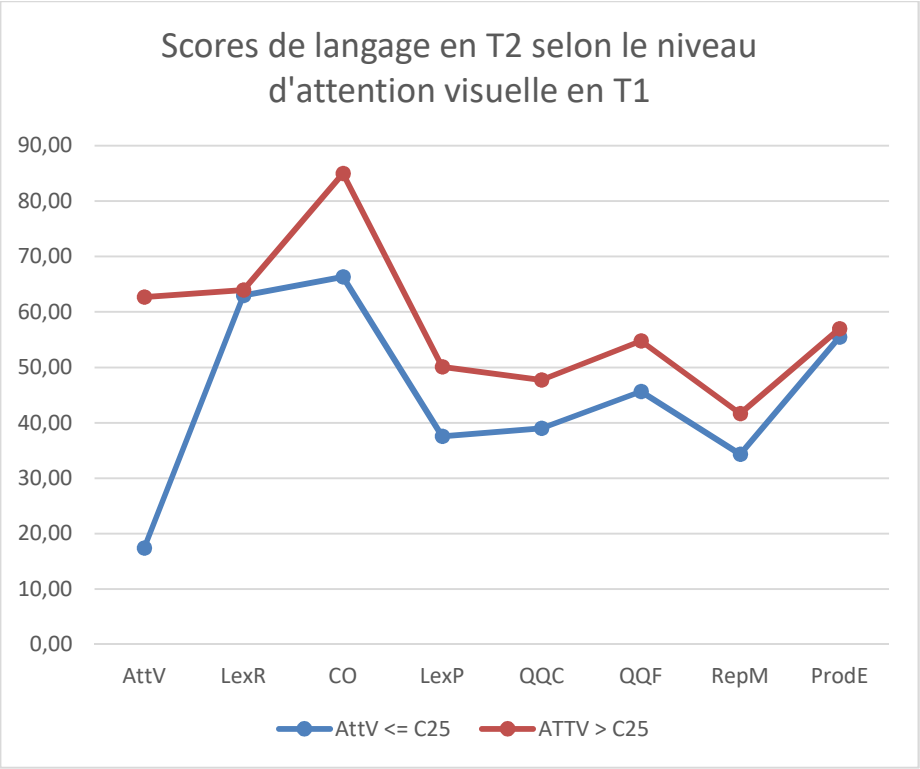
Annexe 13 : Scores de langage en T2 selon le niveau de contrainte

Sur les graphiques sont représentées les moyennes de score du sous-groupe constitué par niveau de contrainte.

- **Contrainte Attention visuelle en T1 et scores de langage en centile en T2 :**

N= 48

	Nombre de sujets - âge		T1	T2						
			AttV	LexR	CO	LexP	QQC	QQF	RepM	ProdE
Attention visuelle <= C25	23 3,42 ans	moyenne	17	63	66	38	39	46	34	55
		écart type	8	25	28	28	28	31	24	32
		min	3	3	10	3	3	3	1	3
		max	25	90	97	97	97	97	90	90
Attention visuelle > C25	25 3,26 ans	moyenne	63	64	85	50	48	55	42	57
		écart type	16	21	11	27	26	27	28	27
		min	38	25	63	3	7	3	3	10
		max	90	97	97	97	97	97	97	97



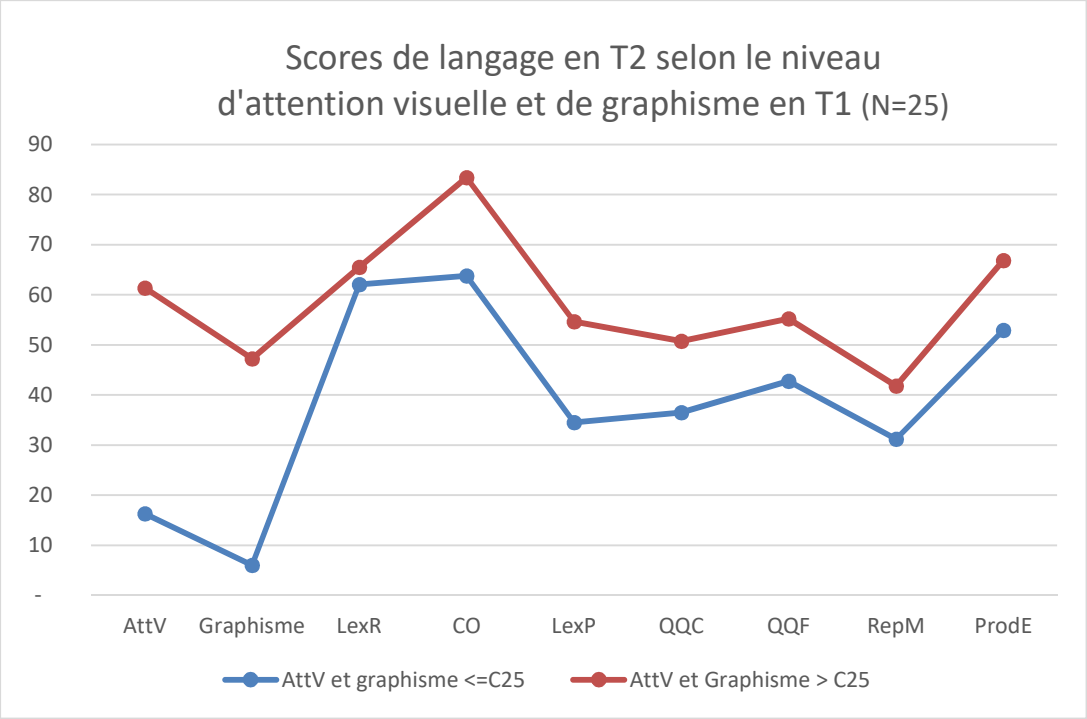
La différence des moyennes de CO en T2 est statistiquement significative à p = 0.005

La proportion de sujets qui a au moins un score de langage en T2 inférieur ou égal au C10 et la proportion de sujets qui a au moins deux scores de de langage en T2 inférieurs ou égaux au C25 sont supérieures dans le groupe avec une contrainte attentionnelle (les scores de langage excluent ici QQC et QQF, qui décomposent LexP, pour ne pas les compter 2 fois).

n = 48	Att V <= C25 (n = 23)		Att V > C25 (n=25)	
	Nbre	%	Nbre	%
au moins 1 score langage T2 <= C10	9	39%	4	16%
au moins 2 scores langage T2 <= C25	11	48%	6	24%

- **Contrainte Attention visuelle et graphisme en T1 et scores de langage en T2 :**

Critères de groupe		Nombre de sujets - âge moyen		T1		T2						
AttV	Graphisme			AttV	Graphisme	LexR	CO	LexP	QQC	QQF	RepM	ProdE
<= C25	<= C25	16 3,54 ans	moyenne	16	6	62	64	35	37	43	31	53
			écart type	8	6	27	31	29	30	35	27	35
			min	2	2	3	10	2	2	2	1	2
			max	25	18	90	97	97	97	97	90	90
> C25	> C25	9 3,31 ans	moyenne	61	47	66	83	55	51	55	42	67
			écart type	18	11	21	12	24	23	24	30	24
			min	38	38	38	63	18	18	18	3	25
			max	90	63	97	97	97	97	97	97	97
<= C25	> C25	3 3,29 ans	moyenne	18	54	50	63	28	38	35	42	46
			écart type	6	12	0	10	15	18	13	6	16
			min	10	38	50	50	18	25	18	38	25
			max	25	63	50	75	50	63	50	50	63
> C25	<= C25	11 3,30 ans	moyenne	62	10	61	89	53	52	61	38	50
			écart type	15	7	19	7	27	26	26	28	24
			min	38	3	38	75	3	7	3	3	10
			max	90	25	90	97	97	90	90	90	97

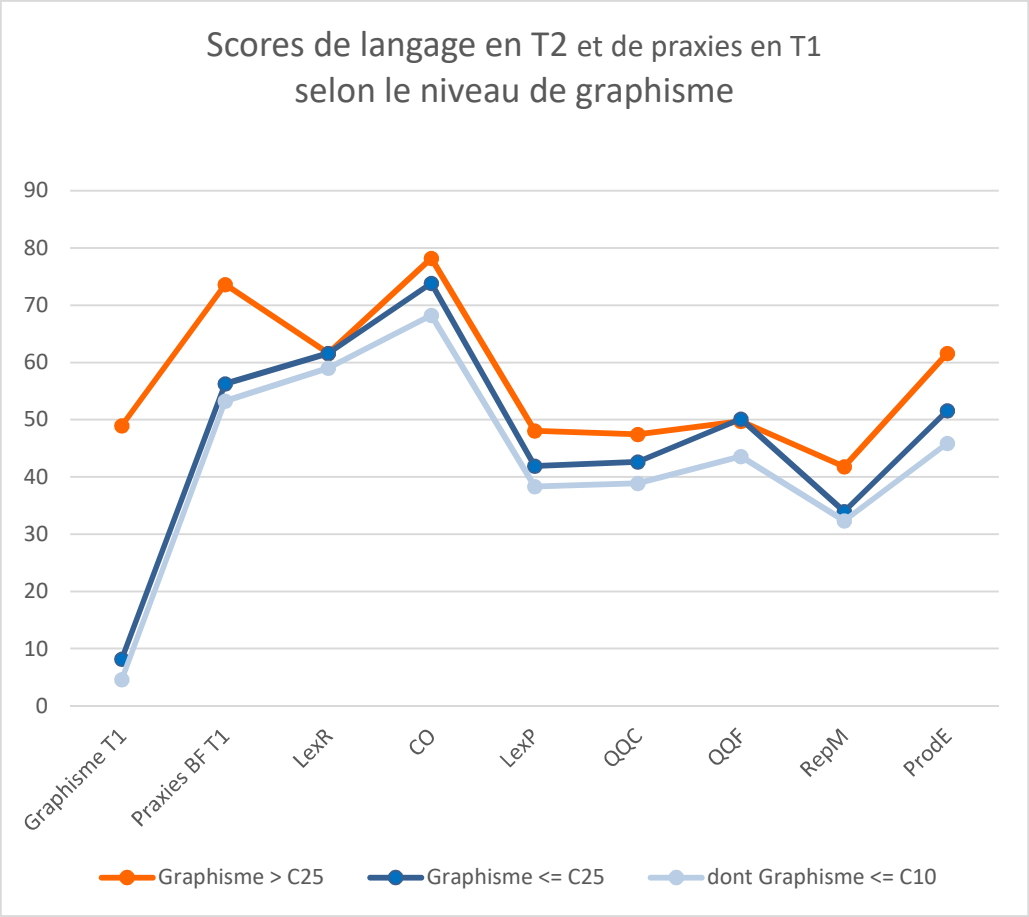


La différence de moyennes de CO est statistiquement significative (p= 0.04) ainsi que celle de LexP (p = 0.02).

- **Contrainte Graphisme en T1 et scores de langage en T2 :**

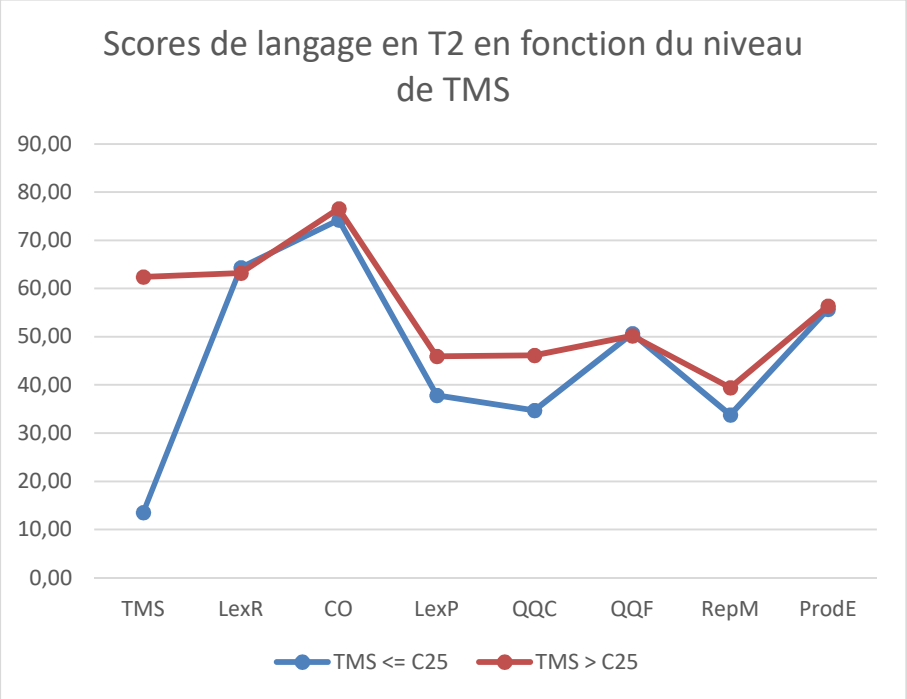
L'épreuve de graphisme est celle qui est la moins réussie par notre échantillon : 27 sujets obtiennent des scores inférieurs ou égaux au centile 25 et 20 sujets des scores inférieurs ou égaux au centile 10. Ce nombre de scores inférieurs ou égaux au centile 10 permet d'intégrer une courbe de profil de langage pour ce sous-groupe :

	Nombre de sujets - âge		T1		T2						
			Graphisme	praxies	LexR	CO	LexP	QQC	QQF	RepM	ProdE
Graphisme > C25	12 3,31 ans	moyenne	49	74	62	78	48	47	50	42	62
		écart type	12	23	20	15	26	24	25	27	25
		min	38	25	38	50	18	18	18	3	25
		max	63	97	97	97	97	97	97	97	97
Graphisme <= C25	27 3,44 ans	moyenne	8	56	62	74	42	43	50	34	52
		écart type	7	30	25	27	30	30	33	28	31
		min	3	3	3	10	3	3	3	1	3
		max	25	97	90	97	97	97	97	90	97
dont Graphisme <= C10	20 3,52 ans	moyenne	5	53	59	68	38	39	44	32	46
		écart type	63	33	25	30	26	26	31	28	30
		min	38	3	3	10	3	3	3	1	3
		max	38	97	90	97	90	90	97	90	90



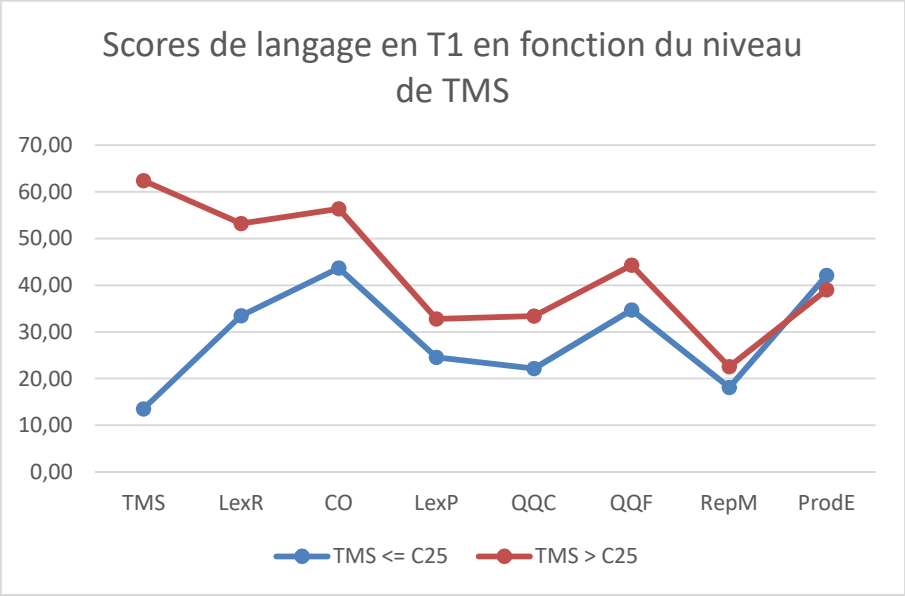
- **Contrainte TMS en T1 et scores de langage en T2 puis en T1:**

	Nombre de sujets - âge		T1	T2						
			TMS	LexR	CO	LexP	QQC	QQF	RepM	ProdE
TMS <= C25	11 3,20 ans	moyenne	14	64	74	38	35	51	34	56
		écart type	9	20	22	28	23	34	19	31
		min	3	38	18	3	3	3	1	3
		max	25	90	97	75	63	97	63	90
TMS > C25	25 3,32 ans	moyenne	62	63	77	46	46	50	39	56
		écart type	0	24	23	28	28	28	28	29
		min	0	3	10	3	3	3	3	3
		max	0	97	97	97	97	97	97	97



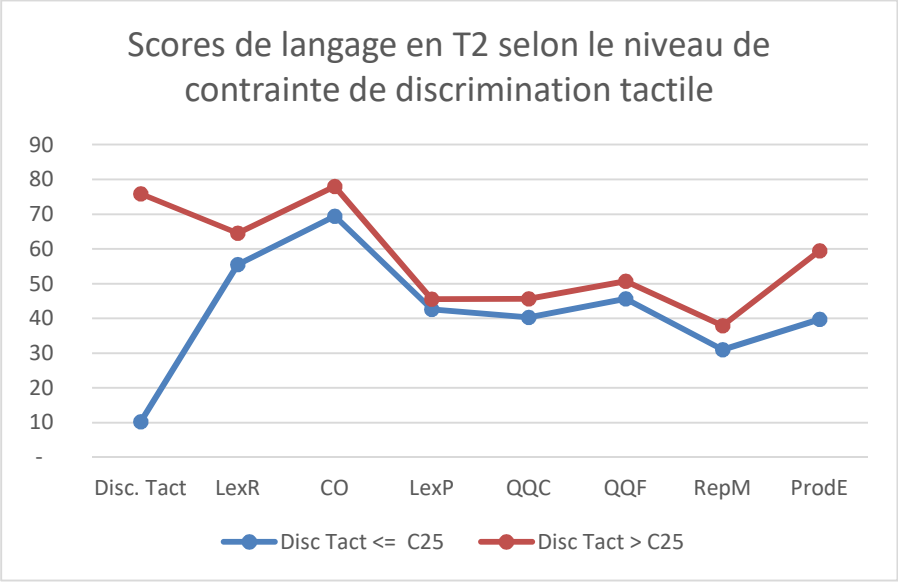
Les liens entre le transfert de modalités sensorielles et le langage sont plus visibles au T1, comme le suggérait également l'analyse de corrélation :

	Nombre de sujets - âge		T1	T1						
			TMS	LexR	CO	LexP	QQC	QQF	RepM	ProdE
TMS <= C25	11 3,20 ans	moyenne	14	34	44	25	22	35	18	42
		écart type	9	28	25	17	15	25	14	24
		min	3	3	3	3	3	3	3	3
		max	25	90	83	63	50	90	48	75
TMS > C25	25 3,32 ans	moyenne	62	53	56	33	33	44	23	39
		écart type	0	27	27	25	27	23	19	24
		min	0	7	10	3	3	3	3	3
		max	0	90	97	90	90	90	75	90



- **Contrainte Discrimination tactile en T1 et scores de langage en T2 :**

Disc. Tact	Nombre de sujets		T1	T2						
			Disc. Tact	LexR	CO	LexP	QQC	QQF	RepM	ProdE
<= C25	9	moyenne	10	56	69	43	40	46	31	40
		écart type	8	22	22	32	31	34	23	31
		min	3	25	18	3	3	3	1	3
		max	25	97	97	97	97	97	83	97
> C25	35	moyenne	76	65	78	46	46	51	38	59
		écart type	26	23	23	26	25	29	27	27
		min	38	3	10	3	3	3	3	3
		max	97	90	97	97	97	97	97	97



NB : Le groupe avec une contrainte tactile est de faible effectif (9 sujets). Un de ces 9 sujets a un profil qui s'échelonne entre C 75 pour la phonologie et C97 pour les autres scores. Il augmente donc les scores moyens de ce sous-groupe. Ses compétences sensori-motrices sont bonnes en dehors d'une contrainte de discrimination tactile à C3, vraisemblablement en lien avec la moindre performance en phonologie.

Annexe 14 : Analyse rétrospective sur scores de langage chutés en T2

n=18	RepM T2	RepM T1			Praxies BF (total)			Attention			TMS			Disc. Tactile			Graphisme			Disc. Auditive		
		Nbre	% RepM T2	% des scores <= C25	Nbre	% RepM T2	% des scores <= C25	Nbre	% RepM T2	% des scores <= C25	Nbre	% RepM T2	% des scores <= C25	Nbre	% RepM T2	% des scores <= C25	Nbre	% RepM T2	% des scores <= C25	Nbre	% RepM T2	% des scores <= C25
<= C25	**18**	15	83%	47%	3	17%	50%	8	44%	35%	3	17%	27%	7	39%	78%	14	78%	52%	7	39%	70%
dont **<= C10**	**10**	14			3			1			1			4			11			7		
																	1 manquant			11 manquants		

n=18	LexP T2	LexP T1			Praxies BF (total)			Attention			TMS			Disc. Tactile			Graphisme			Disc. Auditive		
		Nbre	% RepM T2	% des scores <= C25	Nbre	% LexP T2	% des scores <= C25	Nbre	% LexP T2	% des scores <= C25	Nbre	% LexP T2	% des scores <= C25	Nbre	% LexP T2	% des scores <= C25	Nbre	% LexP T2	% des scores <= C25	Nbre	% LexP T2	% des scores <= C25
<= C25	**18**	17	94%	57%	4	22%	67%	11	61%	48%	6	33%	55%	7	39%	78%	10	56%	37%	4	22%	40%
dont **<= C10**	**7**	7			3			6			3			4			3			4		
																	5 manquants			14 manquants		

n=11	ProdE T2	ProdE T1			Praxies BF (total)			Attention			TMS			Disc. Tactile			Graphisme			Disc. Auditive		
		Nbre	% RepM T2	% des scores <= C25	Nbre	% ProdE T2	% des scores <= C25	Nbre	% Prod E T2	% des scores <= C25	Nbre	% ProdE T2	% des scores <= C25	Nbre	% ProdE T2	% des scores <= C25	Nbre	% ProdE T2	% des scores <= C25	Nbre	% Prod E T2	% des scores <= C25
<= C25	**11**	9	82%	45%	2	18%	33%	6	55%	26%	2	18%	18%	5	45%	56%	8	73%	30%	4	36%	40%
dont <= C10	**7**	3			2			2			2			3			7			4		
																	2 manquants			7 manquants		

Normandie Université

Recherche de la validité prédictive d'une évaluation conjointe du langage et des habiletés sensori-motrices d'une population d'enfants de 3 - 4 ans

Présenté et soutenu par

Anne LUTHRINGER - FORTIER

Résumé

A la suite d'une évaluation de langage d'enfants de 3 ans, la question du pronostic et du projet de prise en charge thérapeutique se pose pour les enfants avec des fragilités langagières. Sachant que le langage se développe sur la base d'habiletés sensori-motrices, notre étude historico-prospective a cherché à démontrer si une évaluation concomitante du langage et de ces habiletés permettait d'apporter des facteurs prédictifs du niveau de langage à un horizon d'environ 6 mois à un an. L' analyse de ces évaluations, réalisées sur une population de 48 enfants d'âge moyen de 3;04 ans au temps 1 de l'évaluation, a permis de mettre en évidence des corrélations significatives entre les compétences visuo-attentionnelles du temps 1 et les compétences langagières à la fois au temps 1 et au temps 2 de nos évaluations. De plus, le sous-groupe de sujets présentant une contrainte en motricité fine (graphisme), en discrimination tactile ou en transfert de modalités sensorielles tend à obtenir des scores moyens inférieurs en langage au temps 2. Cette évaluation conjointe apporte donc bien des éléments contributifs pour l'établissement du projet de soins à court terme.

Mots clés :	Langage oral, neuro-développement, habiletés sensorielles, habiletés motrices, attention visuelle, transfert de modalités sensorielles, évaluation du langage d'enfants d'âge PSM, pronostic, prévention

Predictive value of a combined language and sensorimotor skills evaluation in a cohort study of 3 to 4 year old children - Summary

When evaluating speech and language of three year old children, it can be challenging to find a prognosis and decide on a therapeutic project for those with mild difficulties. As we know that language primarily develops by the neuronal connections activated by sensorimotor skills, this historico- prospective study intends to explore if a combined evaluation of language and sensorimotor skills could bring forward predictive factors regarding language development within the following six months to one year. Our cohort study consisted of forty-eight children aged 3 years and 4 months old on average at the start of the evaluation. Data analysis showed some significant statistical correlations between visuo-attentional skills measured at baseline and language results both at baseline and follow up. When splitting our cohort into two subgroups by ability level, some links appear between follow up language scores and other sensorimotor skills, particularly in fine motor skills, in somatosensory discrimination and in cross-modal perceptions. Therefore, the combined evaluation of language and sensorimotor skills can benefit the decision regarding an appropriate short term therapeutic project.

Key words:	Language, neuro-development, sensory perception, motor skills, visual attention, cross-modal perception, language diagnosis for pre-school children, prognosis, prevention

Mémoire dirigé par Madame Marie-Hélène STUMPF, Orthophoniste au CRTLA, CHU Rouen

UNIVERSITÉ DE ROUEN NORMANDIE

UFR Santé

Département d'orthophonie