



faculté de  
**M**édecine et  
de **P**harmacie



**UNIVERSITE DE POITIERS**  
**Faculté de médecine et de pharmacie**  
**Centre de formation en orthophonie**

Année universitaire 2017-2018

**MEMOIRE**

en vue de l'obtention du certificat de capacité d'orthophonie

Présenté par

Mathilde LE GALL

Soutenu publiquement en juin 2018

**COMPREHENSION DES VERBES D'ACTION**  
**CHEZ LES ENFANTS**

Directrice du mémoire :

Mme Christel BIDEI-ILDEI, Maître de Conférences - Habilitation à Diriger des Recherches (HDR) - Faculté des Sciences du Sport, Université de Poitiers

Membres du jury :

Mme Christel BIDEI-ILDEI, Maître de Conférences - Habilitation à Diriger des Recherches (HDR) - Faculté des Sciences du Sport, Université de Poitiers

M. François RIGALLEAU, Professeur à l'Université de Poitiers





faculté de  
**M**édecine et  
de **P**harmacie



**UNIVERSITE DE POITIERS**  
**Faculté de médecine et de pharmacie**  
**Centre de formation en orthophonie**

Année universitaire 2017-2018

**MEMOIRE**

en vue de l'obtention du certificat de capacité d'orthophonie

Présenté par

Mathilde LE GALL

Soutenu publiquement en juin 2018

**COMPREHENSION DES VERBES D'ACTION**  
**CHEZ LES ENFANTS**

Directrice du mémoire :

Mme Christel BIDEI-ILDEI, Maître de Conférences - Habilitation à Diriger des Recherches (HDR) - Faculté des Sciences du Sport, Université de Poitiers

Membres du jury :

Mme Christel BIDEI-ILDEI, Maître de Conférences - Habilitation à Diriger des Recherches (HDR) - Faculté des Sciences du Sport, Université de Poitiers

M. François RIGALLEAU, Professeur à l'Université de Poitiers

## Remerciements

---

Je tiens à remercier, tout particulièrement, ma directrice de mémoire Madame Christel Bidet-Ildei, pour la confiance qu'elle m'a accordée, ses critiques avisées, son investissement et sa disponibilité.

Je remercie également M. Rigalleau pour avoir accepté de faire partie de mon jury de soutenance et pour l'intérêt qu'il a porté à mon travail.

Bien évidemment, je remercie les enseignants et la direction des écoles quimpéroises Saint-Corentin, Saint-Julien et Sainte-Thérèse pour leur accueil qui m'a permis de réaliser sereinement les passations nécessaires à ce travail de fin d'étude. Je suis reconnaissante envers les enfants et leurs parents qui ont accepté de participer à la réalisation de ce mémoire et sans qui ce travail n'aurait pu aboutir.

Une pensée à tous mes camarades de la Promotion Temple Grandin 2013-2018, et futurs collègues qui m'ont accompagnée pendant ces 5 années. Un remerciement tout particulier à mes colocataires d'amour, Anne et Solène, et également à Mathilde pour avoir égayé mon quotidien poitevin. Merci pour tous les moments passés ensemble et ceux à venir !

Je tiens également à remercier ma famille et mes amis, et particulièrement mes parents et mon frère Hervé auxquels je dois beaucoup. Je ne serai pas en passe de venir orthophoniste sans la patience et le soutien qu'ils me témoignent depuis le début de mes études.

## Table des matières

---

<b>A. Introduction</b>	<b>1</b>
<b>B. Partie théorique</b>	<b>2</b>
<b>I. Théories sur la compréhension du langage</b>	<b>2</b>
1.1. <i>Les théories de la compréhension du langage</i>	2
1.2. <i>La théorie de la cognition incarnée</i>	3
<b>II. Lien action-langage</b>	<b>4</b>
2.1. <i>Preuves comportementales en faveur du lien action-langage</i>	5
2.2. <i>Preuves neuropsychologiques en faveur du lien action-langage</i>	6
2.3. <i>Preuves neurophysiologiques en faveur du lien action-langage</i>	7
<b>III. Théories explicatives du lien action-langage</b>	<b>9</b>
3.1. <i>Théorie évolutionniste</i>	9
3.2. <i>Théorie associationniste</i>	11
<b>C. Problématique et hypothèse</b>	<b>14</b>
<b>D. Méthode</b>	<b>15</b>
<b>I. Les participants</b>	<b>15</b>
<b>II. Les épreuves</b>	<b>15</b>
2.1. <i>Tâche implicite d'activation des représentations sensori-motrices</i>	15
2.2. <i>Reconnaissance de verbes</i>	17
2.3. <i>Epreuve motrice</i>	18
<b>III. Analyse des données</b>	<b>19</b>
<b>E. Résultats</b>	<b>20</b>
<b>I. Résultats de la tâche d'activation implicite des représentations sensori-motrices</b>	<b>20</b>
<b>II. Résultats de la tâche de reconnaissance de verbes</b>	<b>21</b>
<b>III. Résultats de l'épreuve motrice</b>	<b>22</b>
<b>IV. Corrélations entre les tâches</b>	<b>24</b>
<b>F. Discussion</b>	<b>25</b>
<b>G. Conclusion</b>	<b>30</b>
<b>H. Bibliographie</b>	<b>31</b>
<b>I. Annexes</b>	<b>35</b>

## A. Introduction

---

L'intérêt des penseurs pour le lien existant entre le langage et le corps remonte à plusieurs siècles, avec la domination d'une pensée dualiste, séparant l'esprit du corps. Bien que l'implication de l'activité cellulaire au cours de toute activité, y compris cognitive, ait été établie, la cognition sera encore, pendant de nombreuses années, limitée par une organisation modulaire et amodale.

L'émergence des théories en faveur d'un lien entre notre corps et notre esprit cognitif et émotionnel remet en cause les conceptions antérieures. Dans cette approche « incarnée » de la cognition, toutes les fonctions cognitives sont associées au corps par les expériences motrices et sensorielles individuelles. De nombreuses études se sont intéressées à démontrer l'existence de ce lien entre l'action et le traitement du langage chez les adultes. Cependant, des débats théoriques quant aux mécanismes sous-tendant le lien action-langage demeurent. Par ailleurs, de rares travaux se sont penchés sur la présence de ce lien chez les enfants. Ainsi, bien qu'un lien précoce entre le traitement des verbes et les régions motrices ait été démontré chez des sujets de 5 ans, le développement du lien action-langage au cours de l'enfance reste à déterminer.

Au travers de ce mémoire, nous cherchons donc à mettre en évidence la trajectoire développementale du lien action-langage et son automatisisation chez les enfants. Notre objectif est de mettre en lumière l'existence du lien action-langage par la présence d'un effet de congruence mesurable dès l'âge préscolaire et qui se renforce avec l'âge.

Dans un premier temps, nous présenterons les théories récentes sur la compréhension du langage. Nous nous intéresserons particulièrement aux théories ayant une vision plus « incarnée » du langage et qui soutiennent l'idée selon laquelle un lien existe entre le traitement des mots d'action et l'action elle-même, qu'elle soit produite ou simplement perçue.

Dans un second temps, nous présenterons les différentes études et travaux en faveur du lien action-langage et illustrant la dépendance du corps sur la cognition et donc sur le langage.

Enfin, nous exposerons les deux théories qui tentent d'expliquer les mécanismes sous-tendant le lien action-langage, encore débattus aujourd'hui.

## B. Partie théorique

---

### I. LA COMPREHENSION DU LANGAGE

La compréhension du langage intéresse les chercheurs et les penseurs depuis des siècles. Jusqu'à récemment, les opinions dominantes dans la philosophie de l'esprit et la science cognitive, ont considéré le corps comme périphérique à la compréhension de la nature de l'esprit et à la cognition (Wilson, 2002). Cependant, depuis les années 90, les incohérences de ces théories cognitives traditionnelles et l'étude de certains phénomènes ont mené à la création d'un débat autour de la cognition incarnée (Barsalou, 1999). En effet, dans cette conception, la nature de la dépendance de la cognition sur le corps suggère de nouvelles façons de conceptualiser et d'explorer les mécanismes qui sous-tendent le traitement cognitif.

#### 1.1. Les théories sur la compréhension du langage

La conception dualiste du corps séparé de l'esprit a longtemps été prégnante dans les réflexions des penseurs sur la cognition. Avec l'apparition du monisme (Wolff, 1728), les chercheurs se sont accordés sur le fait que toute activité, qu'elle soit mentale ou physique, découle de l'activité cellulaire. Cependant, cette conception reste limitée car des théoriciens, et notamment Fodor (1983), soutiennent l'idée selon laquelle des systèmes modulaires, indépendants et spécifiques au domaine, fonctionneraient selon une hiérarchie de traitement. Le cerveau humain fonctionnerait comme un ordinateur. Le traitement du langage ne serait alors pas modulé par l'information motrice et les connaissances de base. Les représentations internes seraient liées de façon symbolique et abstraite à un référent et sont donc séparées de l'expérience corporelle. Ainsi, selon les théories cognitives classiques, les représentations des mots dans le cerveau sont abstraites, amodales et indépendantes des propriétés sensorimotrices des objets auxquels elles se réfèrent. Elles considèrent que le traitement et donc la compréhension du langage ne dépendent pas de régions cérébrales associées à une modalité perceptuelle, ni au système moteur (Bedny & Caramazza, 2011).

Une autre vision plus « incarnée » du corps émerge dans les années 90. Elle conteste les théories classiques et affirme que les structures non-neuronales ne sont pas des ressources secondaires mais qu'elles favorisent l'acquisition et le développement de capacités psychologiques spécifiques, dont celles qui interviennent dans le langage et le traitement

perceptif et émotionnel (Damasio, 1994). Le corps n'est plus distinct de l'esprit puisque la cognition incarnée souligne l'importance des processus corporels dans la cognition avec un ancrage des processus cognitifs dans le système sensori-moteur (Barsalou, 1999). Cette approche postule que le traitement du langage et de ses référents est réalisé à travers des circuits neuronaux partagés et sous-entend un ancrage des concepts et du sens des mots dans les expériences perceptuelles et motrices (Pulvermuller, 2005). La compréhension du langage serait donc étroitement liée aux processus sensoriels et moteurs. En effet, l'expérience incarnée a montré que comprendre le sens d'une phrase nécessite de connaître les possibilités permises par les objets mentionnés (Kaschak & Glenberg 2000). Or, de nombreuses études ont montré que ces possibilités sont limitées par l'interaction entre les objets et les capacités corporelles de l'individu, ce qui implique la contribution de processus sensori-moteurs à la compréhension du langage (Wilson, 2002). De même, l'individu peut comprendre un comportement intentionnel s'il sait corporellement et/ou expérimentalement ce que c'est qu'être dans cet état mental (Rizzolatti & Craighero 2004).

D'après ce courant théorique, la compréhension est donc liée à l'action et, de manière générale, le langage est compris en amenant le cerveau à la production d'un état analogue à celui d'une perception concrète, qu'il s'agisse d'une action, d'une perception ou d'une émotion. Cela suggère donc l'intervention de représentations motrices communes (Aziz-Zadeh & Damasio, 2008), activées soit par simulation motrice, c'est-à-dire de façon implicite, soit par imagerie motrice, de façon explicite. L'imagerie motrice est une forme particulière de représentation interne statique d'informations spécifiques stockées en mémoire. Il s'agit d'une simulation mentale de l'action qui se fait indépendamment de sa réalisation effective, grâce à une activation interne d'actions motrices (Denis, 1989).

## 1.2. La théorie de la cognition incarnée

La cognition incarnée est la théorie selon laquelle des processus cognitifs de toutes sortes sont ancrés dans la perception et l'action (Barsalou 1999 ; Wilson 2002). Elle considère la cognition comme le produit d'une interaction dynamique entre des processus neuronaux et non-neuronaux, sans qu'il n'y ait de rupture entre la cognition, l'expérience corporelle de l'individu et les contextes de la vie. Ainsi, les caractéristiques de la cognition incarnée sont dépendantes des caractéristiques du corps d'où la nécessité de considérer l'individu dans son ensemble pour rendre compte de ses capacités cognitives.

Depuis plusieurs années, cette conception théorique s'est largement développée et de nombreuses études sont venues soutenir et illustrer le fait que le corps joue un rôle fondamental dans le traitement cognitif (Wilson, 2002). Elles ont permis de distinguer 3 rôles du corps appuyant l'idée d'une dépendance de la cognition sur le corps.

Le corps comme contrainte : il fonctionne pour contraindre significativement la nature et le contenu des représentations traitées par le système cognitif d'un individu (Glenberg et al, 2009). Ainsi, on peut observer une variation cognitive selon les différences corporelles individuelles. Le corps comme distributeur : le corps fonctionne pour distribuer la charge de la représentation entre les structures neuronales et non neuronales, c'est-à-dire entre le cerveau et le corps (Glenberg, 1997). Les structures neuronales sont donc moins impliquées que ce qui était initialement pensé. Les systèmes cognitifs peuvent donc être à la fois sous-tendus par les structures cérébrales et par des parties non neuronales du corps voire par l'environnement extérieur. Le corps comme régulateur : Le corps peut intégrer des informations complexes et changeantes, issues de l'environnement, pour les transférer aux structures cognitives et ensuite produire des comportements à partir d'un traitement cognitif interne. Grâce à un feedback dans le traitement cognitif, le corps peut fonctionner comme un régulateur de l'activité cognitive en temps réel (Port & van Gelder, 1995). Ce rôle de rétroaction dans le traitement cognitif, permet de s'assurer que la cognition et l'action sont étroitement coordonnées.

## II. LIEN ACTION-LANGAGE

Dans le cadre de cette nouvelle approche incarnée du langage, de nombreuses expériences se sont intéressées au lien pouvant exister entre le traitement des mots d'action et les actions elles-mêmes. Elles ont mis en lumière l'existence d'un lien très étroit entre ces deux activités et soutiennent l'idée que les mêmes systèmes sont recrutés pour le traitement conceptuel des mots et pour le traitement de leurs référents dans l'environnement. Cela suggère donc que les représentations des mots et de leurs concepts sont fonction des expériences sensori-motrices liées au référent. Toutefois, l'implication des structures sensorielles ou motrices dans le traitement des mots est prouvée de façon indirecte. En effet, les données à notre disposition, dont nous présenterons quelques exemples, sont uniquement comportementales, neuropsychologiques et neurophysiologiques.

## 2.1. Preuves comportementales en faveur du lien action-langage

Des études ont apporté en abondance des preuves comportementales de l'existence du lien entre l'action et le traitement des verbes d'action. Boulenger et collaborateurs (2006) se sont notamment intéressés à l'impact du traitement des verbes d'action (« marcher » par exemple) et des noms concrets, se référant à des entités non manipulables (« étoile » par exemple), sur l'exécution d'un mouvement de préhension d'objet. L'étude était composée de deux expériences. Au cours de la première, les participants devaient déclencher le mouvement de préhension lorsqu'une croix de fixation apparaissait à l'écran et était suivie de la présentation du stimulus. S'il s'agissait d'un mot (verbe ou nom), ils devaient continuer le mouvement. Dans le cas contraire (pseudo-mot), ils devaient stopper le mouvement. Dans la seconde expérience, ils devaient déclencher le mouvement au moment de l'apparition du stimulus à l'écran. Ainsi, les deux activités étaient soit concomitantes (expérience 1), soit consécutives (expérience 2). Les résultats ont montré une détérioration de la cinématique du mouvement, à savoir moins d'amplitude et un temps de latence plus important, uniquement pour les verbes d'action lorsque le traitement du langage est simultané à la réalisation motrice. Ainsi, le traitement des verbes d'action a un effet d'interférence sur la performance motrice. En revanche, les verbes d'action sont facilitateurs du mouvement lorsqu'ils sont traités avant la réalisation motrice. Cette diaphonie, c'est-à-dire l'interférence d'un premier signal avec le second, entre le traitement langagier et la réalisation d'une action suggère un partage des ressources entre ces deux activités et donc le recrutement des mêmes systèmes neuronaux.

Un autre effet permet de prouver l'existence d'un lien entre le langage et l'action : l'effet de compatibilité d'action qui peut se retrouver au niveau de la direction du mouvement (Glenberg & Karchak, 2002) ou de l'effecteur (Scorolli & Borghi, 2007). En effet, Glenberg et Karchak ont présenté à des participants, des phrases décrivant des actions incluant un transfert « vers soi » ou « vers autrui ». Lors d'une tâche de jugement sémantique, ils devaient juger si ces phrases avaient un sens ou non en appuyant sur un bouton proche ou éloigné d'eux. Un effet de facilitation (temps de réponse plus courts) a été noté lorsque la direction des actions évoquées correspondait à la réponse motrice qui s'en suit (action dirigée « vers soi » suivie d'un appui sur le bouton proche de soi, par exemple). De plus, Scorolli et Borghi ont prouvé que cet effet de compatibilité d'action était sensible à l'effecteur. Ils ont demandé à des sujets de juger si des phrases étaient cohérentes soit en appuyant sur une pédale, soit en répondant verbalement (« oui »). Les temps de réponse étaient plus courts lorsque l'effecteur de l'action énoncée était congruent avec l'effecteur de la réponse (par exemple, phrase avec action du pied et réponse

par appui sur la pédale). Ces études démontrent donc que la compréhension du langage est affectée par les mécanismes moteurs.

## 2.2. Preuves neuropsychologiques en faveur du lien action-langage

L'existence du lien action-langage a également été établie à travers l'étude de patients. En effet, une thérapie par observation d'actions a eu un impact bénéfique auprès de patients présentant des troubles du langage telle qu'une aphasie non-fluente (Marangolo & Caltagirone, 2014), caractérisée par une réduction importante du langage. Cette rééducation intensive (trois séances de 30 à 45 minutes par jour, pendant deux semaines consécutives) consistait en l'observation d'actions humaines. Elle a ainsi permis d'améliorer significativement la production des verbes chez des patients, avec un maintien de l'effet deux mois après la fin de la thérapie (Marangolo et al, 2010). Cela confirme donc le lien entre l'observation d'actions et le traitement des verbes d'action. En outre, l'amélioration des performances verbales des patients semble contrainte par le type d'action présentée. Seule la présentation d'actions humaines (comme « la marche ») permettraient d'améliorer significativement leur capacité à produire des verbes d'action (Marangolo, Cipollari, Fiori, Razzano & Caltagirone, 2012). La spécificité du lien action-langage serait donc liée au fait que les actions appartiennent au répertoire moteur des participants, ce qui est en faveur de l'intervention d'une simulation motrice de l'action au cours du traitement de verbes d'action (Pulvermüller, 2005).

Ce lien a également été démontré, cette fois, chez des patients présentant des troubles moteurs tels que la maladie de Parkinson (Boulenger et al, 2008). Une étude a cherché à comparer la capacité à traiter des verbes d'action et des noms concrets, chez dix sujets contrôles, appariés en âge, genre, niveau d'éducation et statut socio-économique et chez dix patients atteints d'une maladie de Parkinson et traités au Levodopa. Ces derniers étaient évalués deux fois dans la même journée : une première fois en condition « off », c'est-à-dire sans prise de traitement au cours des 12h précédant la passation, puis une seconde fois en condition « on », soit une heure après la prise d'une dose supraliminaire de Levodopa. Les sujets devaient effectuer une tâche de décision lexicale : évaluer si un ensemble de lettres correspondait ou non à un mot existant dans la langue française. Parmi les mots, on distinguait les verbes d'action qui sollicitaient la main ou le bras (« écrire » par exemple) des mots concrets mais qui ne se référaient pas à des entités manipulables (« cabanon »). De plus, une amorce de 50 ms leur était présentée avant la tâche. Elle pouvait être identique ou différente de la cible, il s'agissait dans

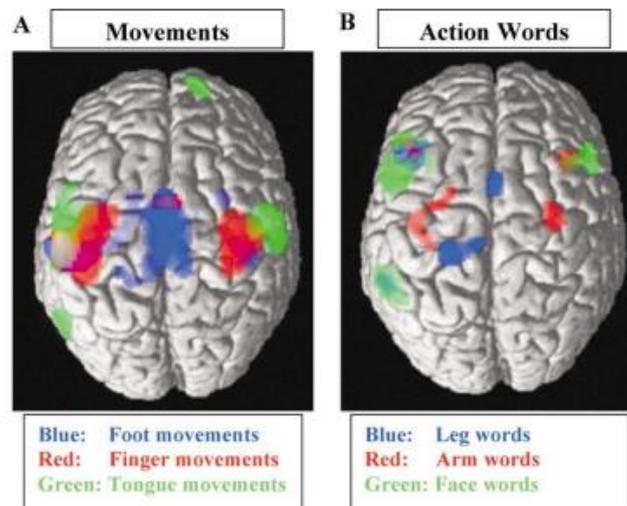
ce cas d'une suite de consonnes imprononçables. Les résultats de l'étude de Boulenger et collaborateurs ont permis de montrer une diminution des temps de réponse, lorsque les amorces sont identiques, pour la reconnaissance des mots concrets et des verbes chez les sujets sains. En revanche, chez les patients présentant une maladie de Parkinson, en condition « off » les temps de réponse sont très élevés peu importe le type de mots à juger et on trouve un effet d'amorce uniquement lors de la présentation de noms concrets. En condition « on », par contre, une diminution significative des temps de réponse est observée, de même qu'un effet d'amorçage pour les noms concrets et les verbes. Il est intéressant de noter que l'augmentation des performances sur le jugement des verbes d'action concordait avec l'augmentation des capacités motrices des patients. Ainsi, cette étude explicite le fait que la capacité motrice des sujets a une influence directe sur leur capacité de traitement des verbes d'action, confirmant l'existence d'un lien action-langage.

### 2.3. Preuves neurophysiologiques en faveur du lien action-langage

Enfin, des études utilisant les techniques d'imagerie cérébrale ont confirmé l'implication du système moteur lors du traitement de mots en lien avec l'action.

Dans leur étude incontournable, Hauk, Jonhstrude et Pulvermüller (2004) ont comparé, grâce à l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), l'activité cérébrale de quatorze sujets pendant qu'ils lisaient des verbes d'action ou effectuaient un mouvement. Les verbes présentés impliquaient soit l'action de la main (par exemple « pincer »), soit celle du pied (« frapper ») ou du visage (« lécher »). L'analyse de l'activité cérébrale lors de la lecture des verbes d'action a montré une activation du cortex frontal inférieur gauche, des cortex moteur et pré-moteur, en plus des activations retrouvées habituellement lors du traitement de mots écrits (gyrus fusiforme gauche et cortex temporal inférieur gauche). Cela confirme ainsi l'implication du système moteur lors du traitement de verbes d'action et permet également de mettre en évidence une somatotopie des activations cérébrales liées au traitement des verbes d'action en montrant des activations communes lors de leur traitement et lors de la production d'actions sollicitant les mêmes parties du corps (voir Figure 1). En outre, des études en électroencéphalographie (EEG) ou magnétoencéphalographie (MEG) ont prouvé qu'une dissociation d'activations cérébrales, selon la catégorie sémantique, survient au début du traitement, environ 150-200 ms après l'apparition du stimulus (Moseley et al., 2013). Ainsi, les

mots liés à l'action ont le plus fortement activé les zones motrices fronto-centrales tandis que les mots « objets » activent le cortex occipito-temporal.



*Figure 1 : Résultats obtenus dans l'étude de Hauk, Johnsrude et Pulvermüller (2004)*

*Activation hémodynamique A) au cours de mouvements impliquant la langue (vert), les doigts (rouge) et le pied (bleu). Et B) pendant la lecture de mots d'action impliquant le visage (vert), les bras (rouge) et les jambes (bleu). Adapté de « Somatotopic representation of action words in human motor and premotor cortex » de Hauk, Johnsrude & Pulvermüller, 2004, Neuron, p301-307. Copyright 2004 par Cell Press.*

Tettamanti et collaborateurs (2005) sont venus conforter ces résultats, en montrant que l'écoute de phrases, soit la perception auditive, décrivant des actions réalisées par différents effecteurs (bouche, main, jambe), entraînait également une activation somatotopique des régions corticales motrices et prémotrices.

Par ailleurs, une étude de Aziz-Zadeh et collaborateurs (2006) a cherché à prouver une équivalence entre le traitement des verbes d'action et l'observation d'actions. Pour cela, douze participants adultes ont lu des phrases contenant des verbes d'action sollicitant la bouche, les mains ou les pieds, puis observé des actions impliquant ces mêmes parties du corps. L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) a montré une activation des aires visuelles corticales et sous-corticales pendant l'observation des actions et la lecture, avec une activation plus marquée dans la voie dorsale pour l'observation. De plus, l'observation d'actions impliquerait également l'activation bilatérale du cortex pré-moteur ventral. En revanche, la

lecture impliquait des activations conséquentes au niveau du gyrus frontal inférieur, du cortex pré-moteur gauche, et du gyrus pré-central à gauche ainsi que des activations plus modérées au niveau du gyrus frontal inférieur droit. Ainsi, la comparaison des activations lors de ces deux tâches a permis de mettre en évidence une équivalence entre le traitement des verbes d'action et l'observation d'actions au niveau du cortex prémoteur de l'hémisphère gauche. Les zones prémotrices, avec l'implication du système de neurones miroirs, jouent donc un rôle essentiel dans le traitement des actions, que le mode de présentation soit visuel ou linguistique. Cela confirme le lien existant entre observation d'actions et traitement des verbes d'action.

### III. THEORIES EXPLICATIVES DU LIEN ACTION-LANGAGE

Des preuves comportementales, neuropsychologiques et neurophysiologiques ont ainsi permis de prouver l'existence du lien entre le traitement des verbes d'action et l'action, qu'elle soit produite, simulée ou seulement observée. Cependant, les mécanismes sous-tendant l'existence de ce lien sont encore actuellement débattus. Il s'agira dans cette partie de présenter les deux théories tentant d'expliquer ce lien action-langage.

#### 3.1. Théorie évolutionniste

La théorie évolutionniste se base sur le système de neurones miroirs. Ces neurones miroirs sont une catégorie particulière de neurones visuo-moteurs, initialement découverts chez le singe, dans la zone F5 du cortex prémoteur. Ils se déchargent lorsque le singe fait une action particulière et lorsqu'il observe une action similaire effectuée par un autre individu (singe ou humain) (Rizzolatti et al, 1996 ; Gallese et al, 1996). Bien qu'il n'y ait aucune preuve directe de l'existence de ces neurones miroirs chez l'homme, des études d'imageries fonctionnelles ont révélé l'activation d'un homologue probable à la zone F5 du singe. En effet, le cortex moteur devient actif lors de l'observation d'une action réalisée par un autre individu, et ce en l'absence de toute activité motrice. Un réseau complexe, formé de zones visuelles occipitales, temporales et pariétales et de deux régions corticales – partie rostrale du lobule pariétal inférieur et la partie inférieure du gyrus précentral, plus la partie postérieure du gyrus frontal inférieur – formant le noyau de ce système miroir et dont la fonction est principalement motrice, est alors activé (Rizzolatti et al., 1996).

Ces neurones miroirs auraient un rôle fonctionnel au niveau de la compréhension de l'action, l'imitation, la compréhension de l'intention et l'empathie (Rizzolatti & Craighero, 2004). L'action du système moteur est nécessaire à la reconnaissance d'une action. En effet, une simple perception visuelle, sans implication du système moteur, n'apporterait qu'une description des aspects visibles des mouvements du sujet. Aucune information sur les composantes intrinsèques de l'action observée, sur les moyens de la réaliser, et sur d'éventuels liens avec d'autres actions ne serait fournie. Ainsi, l'intégration de l'action observée, au sein d'un réseau sémantique moteur, serait nécessaire à une compréhension « réelle » de l'action.

L'activation du système miroir lors de l'observation d'actions permettrait de fournir une copie motrice des actions observées, on peut alors également le qualifier de système de résonance motrice (Rizzolatti & Craighero, 2004). Il serait donc impliqué dans la répétition immédiate d'actions effectuées par d'autres (Iacobini, 1999), ainsi que dans l'apprentissage par imitation (Nishitani & Hari, 2000). Les actions appartenant au répertoire moteur de l'observateur seraient cartographiées dans son système moteur. En revanche, celles qui n'y appartiennent pas, n'activeraient pas le système moteur de l'observateur et sembleraient être reconnues essentiellement sur une base visuelle, sans implication motrice (Rizzolatti & Craighero, 2004). Ainsi, lorsqu'un individu voit un événement moteur partageant les caractéristiques d'un autre événement moteur présent dans son répertoire moteur, il est prêt à le répéter et plus apte à l'interpréter.

De plus, ce système faciliterait également la compréhension des intentions d'autrui par une activation sélective de la zone 44 et du secteur adjacent du cortex prémoteur ventral (Iacoboni et al, 2005).

En outre, Rizzolatti et Arbib (1998) ont suggéré que ce système de neurones miroir représente le mécanisme à partir duquel le langage s'est développé. Ils avancent l'idée de l'existence d'un mécanisme neurophysiologique qui pourrait créer un lien sémantique commun et non arbitraire entre les individus. Le fait que les gestes de la main et de la bouche, ce qui inclut les mouvements oro-laryngés nécessaires à la production de la parole, soient étroitement liés chez l'homme, soutient ce point de vue selon lequel le discours a évolué principalement à partir de la communication gestuelle. De plus, ce système inclut un mécanisme d'écho-neurones permettant de faire "résonner", de façon motrice, le matériel verbal lors de son écoute. Ainsi l'écoute de stimuli verbaux décrivant des actions active des centres moteurs liés à la parole grâce à des circuits visuo-moteurs qui sous-tendent la représentation de l'action.

Cependant, ce système de neurones miroirs n'explique pas, à lui seul, l'immense complexité du langage et du discours. Il n'explique pas non plus comment il est devenu un système ouvert capable de décrire des actions et des objets sans se référer directement à eux. Il est probable que ce passage d'un système fermé à un système de neurones miroirs communicatif dépende de l'évolution de l'imitation (Arbib 2002) et des différences entre les propriétés du système humain par rapport à celui des singes. En effet, le système de neurones miroirs humain possède en plus la capacité de répondre aux pantomimes – qui sont des attitudes, mimiques accompagnant le discours ou le remplaçant et pouvant aller jusqu'à une gesticulation exacerbée – (Buccino et al., 2001), à traiter des actions intransitives sans signification, c'est-à-dire n'admettant pas de complément d'objet, direct ou indirect (Fadiga et al., 1995), ainsi que la capacité de coder les détails de l'action observée.

Pour conclure, l'hypothèse évolutionniste postule que le système de neurones miroirs sous-tend à la fois la compréhension des actions observées et le traitement du langage. Ainsi, l'apprentissage de la sémantique serait directement relié à celui des gestes utilisés dans la communication (Rizzolatti & Arbib, 1998). Selon cette conception, le lien action-langage serait inné.

### 3.2. Théorie associationniste

D'après la théorie associationniste, l'activation motrice relèverait d'associations multiples entre le traitement des mots et l'activation motrice (Pulvermüller, 2005). Les mots d'action sont définis par des liens sémantiques abstraits entre les éléments langagiers et les programmes moteurs. Le lien action-langage s'expliquerait alors par un simple apprentissage associatif. En effet, les mots d'action (principalement les verbes) sont souvent acquis et vécus dans un contexte de performance motrice des actions décrites (Goldfield, 2000). Progressivement, ces associations répétées entraîneraient une co-activation des circuits neuronaux liés au traitement du langage et de la motricité selon un modèle d'interaction distribué (Pulvermüller, 1999; Pulvermüller, Hauk, et al., 2005). Le programme moteur et la représentation neuronale du mot seraient donc activés simultanément dans le cortex, de sorte que les connexions neuronales dans les zones motrices et prémotrices spécifiques et celles dans les zones linguistiques se renforceraient jusqu'à conduire à la formation d'assemblages neuronaux (Hebb, 1949).

Pulvermüller a donc suggéré que les réseaux de neurones, y compris les zones linguistiques périsylviennes et les zones motrices émergent avec l'expérience associative. Grâce à ces circuits partagés, percevoir un mot d'action déclenchera alors automatiquement une activité dans les régions motrices du cerveau. Fait intéressant, des expériences d'apprentissage démontrent que les réponses motrices corticales aux stimuli perceptuels peuvent rapidement changer avec l'expérience (Kierfer et al, 2007). Par conséquent, il est probable de trouver des effets semblables lorsque nous apprenons à associer de nouvelles formes de mots à des actions motrices auto-exécutées.

Cette approche théorique postule que l'implication du système moteur lors du traitement d'un verbe d'action découle d'un fonctionnement intrinsèque nécessaire pour accéder au sens du mot (Barsalou, 1999). Des études ont apporté des preuves quant à l'automatisme du lien entre les activations motrices et le traitement des verbes d'action. En effet, Mollo et Pulvermuller (2015) ont étudié, grâce à un paradigme d'amorçage du mouvement, les effets de la pré-activation d'un effecteur (doigt, pied) sur le traitement sémantique. D'une part, la pré-activation des zones cérébrales liées aux mouvements des effecteurs entraînait une diminution de l'activation dans le cortex moteur ainsi que dans le lobe temporal postérieur supérieur (Zone de Wernicke) pendant le traitement subséquent de ces zones corporelles. D'autre part, les activations motrices apparaissent seulement 150-200 ms après l'apparition du mot soulignant ainsi l'implication précoce et automatique des aires motrices dans l'accès au sens.

Cette conception automatique est également confirmée par le fait que l'implication sensori-motrice liée au traitement d'un verbe d'action a lieu même lorsque la présentation du verbe est subliminale (Boulenger et al., 2008). En effet, l'activation motrice serait implicite et indépendante de l'imagerie mentale – il s'agit de la production mentale d'un mouvement, indépendamment de sa réalisation effective, grâce à une activation interne d'actions motrices - puisqu'elle se fonde sur la rapidité (moins de 200 ms) de l'intervention du système moteur (Pulvermuller, 2005) et sur des activations localisées dans un seul hémisphère (Aziz-Zadeh et al., 2006).

Enfin, d'autres éléments ont été fournis par des expériences basées sur l'utilisation de la stimulation magnétique transcrânienne (Pulvermuller, Hauk, et al., 2005) et par des études de démarche neuropsychologique (Boulenger et al., 2008) en montrant que l'intégrité et la disponibilité du système moteur est nécessaire pour traiter des verbes d'action. En effet, le

cortex pré-moteur, le cortex pré-frontal dorsal et ventral et le gyrus temporal supérieur sont impliqués dans le langage d'un point de vue neurophysiologique (Pulvermuller, 2005).

Enfin, cette conception théorique postule que le lien action-langage s'expliquerait par un apprentissage associatif et se renforcerait progressivement au cours du développement par les expériences motrices individuelles.

## C. Problématique et hypothèse

---

Le lien entre traitement du langage et action est désormais établi dans le cerveau adulte. Cependant, à ce jour, l'étude de James et Maouene (2009) est une des rares à s'être penchée sur l'état de ce lien chez les enfants dont le cerveau en développement, subit des modifications structurelles et fonctionnelles (Holland et al, 2001). Ils ont cherché quels étaient les modèles d'activation neuronale au cours du traitement de verbes chez douze enfants d'âge préscolaire (de 4 ans 2 mois à 5 ans 10 mois), en utilisant l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf). Les enfants devaient écouter passivement des listes de verbes, se référant aux actions de la jambe ou aux actions de la main, ainsi que d'adjectifs neutres (mots descriptifs non actifs). Il est à noter que les verbes proposés étaient normalement tous acquis précocement (3 ans). Les résultats ont indiqué que les verbes étaient traités différemment des adjectifs, car les verbes recrutaient des systèmes moteurs dans le cortex frontal au cours de la perception auditive, mais pas les adjectifs. Ainsi, même dans un système de langage en construction, la perception verbale auditive déclenche une activation dans les régions motrices impliquées dans l'exécution des actions, en temps réel, c'est-à-dire pendant le traitement des verbes qui se réfèrent à ces actions. Ainsi, les représentations visuelles et auditives des verbes induisent une activation du cortex moteur ce qui soutient les théories de la cognition incarnée au profit des théories considérant des systèmes corticaux en tant que modules indépendants pour le contrôle du langage et de l'action (Fodor, 1975).

Cependant, bien que James et Maouene aient contribué à prouver le lien précoce entre les verbes et les régions motrices, la question du développement de ce lien avec l'âge reste en suspens. Notre étude s'attachera donc à mettre en évidence la trajectoire développementale du lien action-langage et son automatisation chez les enfants. Notre hypothèse est qu'il se développe progressivement du fait des expériences et capacités motrices acquises chez les enfants. Ainsi nous avons proposé à des enfants de trois classes d'âge différentes (5 à 10 ans), une tâche implicite d'activation des représentations sensori-motrices. L'objectif était de mettre en lumière l'existence du lien action-langage par la présence d'un effet de congruence mesurable dès l'âge préscolaire (5 ans) et qui se renforce avec l'âge.

## D. Méthode

---

### I. PARTICIPANTS

68 enfants, présentant a priori un développement normal, scolarisés en milieu ordinaire, dans les écoles privées Saint-Corentin, Sainte-Thérèse et Saint-Julien, à Quimper (Bretagne), ont participé à cette étude. Initialement, 21 enfants en grande section de maternelle (9 filles et 12 garçons) et ayant donc 5 ans, ont été sélectionnés. 22 enfants en classe de CE2 (14 filles et 8 garçons) ayant 7 ou 8 ans ainsi que 25 enfants en classe de CM2 (11 filles et 14 garçons) de 9 ou 10 ans, ont également été sélectionnés. Parmi les participants, on compte 59 droitiers et 9 gauchers.

Finalement, l'étude comprend 17 enfants de grande section de maternelle (8 filles et 9 garçons) ayant en moyenne 5,06 ans avec 0,24 ans d'écart-type, 19 enfants de CE2 (12 filles et 7 garçons) ayant en moyenne 7,9 ans avec 0,31 ans d'écart-type et 23 enfants de CM2 (11 filles et 12 garçons) ayant en moyenne 9,96 ans avec 0,37 ans d'écart-type. Les participants, dont les résultats étaient trop éloignés du groupe dans une des variables (à plus de 2 écarts-type du groupe) ont été enlevés de cette étude.

Un consentement éclairé a été obtenu de la part d'un tuteur de l'enfant pour sa participation à l'étude.

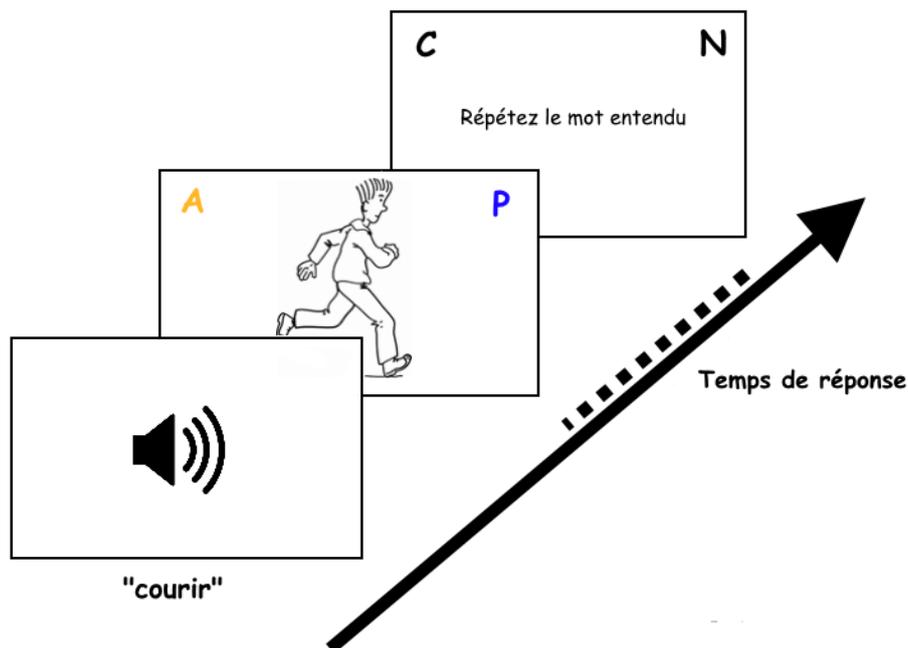
### II. LES EPREUVES

#### 2.1. Tâche implicite d'activation des représentations sensori-motrices

Tout d'abord, une épreuve sur l'ordinateur est proposée à l'enfant, dont le visage se trouve environ à 45 cm de l'écran. Il s'agit d'une tâche implicite d'activation des représentations sensori-motrices qui consiste à présenter aléatoirement, à l'enfant, une série de 45 images : 15 images représentant des éléments concrets et 15 images représentant des verbes d'action (Annexe a1). Il s'agit de « 30 images libres de droit dont 15 images correspondant aux verbes d'action et 15 images d'objets ou d'animaux (Réseau Canope.fr, [http://www.cndp.fr/crdp-dijon/spip.php?page=clic\\_images&id\\_mot=49&men=1](http://www.cndp.fr/crdp-dijon/spip.php?page=clic_images&id_mot=49&men=1), Académie de Dijon)." Toutes les images visualisées sur l'ordinateur, avaient pour dimensions 960x720

(largeur x hauteur) et pour résolutions verticale et horizontale 96 pp. Cette tâche se déroulait en plusieurs temps (voir Figure 2). Au préalable, un verbe d'action était énoncé par une voix féminine. Puis, l'enfant devait indiquer, le plus rapidement possible, s'il voyait un bonhomme, une personne sur l'image présentée. La qualité de la réponse ainsi que le temps de réponse étaient mesurés pour cette épreuve. L'enfant devait répondre le plus vite possible A ou P. La réponse « oui » était toujours donnée avec la main dominante (« P » pour les sujets droitiers et « A » pour les sujets gauchers). Ces deux touches, A et P, étaient mises en évidence par des pastilles de couleur (bleue et jaune) pour un repérage plus facile, notamment auprès des élèves de grande section de maternelle qui étaient encore dans l'acquisition du nom des lettres. Ensuite, l'enfant devait répéter le verbe d'action entendu en premier lieu. Pour passer à l'item suivant, on indiquait si l'enfant avait bien répété (appui sur la touche N) ou mal répété ou bien s'il ne s'en souvenait plus (touche C), sur un autre clavier.

L'application E-prime a été utilisée pour la réalisation de cette tâche.



*Figure 2 : Présentation de l'écran lors de la tâche proposée à l'enfant droitier, lors d'un item en condition « oui » congruente*

L'enfant était confronté à différentes conditions lors de cette tâche (Annexe a2). D'une part, on a la condition pour laquelle l'image présentée ne contenait pas de bonhomme pour 15 items sur 45. D'autre part, quand l'image était bien celle d'un bonhomme (30 items sur 45), 2

conditions existaient : la condition non-congruente lorsque le verbe d'action énoncé au préalable ne correspondait pas à l'action du bonhomme sur l'image pour 15 items ; la condition congruente si le verbe énoncé au préalable correspondait à l'action réalisée par le bonhomme sur l'image pour 15 items également.

Un entraînement préalable sur 4 items proposant toutes les conditions était réalisé. Les consignes étaient détaillées à l'oral à l'enfant pour lui permettre la bonne compréhension de la tâche.

## 2.2. Reconnaissance de verbes

Dans un second temps, une tâche de dénomination d'actions était réalisée, à partir des images présentées pour la tâche implicite d'activation des représentations sensori-motrices afin de s'assurer que les enfants connaissaient les verbes d'action énoncés précédemment. Les verbes choisis étaient issus de la base de données lexicales Manulex (Lété, Sprenger-Charolles & Colé, 2004) qui fournit les fréquences d'occurrences de 23.900 lemmes, unités autonomes constituantes du lexique en français, et de 48.900 formes orthographiques, extraits d'un corpus de 54 manuels scolaires de lecture.

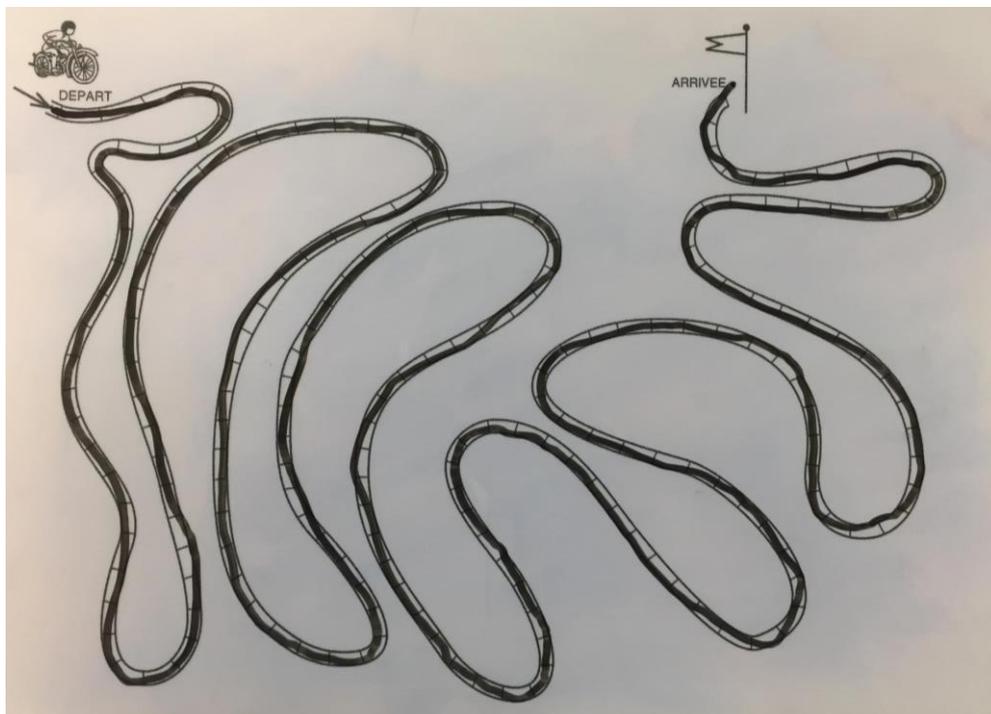
Cette base de données définit un Standard Frequency Index (SFI), c'est-à-dire un indice de fréquence courant calculé à partir de la fréquence estimée d'usage, pour 1 million de mots. Les verbes choisis présentaient tous, dès le CP, une fréquence d'occurrence importante, au moins 50% (excepté pour patiner mais qui n'a pas été retenu dans l'expérience finale) (Annexe a3), et devaient donc normalement être connus par tous les enfants scolarisés en milieu ordinaire. Un pré-test chez des enfants de 3 ans avait été effectué pour confirmer cette fréquence d'occurrence et la connaissance précoce des verbes évoqués sur ces images.

Les images visualisées sur l'ordinateur, avaient pour dimensions 960x720 (largeur x hauteur) et pour résolutions verticale et horizontale 96 pp. Tout comme pour la première épreuve, la distance écran d'ordinateur/participant était d'environ 45 cm.

### 2.3. Epreuve motrice

Une épreuve testant les fonctions sensorimotrices et plus particulièrement la précision visuo-motrice était proposée aux enfants dans un troisième temps. L'épreuve issue de la batterie NEPSY II, bilan neuropsychologique pour l'enfant de 5 à 12 ans, a pour objectif d'évaluer la vitesse et la précision visuo-motrice. Un circuit « d'entraînement » était proposé à l'enfant avant la réalisation d'un circuit plus complexe (Figure 3). Ils étaient chacun présentés sur une feuille A4 plastifiée, que l'enfant ne pouvait pas orienter différemment au cours de l'épreuve. Celle-ci était chronométrée et on comptait le nombre de cases pour lesquelles l'enfant débordait. Le nombre de cases dépassées correspond au nombre d'erreurs. Chacun des enfants recevait la même consigne : « Tu dois faire le chemin que doit prendre la voiture/moto le plus rapidement possible mais attention à ne pas déborder sinon ça veut dire que la voiture/moto cogne contre les murs et ne pourra pas finir sa course si elle est trop abîmée. »

Il s'agissait de vérifier que les enfants avaient développé des capacités motrices leur permettant d'expérimenter des états sensori-moteurs à l'origine de l'élaboration de représentations.



*Figure 3 : Circuit réalisé par un enfant de CE2 (7/8 ans).*

### III. ANALYSE DES DONNEES

Seuls, les réponses ainsi que les temps de réponse corrects pour les réponses « oui » (c'est-à-dire lorsqu'un bonhomme était présent dans l'image) ont été analysés. Les autres essais n'étaient présentés que pour donner une tâche à effectuer au participant. L'analyse des données a été réalisée avec le logiciel Statistica (Version 13.3). Une analyse de variance a été menée en prenant en compte le facteur âge (GS, CE2, CM2) en inter-sujet et le facteur congruence (essais congruents, essais incongruents) en intra-sujet.

Par ailleurs, des analyses de variances ont été effectuées sur le taux de reconnaissance et les performances (nombre d'erreurs et temps de parcours) au cours de la tâche visuo-motrice. Pour ces deux analyses, le facteur âge (GS, CE2, CM2) a été considéré en inter-sujet.

Dans une dernière analyse, nous essayerons par la réalisation de corrélations de Pearson de voir s'il existe des liens de corrélation entre la différence de temps entre les situations incongruentes et congruentes, qui est un indice de lien action-langage, et les résultats obtenus pour les tests de reconnaissance et de précision visuo-motrice.

## E. Résultats

---

De manière générale, l'expérience s'est bien déroulée. Elle a bien été comprise et appréciée par les enfants qui se sont tous montrés volontaires, y compris ceux en classe de grande section (GS). Pour s'assurer de leur bonne compréhension, plus de temps a été accordé aux explications de cette tâche et aux 4 essais d'entraînement. Cependant, il n'a pas été nécessaire de reproduire une deuxième série d'entraînement car tous ont saisi la consigne.

### I. RESULTATS DE LA TÂCHE D'ACTIVATION IMPLICITE DES REPRESENTATIONS SENSORI-MOTRICES

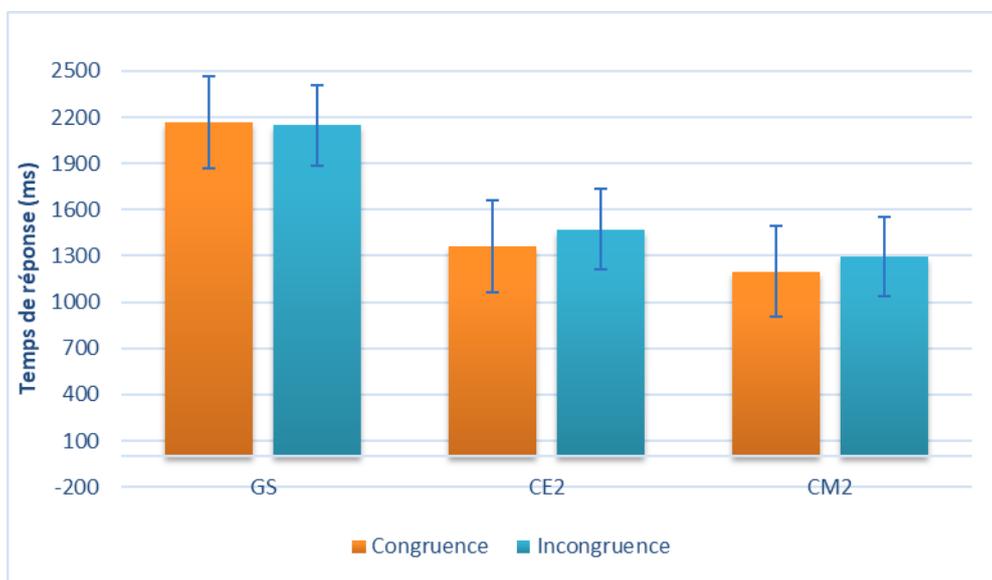
Dans un premier temps, nous analyserons les résultats obtenus pour cette tâche action-langage. L'analyse des temps de réponse a été effectuée pour les items pour lesquels le participant donne une bonne réponse et fait une bonne répétition. Ainsi, 3,4% des données ont été enlevées par filtrage.

La moyenne des temps de réponse par classe d'âge a été calculée. Cette moyenne ne tient pas compte des conditions « congruentes » et « non congruentes ». L'analyse des données montre un effet de l'âge sur les temps de réponse ( $F(2, 56) = 23,6$  ;  $p < .001$ ). Les temps de réponse diminuent significativement avec l'âge. Les enfants de grande section (GS) répondent, en moyenne, en 2155,79 ms avec un écart-type de 573,42 ms. En moyenne, les CE2 mettent 1418,01 ms à répondre, avec un écart-type de 413,1 ms et les CM2, 1247,92 ms avec un écart-type de 280,96 ms. Le test de Newman-Keuls confirme les résultats précédents et montre un effet de l'âge. En effet, les enfants de GS sont significativement plus lents que ceux de CE2 et de CM2 ( $p < .001$ ), mais ce test ne montre pas de différence entre les enfants de CE2 et de CM2 ( $p = 0.21$ ) qui ont des performances équivalentes.

Par ailleurs, les résultats ont montré un effet de congruence général ( $F(1, 56) = 8,70$  ;  $p < .01$ ). Les temps de réponse pour les situations « congruentes » (Moyenne = 1532,92 ms ; Ecart-type = 592,15 ms) étaient inférieurs aux temps de réponse en situation « incongruente » (Moyenne = 1601,41 ms ; Ecart-type = 556,79 ms).

Enfin, nous observons un effet d'interaction entre l'âge des participants et la congruence ( $F(2,56) = 3,38$  ;  $p = .041$ ). Le test de Newman-Keuls montre une différence significative entre

les situations congruentes et incongruentes chez les enfants en CE2 ( $p < .004$ ) et en CM2 ( $p < .01$ ), mais pas pour ceux en GS ( $p = 0,63$ ) (voir Figure 4). En effet, la moyenne des temps de réponse chez les enfants en GS, en situation congruente est de 2164,84 ms avec 638,52 ms d'écart-type et de 2146,74 ms en situation incongruente, avec 518,92 ms d'écart-type. Les enfants de CE2, mettent en moyenne 1362,18 ms à répondre en situation congruente, avec 375,79 ms d'écart-type et 1473,84 ms en situation incongruente, avec 460,16 ms d'écart-type. Enfin, les CM2 répondent en moyenne en 1199,85 ms en situation congruente, avec un écart-type de 250,61 ms et en 1295,99 ms en situation incongruente, avec un écart-type de 324,82 ms. Cet effet est donc démontré à partir de la classe de CE2 et se maintient jusqu'à la classe de CM2.

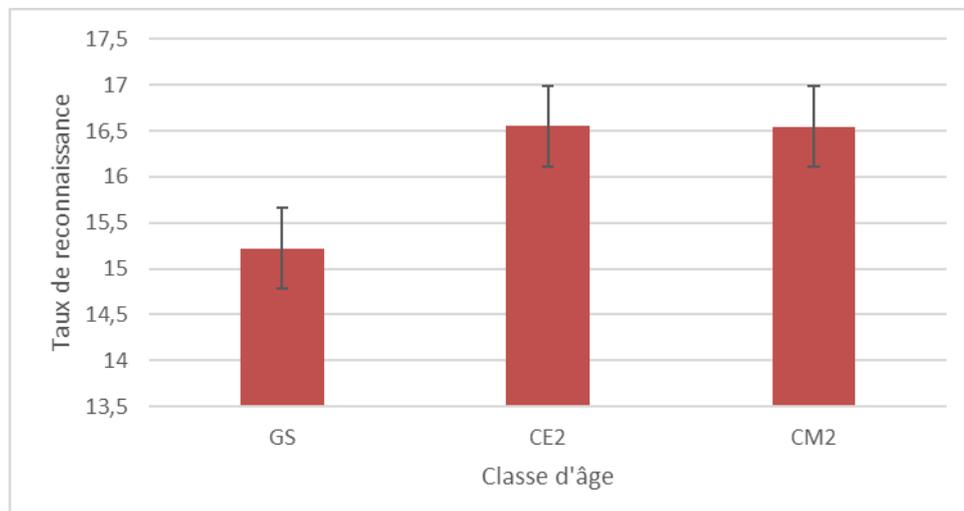


*Figure 4 : Histogramme présentant le temps de réponse moyen avec écarts-types (barres d'erreurs) pour la tâche action-langage, par classe d'âge, en situation congruente et en situation incongruente.*

## II. RESULTATS DE LA TÂCHE DE RECONNAISSANCE DE VERBES

Dans un second temps, nous avons observé un effet de l'âge dans la reconnaissance des verbes d'action ( $F(2,56) = 8,29$  ;  $p < .001$ ). Le taux de reconnaissance global est bon. Les enfants reconnaissent en moyenne 16,15 verbes sur les 19 présentés, avec un écart-type de 1,3. Par classe d'âge, on obtient un taux de reconnaissance de 15,22 verbes avec 1,35 d'écart-type pour les GS, de 16,55 verbes avec 1,14 d'écart-type pour les CE2 et de 16,54 verbes avec 1,01 d'écart-type pour les CM2.

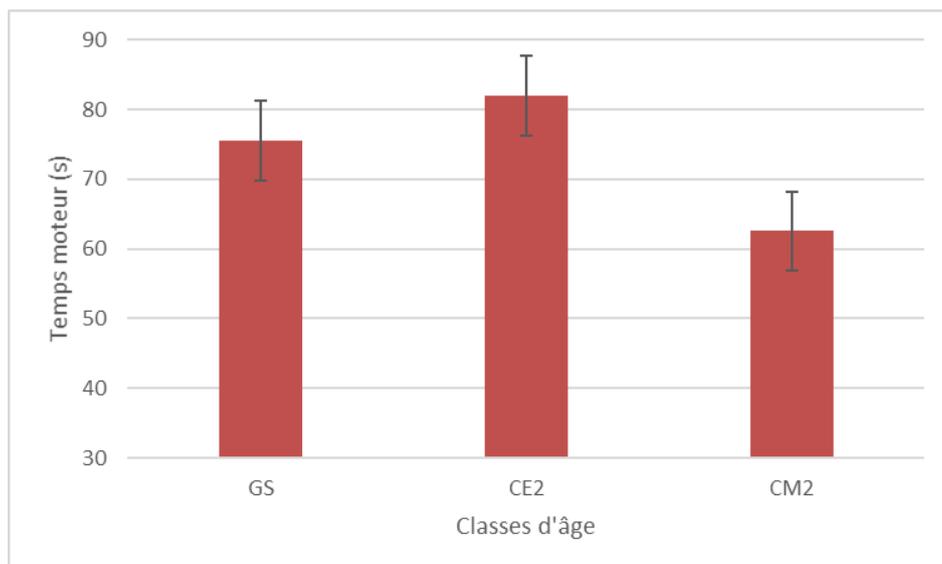
Le test de Newman-Keuls a cependant montré que les enfants en classe de GS sont significativement moins bons dans cette tâche que ceux de CE2 ( $p < .002$ ) et de CM2 ( $p < .001$ ) (voir Figure 5). En revanche, les CE2 et les CM2 ont un taux de reconnaissance équivalent, aucune différence significative n'est observée entre ces deux classes d'âge ( $p = 0,99$ ).



*Figure 5 : Histogramme présentant le taux moyen de reconnaissance des verbes en fonction de la classe d'âge. Les barres d'erreurs représentent les écarts-types.*

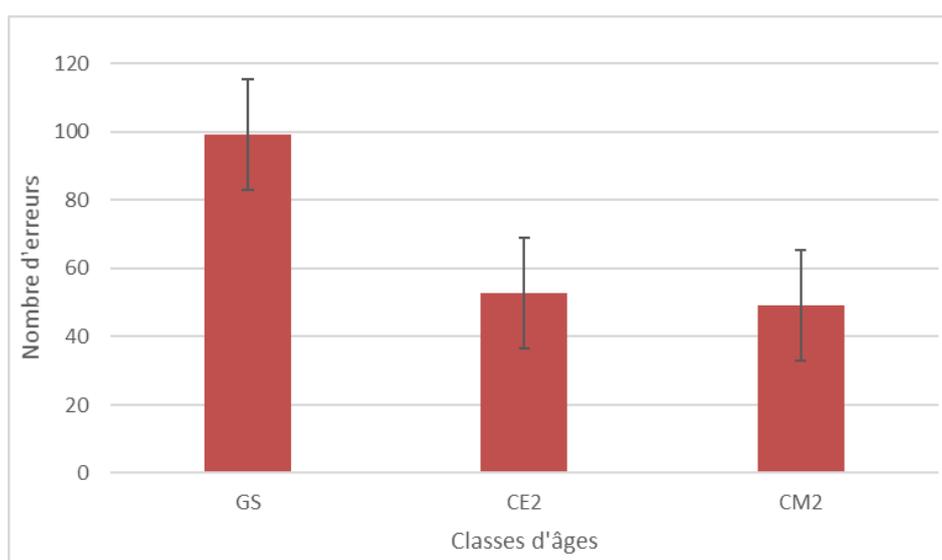
### III. RESULTATS DE L'ÉPREUVE MOTRICE

L'analyse des résultats de l'épreuve motrice a montré l'absence de différence significative au niveau des temps moteurs entre les groupes d'âge ( $p = .12$ ). Cependant, nous avons observé que les CM2 réalisent cette tâche, en moyenne, en 62,54 s avec 13,7 s d'écart-type, alors que les CE2 mettent en moyenne 81,95 s avec 36,81 s d'écart-type et les GS 77,55 s avec 44,83 s d'écart-type. Les résultats ne montrent donc pas de différence significative en fonction de l'âge pour le temps moteur ( $p = .12$ ), mais on observe une tendance indiquant que les enfants en CM2 sont plus rapides que ceux de CE2 et de GS, dont les performances sont équivalentes (voir Figure 6).



*Figure 6 : Histogramme présentant le temps moyen de réalisation de l'épreuve motrice en fonction de la classe d'âge. Les barres d'erreurs représentent les écarts-types.*

En revanche, l'analyse des données a montré un effet significatif de l'âge pour les erreurs ( $F(2,56) = 14,06 ; p < .001$ ). Les GS commettent beaucoup plus de fautes que les CE2 et les CM2 (voir Figure 7). En effet, les GS font, en moyenne 99,2 erreurs, avec 41,5 erreurs d'écart-type tandis que les CE2 en font en moyenne 52,7 avec 28,6 erreurs d'écart-type et les CM2 49,1 avec 19,4 erreurs d'écart-type. Le test de Newman-Keuls confirme qu'il existe une différence significative entre les enfants en GS et ceux en CE2 et CM2 ( $p < .001$ ), mais pas entre les CE2 et les CM2 ( $p = .71$ ).



*Figure 7 : Histogramme présentant le nombre d'erreurs moyenne commises par classe d'âge, pendant la réalisation de l'épreuve motrice. Les barres d'erreurs représentent les écarts-types.*

#### IV. CORRELATIONS ENTRE LES TÂCHES

Enfin, une dernière analyse a montré qu'il n'existait pas de corrélation globale entre la différence de temps entre les situations incongruentes et congruentes – qui est un indice de lien action-langage puisque plus la différence est importante, plus l'effet de congruence est fort –, et le taux de reconnaissance des verbes ( $R = 0,002$  ;  $p = .85$ ), ni avec le temps moteur ( $R = -0,01$  ;  $p = .94$ ) et le nombre d'erreurs ( $R = -0,14$  ;  $p = .29$ ) de l'épreuve visuo-motrice (voir Annexe a4). Ces corrélations ne sont pas non plus significatives selon la classe d'âge (voir Annexe a5).

## F. Discussion

---

Le postulat initial de la présente étude est que le lien action-langage, dont l'existence a été montrée chez de jeunes enfants en âge préscolaire (James & Maouene, 2009), se renforcerait avec l'âge. Cette conception théorique suppose alors que l'expansion des expériences et capacités motrices de l'individu permet un apprentissage associatif renforçant le lien action-langage.

Notre étude a principalement mis en évidence l'existence d'un effet de congruence chez des enfants à partir de la classe de CE2 et qui ne varie pas jusqu'en CM2. Cet effet de congruence, qu'on retrouve, dans la littérature, chez les adultes (Glenberg & Karchak, 2002 ; Beauprez & Bidet-Ildei, 2017) confirme bien que le lien action-langage est présent chez l'enfant (James & Maouene, 2009). Cependant, de manière intéressante, nos résultats semblent indiquer une mise en place plus tardive que celle observée dans l'étude de James & Maouene puisque nous n'observons un lien action-langage que chez les enfants de CE2 et de CM2 mais pas chez les enfants de GS suggérant que le lien action-langage ne serait pas présent dès le plus jeune âge mais qu'il se construirait de manière progressive.

Les résultats de l'étude ont conduit à un questionnement sur l'apparition du lien action-langage et comment son absence chez les enfants de grande section pouvait être expliquée. Dans un premier temps, il a semblé que cela pourrait être dû à un manque de reconnaissance. En effet, notre étude indique que les enfants de GS reconnaissent significativement moins bien les verbes d'action présentés que les enfants de CE2 et de CM2, qui eux ont des performances équivalentes. Cependant, même si leur reconnaissance est moins efficace que celle des CE2, CM2, leur taux de reconnaissance restent quand même élevé. Les verbes proposés dans notre protocole présentaient tous une fréquence d'occurrence importante (au moins 50% dès la classe de CP) et leur connaissance précoce avait été évaluée par un pré-test auprès d'enfants de 3 ans indiquant que ces verbes étaient normalement connus par tous les enfants scolarisés en milieu ordinaire. De plus, nos résultats n'ont pas montré de corrélation entre la différence entre les temps de réponse en situations incongruente et congruente et le taux de reconnaissance des verbes ce qui suggère que l'absence d'effet de congruence en grande section ne s'explique pas par un manque de reconnaissance explicite des verbes d'action.

Par ailleurs, le manque de lien entre les sujets et les images proposées peut également être mis en cause. En effet, sur les images que les enfants devaient traiter, des adultes étaient

représentés. Leurs caractéristiques physiques étant encore très différentes, leurs actions étaient peut-être trop éloignées du répertoire moteur des enfants de GS pour pouvoir activer leur système moteur. Ces actions sembleraient être alors reconnues essentiellement sur une base visuelle, sans implication motrice (Rizzolatti & Craighero, 2004). Une étude de Pavlova et collaborateurs (2001) a montré que des enfants de 3-4 ans reconnaissaient mieux les actions (courir, voler) réalisées par des animaux (chien, oiseau) que par un homme adulte (marcher). D'une part, à cet âge, l'interaction avec les humains adultes implique généralement l'approche du mouvement. La présentation des actions humaines n'était donc pas écologique, c'est-à-dire qu'elle n'était pas en accord avec leur point de vue corporel au moment de l'observation de ces actions, tandis que les mouvements biologiques réalisés par les chiens et les oiseaux étaient plus familiers car les enfants, non impliqués dans leurs actions, se placent habituellement en simples observateurs. Ainsi, on peut supposer que les images présentées aux enfants de GS ne leur ont pas permis d'avoir accès à des représentations sensori-motrices qui seraient venues enrichir les traitements visuels. Cependant, au fur et à mesure de leur développement, les enfants deviennent plus semblables aux adultes et leurs répertoires moteurs partageraient donc davantage de caractéristiques communes. Ainsi, les enfants en CE2 et CM2 traiteraient mieux les actions réalisées par des adultes que les enfants de GS car ils s'en approcheraient plus corporellement ce qui expliquerait la différence d'activation du lien action-langage dans notre étude.

Le lien action-langage ne serait donc pas assez puissant pour être activé de manière automatique dans des tâches implicites dès la classe de grande section. De nombreuses études ont montré, chez l'homme, l'existence d'un système de neurones miroirs qui aurait un rôle fonctionnel au niveau de la compréhension de l'action, l'imitation, la compréhension de l'intention et l'empathie (Rizzolatti & Craighero, 2004). En effet, ce système correspondant à l'observation et à l'exécution d'actions, serait nécessaire à la reconnaissance de l'action. On peut alors supposer que le système miroir ne serait pas assez mature chez de jeunes enfants et que le lien action-langage, bien qu'inné selon la conception évolutionniste, ne s'activerait qu'avec une certaine maturation biologique. Cependant, cette hypothèse semble peu probable car la littérature a apporté de nombreuses preuves de l'efficacité du système de neurones miroirs dès la naissance. En effet, des capacités d'imitation motrice chez les nouveau-nés soutiennent l'idée que les propriétés fondamentales du système de neurones miroirs sont présentes très tôt dans le développement normal (Lepage & Theoret, 2007). Ce lien préétabli entre le système visuel et le système moteur, à travers le système de neurones miroirs, remet donc en cause la

conception qui soutient l'idée que la maturation est nécessaire à la mise en place du lien action-langage.

Une autre hypothèse, en lien avec notre postulat initial, pourrait expliquer que les enfants de grande section n'activent pas de façon automatique le lien action-langage. Un apprentissage associatif entraînant une co-activation des circuits neuronaux, lié au traitement du langage et de la motricité selon un modèle d'interaction distribué (Pulvermüller, 1999; Pulvermüller, Hauk, et al., 2005), permettrait l'émergence de ce lien action-langage. En effet, grâce au développement de leurs capacités motrices, les enfants deviendraient progressivement en mesure d'associer de façon répétée l'action motrice au traitement des mots. Ainsi, l'apprentissage associatif devrait être poursuivi chez les enfants de grande section qui manquent d'associations pour automatiser le lien action-langage. Tandis que les enfants de CE2 et de CM2 auraient effectué suffisamment d'associations pour l'activer automatiquement. Nos résultats montrent d'ailleurs peu d'évolution du lien entre ces deux classes. En effet, il semblerait ne pas varier entre le CE2 et le CM2, ce qui pourrait se justifier par le fait qu'il s'agit de deux groupes plutôt rapprochés en termes d'âge. Afin d'investiguer cette hypothèse, des études ultérieures pourraient comparer la force du lien action-langage à différentes étapes de la vie (chez l'adulte et la personne âgée) et définir si son activation et son automaticité diffèrent selon l'âge de l'individu. Connaître le développement et l'évolution du lien action-langage permettrait ainsi de mieux expliquer les mécanismes qui le sous-tendent.

De manière intéressante, les résultats obtenus quant à la précision visuo-motrice des enfants, évaluée par l'épreuve issue de la NEPSY II, n'étaient pas corrélés avec l'effet de congruence suggérant que les deux activités ne se basent pas sur les mêmes mécanismes. En effet, même si nos données ont permis de mettre en évidence l'existence d'une précision visuo-motrice plus faible chez les enfants de GS que chez de CE2 et de CM2, celle-ci ne semble pas être reliée à la force du lien action-langage. Ces résultats s'opposent à une partie de la littérature démontrant une activation périphérique reliée au traitement de verbes d'action (Aravena et al., 2012) et sont davantage en accord avec les travaux suggérant que le lien action-langage s'appuie sur l'activation de représentations sensori-motrices indépendamment des capacités périphériques (Aziz-Zadeh et al, 2006 ; Bidet-Ildei & Toussaint, 2015). En effet, le traitement des verbes d'action est identique à celui de l'action elle-même que la présentation soit visuelle ou linguistique.

En perspective, les travaux sur les liens action-langage et les mécanismes reliant les deux activités doivent se poursuivre notamment parce qu'ils présentent en plus des objectifs théoriques un intérêt appliqué au niveau de la rééducation. En effet, l'intérêt des liens action-langage a déjà été démontré chez des patients aphasiques (B.2.2.). Dans leur étude, Marangolo et Caltagirone (2014) ont démontré qu'une rééducation intensive, consistant à observer des actions humaines, permettait d'améliorer significativement la production de verbes chez des patients présentant une aphasie non fluente. L'impact positif de l'implication du système moteur dans la production langagière présente donc un intérêt dans les prises en charge orthophoniques des troubles du langage. Des méthodes d'apprentissage et de rééducation langagière avaient déjà intégré la nécessité d'un ancrage moteur et sensoriel. Dans les années 50, Petar Guberina, professeur de français à l'Université de Zagreb, fonde la méthode verbo-tonale (MVT), soit l'apprentissage de la prononciation par une éducation du processus audio-phonatoire insérée dans une pratique langagière (Renard, 1979). Elle est d'abord développée dans le cadre de rééducations de patients sourds et présentant des difficultés de parole. Il s'agit d'une pratique phonétique qui sollicite la polysensorialité. En effet, Guberina considère que tout le corps participe à l'acte audio-phonatoire (Renard, 1979) et donc que le son langagier est toujours le résultat d'un mouvement. Le geste étant facilitant en phonétique corrective, le thérapeute peut l'utiliser pour amener le patient à corriger un rythme défectueux ou à reproduire correctement une intonation. En effet, cette méthode de correction phonétique soutient l'idée que pour produire un son de la parole, l'engagement du corps tout entier est nécessaire. On retrouve cet aspect dans des méthodes de rééducation plus modernes, comme la « Dynamique Naturelle de la Parole » (DNP). Cette approche part également du principe que la parole est ancrée dans le corps et la sensorialité globale (Ferté, 2007). Elle permettrait de retrouver de façon dynamique, ludique et artistique, les mouvements générateurs de la parole et s'adresse à des enfants en difficulté langagière. Ainsi, des méthodes s'appuient sur le lien action-langage en sollicitant le système moteur pour permettre la production et la bonne prononciation des sons de la parole. Par ailleurs, pour aider au développement du lexique chez les enfants présentant un retard de langage, il serait intéressant de les soutenir dans leurs expériences motrices afin de leur permettre d'effectuer l'apprentissage associatif qui favoriserait l'émergence du langage. En s'appuyant sur l'expérience associative, qui se place dans le contexte de la performance motrice, la rééducation orthophonique suivrait le développement normal du lexique, en permettant en premier l'acquisition des verbes. En effet, à 3 ans, la catégorie sémantique la plus développée est celle des verbes (Annexe a4). Puis, progressivement, l'apprentissage du lexique s'étend aux autres catégories grammaticales (noms, adverbes, adjectifs). Des études ultérieures pourraient

donc s'intéresser à prouver qu'une rééducation basée sur un apprentissage associatif explicite améliore le développement du lexique chez des enfants bien que le lien action-langage ne soit pas encore automatisé.

En outre, ces résultats soulignent, à mon sens, l'importance d'une prise en charge pluridisciplinaire avec une réelle collaboration des professionnels abordant le versant moteur d'une part (kinésithérapeutes par exemple), et le versant langagier d'autre part (orthophonistes). En effet, le lien action-langage est réciproque (Liepelt et al., 2012). Ainsi, si l'action a un intérêt dans la rééducation de troubles du langage, le traitement de verbes d'action, en stimulant l'activation des représentations sensori-motrices, aurait également un intérêt dans la rééducation de troubles moteurs.

## G. Conclusion

---

Cette étude visait à étudier le lien action-langage chez des enfants de trois classes d'âge, en s'intéressant à l'activation des représentations sensori-motrices au cours d'une tâche implicite.

Notre protocole expérimental comportait trois épreuves qui ont été réalisées auprès de 17 enfants en classe de grande section, de 19 enfants de CE2 et de 23 enfants de CM2. Une tâche implicite d'activation des représentations sensori-motrices était effectuée dans un premier temps. Puis, une seconde tâche permettait d'obtenir un taux de reconnaissance pour les verbes d'actions. Enfin, une tâche évaluant la précision visuo-motrice concluait l'expérience.

L'analyse des résultats a montré la présence d'un effet de congruence, indice du lien action-langage, à partir de la classe de CE2 et qui se maintient à un niveau équivalent jusqu'en CM2. Cet effet est en revanche absent chez les enfants de GS. Un manque de reconnaissance des verbes ou un manque de précision visuo-motrice ne permettrait pas d'expliquer le fait que le lien action-langage ne soit pas automatisé en GS. Le système de neurones miroirs, impliqué dans la compréhension de l'action, suppose une innéité du lien action-langage mais pourrait cependant ne s'activer qu'avec une certaine maturation biologique. Néanmoins, des preuves de l'efficacité du système miroir dès la naissance viennent contredire cette hypothèse. Nous postulons finalement qu'un manque d'expériences associatives avant cet âge pourrait expliquer que le lien action-langage ne soit pas encore établi en classe de grande section.

De manière intéressante, des études ultérieures pourraient poursuivre ce travail en proposant à nouveau à des enfants ce protocole, mais également à des participants adultes et âgés, en leur présentant des actions et des images proches de leur répertoire moteur. Ce travail permettrait de connaître l'état d'activation du lien action-langage à différents âges afin d'avoir un éclairage sur les mécanismes qui sous-tendent ce lien.

Par ailleurs, ce travail de recherche a conduit à s'intéresser à des méthodes polysensorielles pour la prise en charge orthophonique de troubles du langage. Il serait alors intéressant, au cours de recherches ultérieures, de prouver l'intérêt de l'action et de l'apprentissage associatif dans la rééducation de troubles du langage, pour l'enrichissement du lexique notamment.

## H. Bibliographie

---

- Aravena, P., Delevoeye-Turrell, Y., Deprez, V., Cheylus, A., Paulignan, Y., Frak, V., & Nazir, T. (2012). Grip Force Reveals the Context Sensitivity of Language-Induced Motor Activity during « Action Words » Processing: Evidence from Sentential Negation. *PLoS ONE*, 7(12), e50287. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0050287>
- Arbib MA. (2002). Beyond the mirror system: imitation and evolution of language. In *Imitation in animals and artifacts*. (p. 607). Cambridge, Mass: MIT Press.
- Aziz-Zadeh, L., & Damasio, A. (2008). Embodied semantics for actions: Findings from functional brain imaging. *Journal of Physiology - Paris*, 102(1), 35-39. <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2008.03.012>
- Aziz-Zadeh, L., Wilson, S. M., Rizzolatti, G., & Iacoboni, M. (2006). Congruent embodied representations for visually presented actions and linguistic phrases describing actions. *Current biology: CB*, 16(18), 1818.
- Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 22(4). <https://doi.org/10.1017/S0140525X99002149>
- Beauprez, S.-A., & Bidet-Ildei, C. (2017). Perceiving a Biological Human Movement Facilitates Action Verb Processing. *Current Psychology*. <https://doi.org/10.1007/s12144-017-9694-5>
- Bedny, M., & Caramazza, A. (2011). Perception, action, and word meanings in the human brain: the case from action verbs: Word meanings and sensory experience. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1224(1), 81-95. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06013.x>
- Bidet-Ildei, C., & Toussaint, L. (2015). Are judgments for action verbs and point-light human actions equivalent? *Cognitive Processing*, 16(1), 57-67. <https://doi.org/10.1007/s10339-014-0634-0>
- Boulenger, V., Mechtouff, L., Thobois, S., Broussolle, E., Jeannerod, M., & Nazir, T. A. (2008). Word processing in Parkinson's disease is impaired for action verbs but not for concrete nouns. *Neuropsychologia*, 46(2), 743-756. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.10.007>
- Boulenger, V., Roy, A. C., Paulignan, Y., & Deprez, V. (2006). Cross-talk between language processes and overt motor behavior in the first 200 msec of processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(10), 1607-1615. <https://doi.org/10.1162/jocn.2006.18.10.1607>
- Buccino, G., Binkofski, F., Fink, G. R., & Fadiga, L. (2001). Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: An fMRI study. *European Journal of Neuroscience*, 13(2), 400.

- Chevrie-Muller, L.C., Simon, A.M., Le Normand, M.T., & Fournier, S. (1997). Batterie d'évaluation psycholinguistique (BEPL-B)
- Damasio, A. (1994). *Descartes' Error : Emotion, Reason and the Human Brain* (G.P. Putnam's Sons). New York.
- Denis, M. (1989). *Image et cognition* (1. éd). Paris: Presses universitaires de France.
- Fadiga, L., Fogassi, L., Pavesi, G., & Rizzolatti, G. (1995). Motor facilitation during action observation: a magnetic stimulation study. *Journal of Neurophysiology*, 73(6), 2608-2611. <https://doi.org/10.1152/jn.1995.73.6.2608>
- Ferté, C. (2007). Présentation de la Dynamique Naturelle de la Parole et de son application à la rééducation des difficultés de parole. Paris : FNO. In *Rééducation orthophonique : Parole(s) : aspects perceptifs et moteurs* (p. 156-168). Paris: FNO.
- Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind: an essay on faculty psychology*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, 119(2), 593-609. <https://doi.org/10.1093/brain/119.2.593>
- Glenberg, A. M. (1997). What memory is for. *The Behavioral and brain sciences*, 20(1), 1.
- Glenberg, A. M., & Kaschak, M. P. (2002). Grounding language in action. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(3), 558-565. <https://doi.org/10.3758/BF03196313>
- Glenberg, A. M., Webster, B. J., Mouilso, E., Havas, D., & Lindeman, L. M. (2009). Gender, Emotion, and the Embodiment of Language Comprehension. *Emotion Review*, 1(2), 151-161. <https://doi.org/10.1177/1754073908100440>
- GOLDFIELD, B. A. (2000). Nouns before verbs in comprehension vs. production: the view from pragmatics. *Journal of Child Language*, 27(3), 501-520. <https://doi.org/10.1017/S0305000900004244>
- Hauk, O., Johnsrude, I., & Pulvermüller, F. (2004). Somatotopic Representation of Action Words in Human Motor and Premotor Cortex. *Neuron*, 41(2), 301-307. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(03\)00838-9](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(03)00838-9)
- Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior*. J. Wiley.
- Holland, S. K., Plante, E., Weber Byars, A., Strawsburg, R. H., Schmithorst, V. J., & Ball, W. S. (2001). Normal fMRI Brain Activation Patterns in Children Performing a Verb Generation Task. *NeuroImage*, 14(4), 837-843. <https://doi.org/10.1006/nimg.2001.0875>
- Iacoboni, M. (1999). Cortical Mechanisms of Human Imitation. *Science*, 286(5449), 2526-2528.

<https://doi.org/10.1126/science.286.5449.2526>

- Iacoboni, M., Molnar-Szakacs, I., Gallese, V., & Buccino, G. (2005). Grasping the Intentions of Others with One's Own Mirror Neuron System. *PLoS Biology*, 3(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0030079>
- James, K. H., & Maouene, J. (2009). Auditory verb perception recruits motor systems in the developing brain: an fMRI investigation. *Developmental science*, 12(6), F26.
- Kaschak, M. P., & Glenberg, A. M. (2000). Constructing Meaning: The Role of Affordances and Grammatical Constructions in Sentence Comprehension. *Journal of Memory and Language*, 43(3), 508.
- Kiefer, M., Sim, E.-J., Liebich, S., Hauk, O., & Tanaka, J. (2007). Experience-dependent Plasticity of Conceptual Representations in Human Sensory-Motor Areas. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(3), 525-542. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.3.525>
- Lepage, J.-F., & Théoret, H. (2007). The mirror neuron system: grasping others? actions from birth? *Developmental Science*, 10(5), 513-523. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00631.x>
- Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2004). MANULEX: A grade-level lexical database from French elementary school readers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(1), 156-166. <https://doi.org/10.3758/BF03195560>
- Liepert, R., Dolk, T., & Prinz, W. (2012). Bidirectional semantic interference between action and speech. *Psychological Research*, 76(4), 446-455. <https://doi.org/10.1007/s00426-011-0390-z>
- Marangolo, P., Bonifazi, S., Tomaiuolo, F., Craighero, L., Coccia, M., Altoè, G., ... Cantagallo, A. (2010). Improving language without words: First evidence from aphasia. *Neuropsychologia*, 48(13), 3824-3833. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.025>
- Marangolo, P., & Caltagirone, C. (2014). Options to enhance recovery from aphasia by means of non-invasive brain stimulation and action observation therapy. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 14(1), 75-91. <https://doi.org/10.1586/14737175.2014.864555>
- Marangolo, P., Cipollari, S., Fiori, V., Razzano, C., & Caltagirone, C. (2012). Walking but Not Barking Improves Verb Recovery: Implications for Action Observation Treatment in Aphasia Rehabilitation. *PLoS ONE*, 7(6), e38610. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038610>
- Mollo, G., Pulvermüller, F., & Hauk, O. (2016). Movement priming of EEG/MEG brain responses for action-words characterizes the link between language and action. *Cortex*, 74, 262-276. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.10.021>
- Moseley, R. L., Pulvermüller, F., & Shtyrov, Y. (2013). Sensorimotor semantics on the spot: brain activity

- dissociates between conceptual categories within 150 ms. *Scientific reports*, 3, 1928.
- Nishitani, N., & Hari, R. (2000). Temporal dynamics of cortical representation for action. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(2), 913-918. <https://doi.org/10.1073/pnas.97.2.913>
- Pavlova, M., Krägeloh-Mann, I., Sokolov, A., & Birbaumer, N. (2001). Recognition of Point-Light Biological Motion Displays by Young Children. *Perception*, 30(8), 925-933. <https://doi.org/10.1068/p3157>
- Port, R. F., & Van Gelder, T. (Éd.). (1995). *Mind as motion: explorations in the dynamics of cognition*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Pulvermüller, F. (1999). Words in the brain's language. *Behavioral and Brain Sciences*, 22(2), 253-279.
- Pulvermüller, F., Hauk, O., Nikulin, V. V., & Ilmoniemi, R. J. (2005). Functional links between motor and language systems. *The European journal of neuroscience*, 21(3), 793.
- Renard, R. (1979). *La méthode verbo-tonale de correction phonétique* (CIPA).
- Rizzolatti, G. (2005). The mirror neuron system and its function in humans. *Anatomy and Embryology*, 210(5-6), 419-421. <https://doi.org/10.1007/s00429-005-0039-z>
- Rizzolatti, G., & Arbib, M. A. (1998). Language within our grasp. *Trends in Neurosciences*, 21(5), 188-194. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(98\)01260-0](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(98)01260-0)
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). THE MIRROR-NEURON SYSTEM. *Annual Review of Neuroscience*, 27(1), 169-192. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230>
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research*, 3(2), 131-141. [https://doi.org/10.1016/0926-6410\(95\)00038-0](https://doi.org/10.1016/0926-6410(95)00038-0)
- Scorolli, C., & Borghi, A. M. (2007). Sentence comprehension and action: Effector specific modulation of the motor system. *Brain Research*, 1130, 119-124. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.10.033>
- Tettamanti, M., Buccino, G., Saccuman, M. C., Gallese, V., Danna, M., Scifo, P., ... Perani, D. (2005). Listening to Action-related Sentences Activates Fronto-parietal Motor Circuits. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(2), 273-281. <https://doi.org/10.1162/0898929053124965>
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 625-636. <https://doi.org/10.3758/BF03196322>
- Wolff C. (1728). *Discursus praeliminaris de philosophia in genere*. Consulté à l'adresse [http://data.bnf.fr/13748037/christian\\_wolff\\_discursus\\_praeliminaris\\_de\\_philosophia\\_in\\_genere/](http://data.bnf.fr/13748037/christian_wolff_discursus_praeliminaris_de_philosophia_in_genere/)
- Wolff, C. von, Arnaud, T., Feuerhahn, W., Goubet, J.-F., & Rohrbasser, J.-M. (2006). *Discours préliminaire sur la philosophie en général*. Paris: Vrin.

# I. Annexes

**Annexe a1** : Images, représentant les verbes d'action, utilisées lors de la tâche implicite d'activation sensori-motrice



Boire



Chanter



Courir



Cueillir



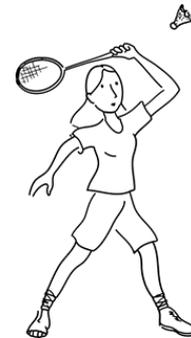
Danser



Dessiner



Frapper



Lancer



Lire



Manger



Marcher



Nager



Patiner

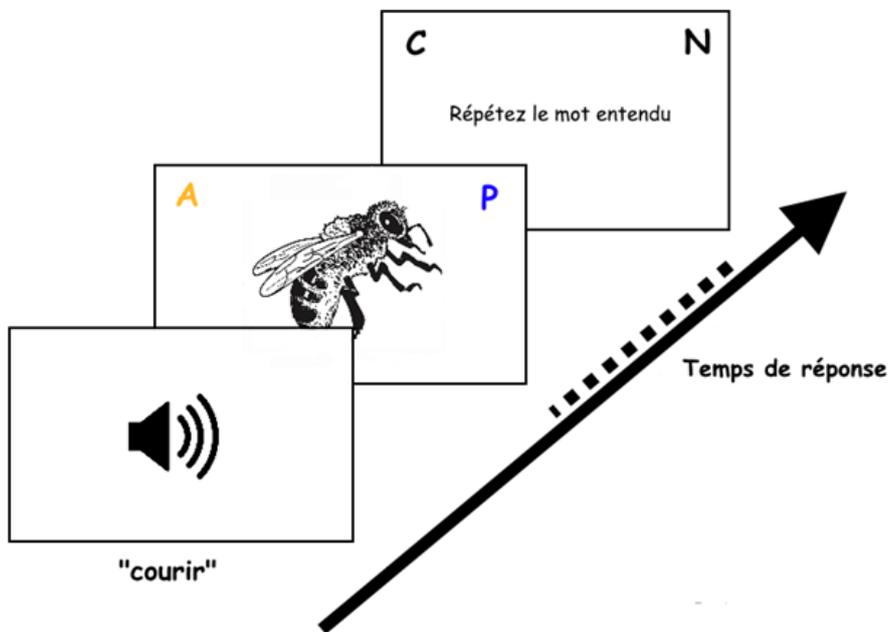
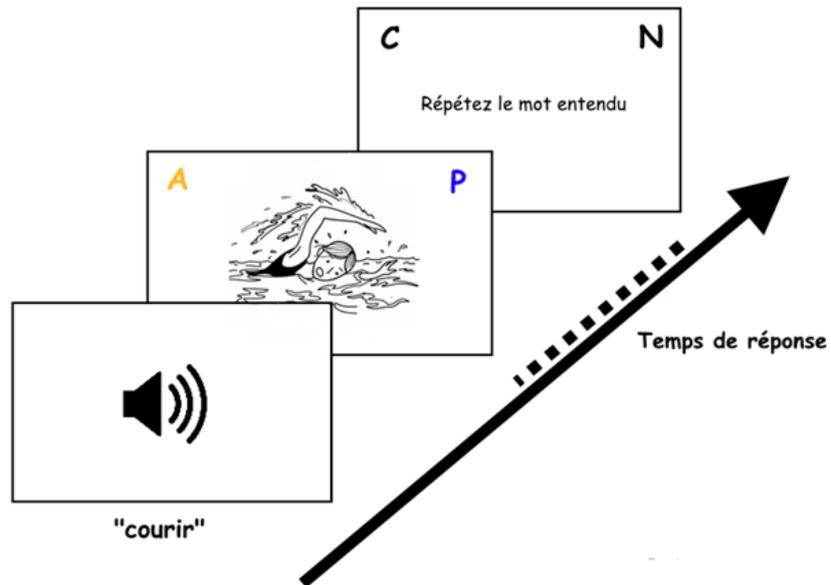


Saluer



Sauter

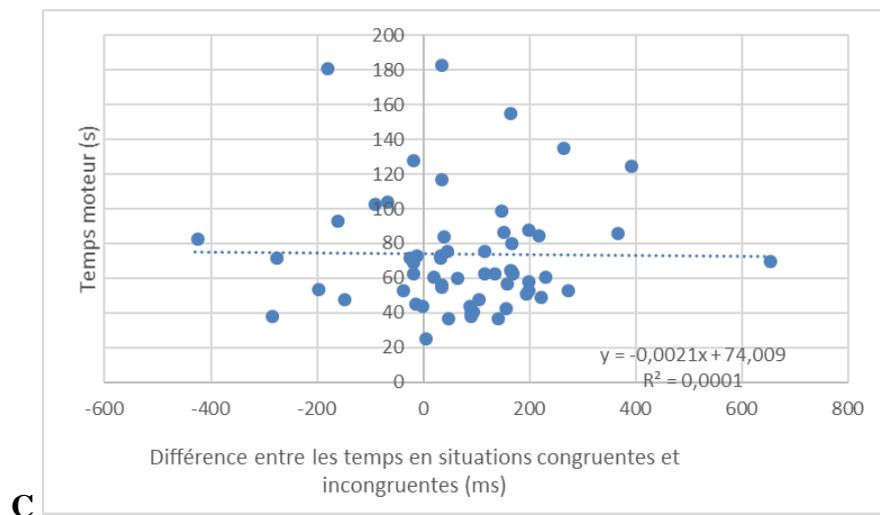
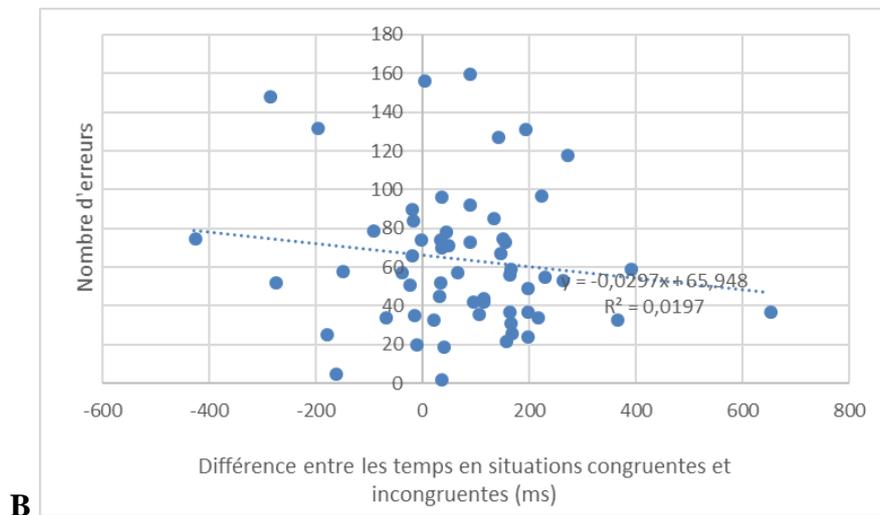
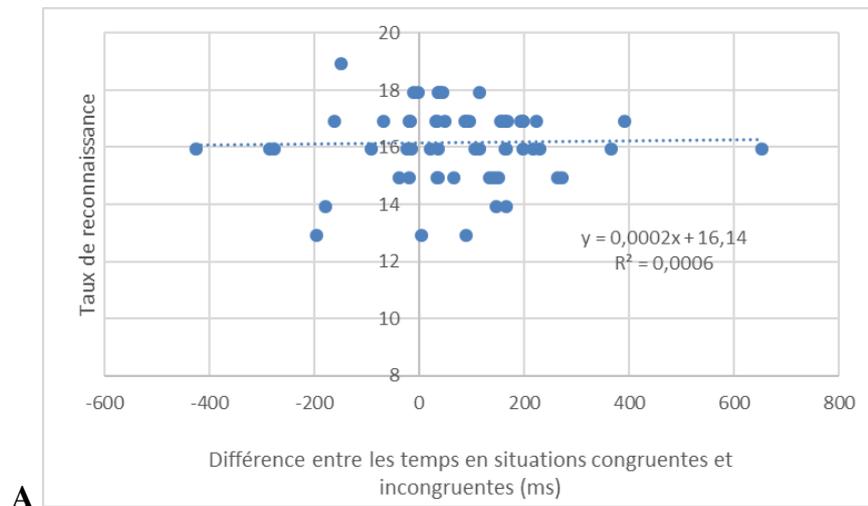
**Annexe a2** : Présentation de l'écran lors de la tâche proposée à un enfant droitier, lors d'un item en condition « oui » incongruente et d'un item ne présentant pas de bonhomme (*condition « pas »*)



**Annexe a3** : Standard Frequency Index (SFI) – Manulex

<b>Verbes</b>	<b>CPSFI</b>	<b>CP-CM2 SFI</b>
<i>Boire</i>	64,97%	64,20%
<i>Chanter</i>	66,94%	64,76%
<i>Courir</i>	67,37%	67,06%
<i>Cueillir</i>	61,22%	60,63%
<i>Danser</i>	63,40%	62,11%
<i>Dessiner</i>	64,64%	64,52%
<i>Frapper</i>	61,02%	62,05%
<i>Grimper</i>	62,96%	60,53%
<i>Lancer</i>	50,73%	49,41%
<i>Lire</i>	72,45%	70,70%
<i>Manger</i>	71,67%	69,31%
<i>Marcher</i>	66,51%	65,89%
<i>Monter</i>	66,91%	65,93%
<i>Nager</i>	62,11%	60,95%
<i>Patiner</i>	36,25%	49,03%
<i>Pêcher</i>	58,96%	57,22%
<i>Peindre</i>	61,78%	59,83%
<i>Saluer</i>	57,67%	58,27%
<i>Sauter</i>	66,88%	65,00 %

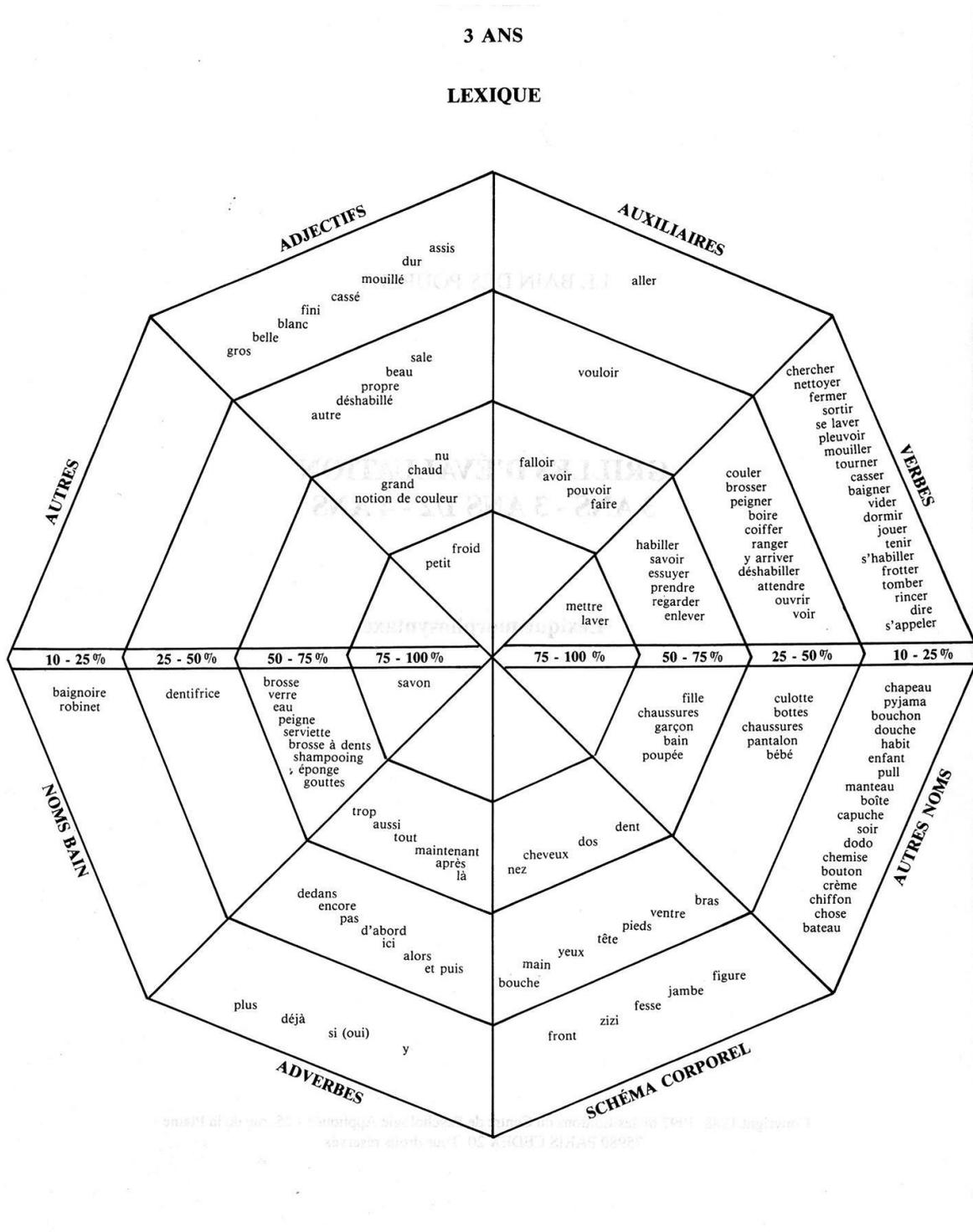
**Annexe a4 :** Corrélation globale entre la différence de temps entre les situations congruentes et incongruentes et le taux de reconnaissance des verbes (A), le temps moteur (B) et le nombre d'erreurs (C) de l'épreuve visuo-motrice



**Annexe a5** : Corrélations entre la différence de temps entre les situations incongruentes et congruentes et le taux de reconnaissance des verbes, le temps moteur et le nombre d'erreurs de l'épreuve visuo-motrice, par classe d'âge

<b>Corrélations</b>	<b>Temps de réponse incongruent – temps de réponse congruent /Taux reconnaissance</b>	<b>TR incongruent – TR congruent/Temps moteur</b>	<b>TR incongruent – TR congruent /Erreurs</b>
<b><i>GS</i></b>	r = 0,04 p = .89	r = - 0,09 p = .74	r = 0,1 p= .71
<b><i>CE2</i></b>	r = - 0,26 p = .27	r = 0,1 p= .68	r = 0,16 p= .49
<b><i>CM2</i></b>	r = - 0,33 p = .13	r = 0,13 p= .57	r = - 0,16 p= .47

**Annexe a6 :** Acquisitions lexicales à 3 ans – BEPL-B (Batterie d'évaluation psycholinguistique) de Chevrie-Muller, Simon, Le Normand, & Fournier (1997) permettant l'évaluation des productions spontanées et de l'aspect pragmatique de la communication du jeune enfant (2 ans 9 mois ; 4 ans 3 mois)





L'évolution des théories sur la compréhension du langage a suscité un intérêt pour une perspective plus incarnée du langage. Nous présenterons les nombreuses preuves de l'existence d'un lien action-langage chez l'adulte, illustrant ainsi le rôle fondamental du corps dans la cognition. Cependant, peu de littérature apporte un éclairage sur ce lien chez les enfants. Ce travail de recherche avait donc pour objectif de mettre en évidence la trajectoire développementale du lien action-langage chez les enfants et de prouver son automatisé. Notre hypothèse était que le lien action-langage se développe progressivement par des expériences associatives et se renforce avec l'âge. Une tâche implicite d'activation des représentations sensori-motrices, réalisée auprès de trois classes d'âge, a montré l'existence d'un effet de congruence, preuve du lien action-langage, à partir de la classe de CE2, qui est stable jusqu'en CM2. Dans la discussion, une réflexion sur les possibles explications de l'absence d'automatisation du lien action-langage, chez les enfants de grande section a été menée. Un manque de reconnaissance de verbes et de précision motrice n'entraînerait pas l'absence de ce lien. De même, l'innéité du lien dont l'activation dépendrait de la maturation biologique ne serait pas une explication satisfaisante. Finalement, un manque d'associations répétées entre l'action motrice et le traitement des mots pourrait justifier le fait que le lien action-langage ne soit pas encore établi chez les enfants en grande section. Par ailleurs, ce travail permet de s'intéresser à des méthodes de rééducation utilisant l'action pour la prise en charge des troubles du langage en orthophonie.

**Mots-clés** : lien action langage - verbe d'action - représentations sensori-motrices – développement - neurones miroirs – apprentissage associatif

The evolution of the theories on the language comprehension aroused an interest for a more incarnated perspective of the language. Here we present the numerous proofs of the existence of an action-language link in adults, thus illustrating the fundamental role of the body in cognition. However, little literature shed light on this link in children. The aim of this research work is therefore to highlight the developmental trajectory of the action-language link in children and to prove its automation. Our hypothesis was that the action-language link develops gradually through associative experiences and increases with age. An implicit task of activation of sensorimotor representations, carried out with three age groups, showed the existence of a stable congruence effect, from Year 4 towards Year 6 class, proving then the action-language link. In the discussion, a reasoning on the possible explanations for the lack of link automation for children in last year of nursery school was directed. A lack of recognition of verbs as well as motor precision would not be responsible for the absence of this link. In the same way, the innateness of the link whose activation depends on the biological maturation would not be a satisfactory explanation. Finally, a lack of repeated associations in motor action and words processing could justify the fact that the action-language link is not yet established for children in last year of nursery school. In addition, this work allows for the using of rehabilitation methods using action for the care of language disorders in speech therapy.

**Key-words** : link action-language - action verb - sensorymotor representations – development - mirror neurons - associative learning