

MEMOIRE

En vue de l'obtention du
Certificat de Capacité d'Orthophoniste

Présenté par

Florence ANTONIUTTI

soutenu publiquement en juin 2019

Diadococinésie orale et pratiques orthophoniques : revue de la littérature

MEMOIRE dirigé par

Loïc GAMOT, Orthophoniste, CRDTA, CHRU Lille

Lille – 2019

Remerciements

Merci à Loïc Gamot qui m'a accompagnée dans la rédaction de ce mémoire mais aussi tout au long de mon cheminement vers le métier d'orthophoniste.
Merci pour ta confiance et tes précieux conseils.

Merci à Emilie Ayrole-Plane et à Sandrine Mejias de m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury.

Merci à mes formidables amis et futurs collègues : Isabelle, Géraldine, Hugo et Laura.
Notre solidarité et nos fous rires auront ensoleillé ces études.

Enfin, un énorme merci à mon mari, Maxime, et à mes enfants, Alexandre, Axelle et Adrien, pour leur soutien inestimable pendant ces cinq années.
Sans vous, rien n'aurait été possible.

Résumé :

La diadococinésie est l'aptitude à répéter plusieurs fois, avec rapidité et précision, un mouvement ou une succession de mouvements avec les membres du corps. La diadococinésie orale concerne les mouvements, sonorisés ou non, des articulateurs de la parole. L'évaluation de la diadococinésie orale existe dans nos protocoles de recherche et notre pratique clinique orthophonique. Si certains auteurs la plébiscitent comme un indice probant dans l'évaluation diagnostique et le traitement des troubles du langage oral, d'autres contestent son utilité. Cette revue de la littérature veut examiner la pertinence de l'utilisation clinique de la diadococinésie orale en orthophonie pour les troubles développementaux du langage oral. Les bases Google Scholar, Pubmed, ASHA et Cochrane ont été interrogées. Les équations de recherche utilisaient le terme *diadococinésie* associé aux termes : *tâche, évaluation, thérapie, trouble de la parole ou du langage, diagnostic, organisation cérébrale*. Les publications retenues étaient en langue française ou anglaise. Elles portaient sur la diadococinésie orale chez l'enfant tout-venant ou présentant un trouble développemental du langage oral. L'analyse des 85 publications répertoriées révèle une absence de consensus sur le sujet. Les protocoles d'évaluation expérimentaux sont multiples, rendant les résultats peu comparables et fiables. Les protocoles de rééducation utilisant la diadococinésie sont rares. Enfin, les preuves scientifiques récentes contrediraient le lien entre les performances diadococinésiques et langagières. L'utilité clinique de la diadococinésie dans le cadre de la prise en charge orthophonique des troubles développementaux du langage oral ne serait donc pas démontrée actuellement.

Mots-clés :

orthophonie - diadococinésie orale - trouble du langage oral - pertinence clinique

Abstract :

Diadochokinesis is the ability to perform a repeated series of movements with the limbs of the body, with speed and accuracy. Oral diadochokinesis refers to speech articulators' movements, with or without sound. The assessment of oral diadochokinesis is widely used in research or clinical practice. While some authors praise it as a convincing indicator in the diagnostic assessment and the treatment of oral language disorders, others question its usefulness. This review of the literature aims to examine the relevance of the clinical use of oral dia-

diadochokinesis in speech-language pathology for developmental oral language disorders. This review included searches of Google Scholar, Pubmed, ASHA and Cochrane databases. The research equations used the term of *diadochokinesis* associated with others such as *task, assessment, therapy, speech or language disorder, diagnosis, brain organization*. They focused on oral diadochokinesis in normally-developing children or with developmental speech or language disorders. An analysis of the 85 publications listed reveals a lack of consensus on the subject. There are many experimental evaluation protocols, making the results difficult to compare and reliable. Rehabilitation protocols using diadochokinesis are rare. Finally, recent scientific evidence would contradict the link between diadochokinetic and speech performance. The clinical utility of diadochokinesis in speech and language therapy management of developmental oral language disorders is therefore not currently demonstrated.

Keywords :

speech language therapy- oral-diadochokinesis- speech and language disorders – clinical relevance

Table des matières

Contexte, buts et objectifs.....	1
Méthode.....	2
.1. Recherche d'articles.....	2
.1.1. Mots-clés.....	2
.1.2. Banque de données.....	3
.1.3. Critères d'inclusion.....	3
.1.4. Critères d'exclusion.....	3
.1.5. Sélection des articles.....	3
.2. Analyse des données.....	4
Résultats.....	4
.1. Diadococinésie orale.....	4
.1.1. Définition.....	4
.1.2. Terminologie.....	4
.1.3. Mesure de la diadococinésie orale.....	7
.1.3.1. Taux DDK.....	7
.1.3.2. Notions de précision et de constance.....	8
.1.3.3. Taux DDK et autres taux de la parole.....	8
.2. Protocoles expérimentaux d'évaluation.....	8
.2.1. Formes des protocoles.....	9
.2.2. Nature du stimulus.....	12
.2.2.1. Stimuli non signifiants vs mots.....	12
.2.2.2. Choix des syllabes.....	13
.2.3. Mesure du taux DDK.....	13
.2.3.1. Méthodes de mesure.....	13
.2.3.2. Unités de mesure.....	14
.2.4. Présentation de la tâche.....	14
.2.4.1. Instructions aux participants.....	14
.2.4.2. Nombre de répétitions demandé.....	15
.2.4.3. Nombre d'essais alloué.....	15
.2.5. Outils d'évaluation en langue française.....	16
.3. Données développementales.....	17
.3.1. Etudes répertoriées.....	17
.3.2. Normes développementales.....	18
.3.3. Influence de l'âge.....	19
.3.4. Influence du genre.....	20

.3.5.	Âge de maturité.....	20
.4.	Diadococinésie et parole.....	21
.4.1.	Relation entre DDK et parole.....	21
.4.2.	Considérations neuroanatomiques.....	22
.4.3.	Taux DDK et taux de parole.....	23
.5.	Intérêt des tâches DDK dans l'évaluation diagnostique.....	23
.5.1.	Performances DDK chez les enfants avec un trouble du langage oral.....	24
.5.2.	Intérêt de la tâche DDK dans le diagnostic différentiel des troubles du langage.....	26
.6.	Protocoles de rééducation.....	28
.6.1.	Intérêt rééducatif de la DDK.....	28
.6.2.	Protocoles de rééducation expérimentaux.....	28
.6.3.	Protocoles de rééducation en français.....	29
	Discussion.....	29
	Conclusion.....	31
	Bibliographie.....	32
	Liste des annexes.....	37
	Annexe n°1 : Diagramme de flux.....	37
	Annexe n°2 : Fiche de lecture.....	37
	Annexe n°3 : Tableau présentant les résultats aux séries DDK selon la nature du trouble du langage oral.....	37

Contexte, buts et objectifs

Le terme diadococinésie a été créé par Joseph Babinski, neurologue français, à partir de deux termes grecs (*diadokhos*, qui succède et *kinêsis*, mouvement) pour décrire la capacité à exécuter rapidement des mouvements alternatifs se succédant, tels la pronation et la supination de la main (Babinski, 1902 ; cité par Barboi, 2000). Actuellement, ce terme n'apparaît pas dans tous les dictionnaires médicaux. Par exemple, il est absent de la dernière édition du Dictionnaire de Médecine Flammarion (Kernbaum, 2008). Les définitions repérées évoquent les notions de performance motrice, rapide, volontaire, sur des mouvements alternatifs ou contraires avec les membres du corps (Hill, 2005 ; Maniez, 2008 ; Quevauvilliers, 2009). L'examen des mouvements répétitifs et rapides du bras, de la main ou des doigts constituerait aujourd'hui une composante essentielle de l'évaluation neurologique des troubles du mouvement (Ziegler, 2002).

La 4^e édition du Dictionnaire d'Orthophonie (Brin, Courrier, Lederle, & Masy, 2018) précise que le terme diadococinésie peut s'appliquer aux mouvements des articulateurs (lèvres, langue, etc.). Cet examen serait largement utilisé par les orthophonistes en recherche et en clinique (Icht & Ben-David, 2015). Dans une revue de la littérature, Kent (2015) présente les intérêts rapportés de la diadococinésie orale par les auteurs ; elle permettrait notamment (a) de juger du contrôle oromoteur dans les dysarthries, (b) d'évaluer les fonctions neurales axiales dans les maladies comme la maladie de Parkinson, (c) de repérer les troubles de la parole dans l'ataxie, (d) de prédire les conséquences des lésions axonales diffuses lors des traumatismes crâniens, (e) de repérer des anomalies motrices avant l'entrée dans la maladie de Huntington, (f) d'évaluer les effets des traitements dans l'apraxie. En outre, des études récentes auraient pointé l'évaluation de la diadococinésie orale comme une composante essentielle dans le diagnostic de la dyspraxie verbale (Jonkers, Feiken, & Stuive, 2017 ; Murray, McCabe, Heard, & Ballard, 2015). Généralement, une atteinte de la diadococinésie serait relevée chez les participants souffrant d'un trouble moteur de la parole (pour une revue, voir Ziegler, 2002).

Récemment, de nombreux auteurs ont contesté l'utilité clinique des tâches oromotrices, dont la diadococinésie faisait partie, dans la compréhension et le traitement des troubles du langage oral (Bunton, 2008 ; Forrest, 2002). Leur relation avec la parole est notamment discutée (Ballard, Robin, & Folkins, 2003 ; Ziegler, 2002). De plus, les modalités d'évaluation de la diadococinésie (tâches proposées, paramètres évalués, méthodes de mesure) seraient multiples et rarement standardisées (Cohen, Waters, & Hewlett, 1998). Des interrogations de-

meureraient donc sur la fiabilité de ces épreuves en tant que mesure diagnostique (Gadesmann & Miller, 2008). Enfin, si à l'étranger et notamment dans les pays anglo-saxons, les chercheurs se sont intéressés à l'établissement de normes développementales (Canning & Rose, 1974 ; Cohen & al., 1998 ; Fletcher, 1972 ; Wong, Allegro, Tirado, Chadha, & Campisi, 2011) et de tâches standardisées (Cohen & al., 1998 ; Icht & Ben-David, 2017), en France, a contrario, peu de publications existaient sur la diadococinésie.

Dans ce contexte, il paraissait utile d'examiner l'intérêt clinique de la diadococinésie orale en orthophonie, notamment dans les troubles développementaux du langage oral. Pour ce faire, nous avons interrogé la littérature scientifique sur le sujet. Nos objectifs étaient de définir plus précisément la diadococinésie orale et ses modalités d'évaluation, de répertorier les normes développementales existantes, d'examiner la relation entre diadococinésie et parole et de questionner l'intérêt diagnostique et thérapeutique des tâches diadococinésiques dans le cadre des troubles développementaux du langage oral.

Méthode

Nous présentons ici la méthode utilisée pour réaliser notre revue de la littérature.

.1. Recherche d'articles

Pour effectuer cette revue, nous avons (a) établi une liste de mots-clés à partir de nos objectifs de recherche, (b) interrogé les sites officiels anglophones et francophones en combinant ces mots-clés, (c) sélectionné les articles et textes pertinents au regard de critères préalablement établis.

.1.1. Mots-clés

Nous avons établi une liste de mots-clés en français, que nous avons traduits en anglais. Ces mots-clés sont :

- diadococinésie / taux / tâche / évaluation / thérapie / trouble de la parole / trouble du langage / diagnostic / organisation cérébrale,
- diadochokinesis / rate / task / assessment / therapy / speech disorder / language disorder / diagnosis / brain organization.

Nous avons ensuite généré des équations de recherche en combinant ces mots-clés :

- diadococinésie / taux diadococinésique / tâche diadococinésique / diadococinésie ET évaluation du langage / diadococinésie ET trouble de la parole/du langage / diadococinésie ET diagnostic des troubles du langage oral / diadococinésie ET thérapie du langage / diadococinésie ET organisation cérébrale,

- diadochokinesis / diadochokinetic rate / diadochokinetic task / diadochokinesis AND speech assessment / diadochokinesis AND speech/language disorder / diadochokinesis AND speech/language diagnosis / diadochokinesis AND speech therapy / diadochokinesis AND brain organization.

.1.2. Banque de données

La recherche par mots-clés est effectuée sur MEDLINE via PUBMED, ASHA (American Speech-Hearing-Language Association), COCHRANE et GOOGLE SCHOLAR.

.1.3. Critères d'inclusion

Les articles retenus sont les publications en langue française ou anglaise / portant sur la diadococinésie orale chez les enfants tout-venant ou avec un trouble du langage oral / présentant un protocole d'évaluation ou de remédiation / s'intéressant à l'établissement de normes développementales / s'attachant à l'intérêt diagnostique ou thérapeutique des tâches diadococinésiques.

.1.4. Critères d'exclusion

Les articles exclus portent sur la diadococinésie orale chez l'adulte ou dans le contexte de troubles acquis du langage oral / des troubles de la voix / de troubles sensoriels / de syndromes génétiques / de troubles psychopathologiques / de déficience intellectuelle / de bilinguisme / de prématurité / de trouble de la fluence / de trouble de l'articulé dentaire / de trouble du langage écrit.

.1.5. Sélection des articles

La procédure utilisée est la suivante :

- Interrogation des bases de données avec les équations de recherche,
- Visualisation des résultats,
- Tri après lecture du titre et du résumé selon les critères d'inclusion et d'exclusion retenus,
- Exclusion des doublons,
- Tri après lecture intégrale des articles selon les critères d'inclusion et d'exclusion,
- Complétion des résultats avec la bibliographie des articles retenus et la littérature grise.

Les résultats de cette procédure sont présentés dans le diagramme de flux en Annexe 1. Finalement, 85 publications ont été retenues.

.2. Analyse des données

Les articles sont analysés à l'aide d'une grille de lecture (cf. Annexe n°2). Elle reprend les références de l'article, les objectifs du mémoire qui y sont traités, les principaux résultats établis et les nouvelles références intéressantes y figurant.

Résultats

.1. Diadococinésie orale

Nous voulons dans cette partie définir le concept de diadococinésie orale et établir la terminologie qui s'y rapporte.

.1.1. Définition

La diadococinésie orale serait considérée comme un comportement du système moteur oral (Henry, 1990 ; Kent, 2015 ; Robbins & Klee, 1987). Elle reflèterait la capacité du sujet à répéter plusieurs fois, avec les articulateurs de la parole (ex. la langue, les lèvres), des mouvements alternatifs ou répétitifs avec rapidité, précision et tonicité (Lass & Sandusky, 1971 ; Menin-Sicard & Sicard, 2012). Usuellement, les études distinguent la diadococinésie évaluée à partir de répétitions successives de mouvements silencieux des articulateurs (Canning & Rose, 1974 ; Robbins & Klee, 1987 ; Williams & Stackhouse, 2000), de la diadococinésie évaluée à partir de répétitions successives de syllabes ou de séquences de syllabes (Fletcher, 1972 ; Lundeen, 1950). La première serait classée dans les NSOMs (Non Speech Orofacial movements¹), la seconde dans les tâches dites *quasispeech*² ou *speechlike*³ (Kent, 2015 ; Weismer, 2006). Certains auteurs considèrent toutefois la répétition de syllabes comme une tâche de parole (Nip & Green, 2013). En l'absence d'une définition universelle de la parole, il serait difficile d'établir une taxonomie des tâches de parole, de quasi-parole et de non-parole et donc de qualifier précisément la diadococinésie orale (Kent, 2015).

.1.2. Terminologie

Le tableau 1 révèle la multiplicité des termes utilisés dans les études pour évoquer la diadococinésie.

¹ Mouvements oro-faciaux autres que la parole

² Quasiment de la parole

³ Comme la parole

Non-linguistic silent DDK task													x																	1
Non-linguistic spoken DDK													x		x															2
Non speech diadochokinetic task																						x								1
Oral diadochokinesia																							x							1
Oral-diadochokinesia		x	x						x						x															4
Oral-diadochokinesia rate			x																											1
Oral diadochokinetic rate												x	x									x								3
Polysyllabic repetition rate																												x		1
Rapid repetitive articulation (RRA)																														1
Rapid repetition													x																	2
Repetition of a sequence of consonant																														1
Repetition task																														1
Repetitive articulatory rate (RAR)			x																											1
Sequential diadochokinesia	x																													1
Sequential motion rate (SMR)		x								x																				3
Silent diadochokinetic task																														1
Silent oral DDK rate																														1
Speaking rate									x																					1
Speech diadochokinetic																														2
Speech diadochokinesia																														1
Speed of silent movements																														1
Spoken diadochokinetic task																														1
Spoken oral DDK rate																														1
Syllable diadochokinesia																														1
Syllable repetition																														1
Syllable repetition rate																														2
Timed syllable sequence repetition																														1
Trisyllabic repetition rate																														1
Verbal diadochokinesia																														2

Tableau 1 : termes utilisés pour évoquer la diadococinésie orale dans les études

Une terminologie aussi disparate a compliqué l'identification et la compréhension des articles lors de notre travail. En effet, un même terme pouvait renvoyer à des réalités différentes. Ainsi, *diadochokinesis*, employé seul, pouvait référer aux mouvements exécutés avec les membres du corps ou avec les articulateurs, silencieusement ou de façon sonorisée (Jonkers & al., 2017 ; Lundeen, 1950 ; Ruscello , St Louis, Barry, & Barr., 1982). Parfois l'ajout d'un adjectif apportait des précisions sur la tâche mais cet adjectif pouvait être différent selon les auteurs. Ainsi la tâche de répétition de syllabes était nommée *spoken diadochokinesis task* (Prathanee, Thanaviratananich, & Pongjanyakul, 2003), *verbal diadochokinesis task* (Buiza, Rodríguez-Parra, González-Sánchez, & Adrián, 2016), *speech diadochokinesis task* (Cohen & al., 1998), voire *sequencing DDK* et *alternating DDK* pour distinguer la répétition de syllabes faisant intervenir un point d'articulation (pa, pa, pa) ou plusieurs (pa, ta, ka) (Jonkers & al., 2017). Le mot *diadochokinesis* pouvait également ne pas être employé alors que la tâche avait les caractéristiques d'une tâche diadococinésique (McNutt, 1977 ; Robbins & Klee, 1987). Enfin, les termes *diadochokinesis* et *diadochokinetic* étaient utilisés indifféremment dans les publications et l'acronyme DDK pouvait remplacer l'un ou l'autre (Canning & Rose, 1974 ; Kent, Kent, & Rosenbek, 1987 ; Wong & al., 2011). Dans un souci de clarté, nous retiendrons pour la suite la définition de la diadococinésie proposée par Kent (2015) dans sa revue de la littérature sur la taxonomie des tâches oromotrices : « *une série répétée de mouvements articulatoires, simples ou coordonnés* ». Nous utiliserons le terme *diadococinésie non verbale* pour la diadococinésie évaluée à partir de mouvements silencieux des articulateurs et le terme *diadococinésie verbale* pour la diadococinésie évaluée à partir d'une répétition d'une séquence de sons de la parole. Nous emploierons l'adjectif *diadococinésique*, le plus régulièrement utilisé dans les publications en langue française (Charron & MacLeod, 2010; Menin-Sicard & Sicard, 2012). Enfin, l'acronyme *DDK* pourra remplacer les mots *diadococinésie* ou *diadococinésique* selon les contextes.

.1.3. Mesure de la diadococinésie orale

.1.3.1. Taux DDK

La vitesse serait le paramètre le plus généralement considéré lors de l'examen de la DDK (Fletcher, 1972 ; Kent, 2015 ; Lundeen, 1950). Le taux DDK, également appelé *maximum repetition rate* (MRR), est le taux maximal de répétitions successives d'une séquence syllabique (Tiffany, 1980) ou de mouvements silencieux des articulateurs (Canning & Rose, 1974). Il fait partie des tests

de performance maximale de la parole⁴ couramment utilisés en clinique (Kent & al., 1987). Le taux DDK serait une mesure conventionnelle de la production motrice de la parole (Wong & al., 2011).

.1.3.2. Notions de précision et de constance

Des paramètres autres que la vitesse sont parfois mesurés lors des tâches DDK : la précision, i.e. la présence d'erreurs articulatoires, phonologiques ou de séquençage (Cohen & Waters, 1999 ; Robbins & Klee, 1987 ; Ruscello & al., 1982 ; Williams & Stackhouse, 2000), la constance, i.e. le maintien de la même production même erronée pendant toute la durée de la production (Cohen & Waters, 1999 ; Krishnan, 2016 ; Preston & Edwards, 2009 ; Williams & Stackhouse, 2000) ou le rythme de production (Ruscello & al., 1982 ; Wong & al., 2011).

.1.3.3. Taux DDK et autres taux de la parole

Le taux DDK est parfois comparé à d'autres taux dans les études : le taux d'articulation (*articulation rate*), le taux de parole (*speaking rate*), le taux de lecture (*reading rate*) (Lass & Sandusky, 1971 ; Nip & Green, 2013). Ces taux ne sont pas des taux de répétition maximale (i.e. la production répétée et enchaînée d'un même stimulus le plus rapidement possible). Ils sont mesurés sur des tâches de parole dirigées (ex. répétition unique d'un énoncé, lecture de phrases) ou semi-dirigées (ex. description d'images, récit à partir d'une histoire entendue) (Lass & Sandusky, 1971). Ils sont exprimés en nombre de syllabes produites par seconde, comme peut l'être parfois le taux DDK (Cohen & Waters, 1999). Toutefois les calculs pour les établir sont différents (Nip & Green, 2013). Le taux de parole s'obtiendrait en divisant le nombre de syllabes ou de mots produits par le temps total de production en incluant les pauses du locuteur ; le taux d'articulation, lui, se calculerait sans les pauses (Cohen & Waters, 1999 ; Nip & Green, 2013). Cependant les auteurs ne s'accordent pas toujours sur les termes employés. Ainsi Nip & Green (2013) qualifient de taux de parole (*speaking rate*) le taux obtenu lors d'une tâche DDK (répétition réitérée et rapide de la syllabe « buh »).

.2. Protocoles expérimentaux d'évaluation

Après avoir présenté les différents protocoles expérimentaux d'évaluation identifiés, nous confrontons les choix opérés par les chercheurs et la justification

⁴ dont le temps maximum de phonation, le ratio s/z, le volume maximal de phonation, le volume maximal d'expiration, l'amplitude de la fréquence fondamentale, le niveau de pression acoustique maximal, la force d'occlusion maximale des articulatoires, le taux DDK (Kent & al., 1987).

de ces choix. Enfin nous listons les outils d'évaluation disponibles en langue française.

.2.1. Formes des protocoles

Le tableau n°2 résume les méthodologies employées pour l'évaluation de la diadococinésie orale.

		Zamani & al., 2017	Krishnan, 2016	Buiza & al., 2016	Icht & Ben-David, 2015	Nip & Green, 2013	Wong & al., 2011	Modolo & al., 2010	Preston & Edwards, 2009	Rvachew & al., 2006	Prathanee & al., 2003	Yaruss & Logan, 2002	Williams & Stackhouse, 2000	Cohen & al., 1998, 1999	Thoonen & al., 1996	Henry, 1990	Robbins & Klee, 1987	Oliver & al., 1985	St Louis & Ruscello, 1982	Tiffany, 1980	Canning & Rose, 1974	Fletcher, 1972	Total	
Stimuli	Mouvements des articulateurs										x		x					x				x		4
	Enchaînement de 2 voyelles (ex. /a:-u:/)						x				x							x						3
	1 phonème (ex. /t/, /p/)							x								x						x		3
	Séquence de 2 ou 3 phonèmes (/ptk/)															x						x		2
	1 Syllabe (ex. /ta/)		x			x	x	x		x	x			x	x		x	x	x	x	x		x	13
	Séquence dissyllabique (ex. /pata/)			x							x		x	x				x	x	x			x	8
	Séquence trisyllabique (ex. / pataka/)	x		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x			x	16
	Mots (ex. paticake)	x			x							x	x				x						x	6
Méthodes de mesure du taux DDK	Time-By-Count : temps pour les répétitions	x					?		x		x	x	x				?	x	x		x	x		9
	Count-By-Time : répétitions sur un temps fixé		x	x	x	x		x		x				x	x	x				x				10
Time-by-count ⁵	5												x					x						2
	8																		x					1
	10	x							x		x	x						x			x	x		7
	12																		x					1
	15										x												x	2
	16																		x					1
	20										x												x	2
Count-by-time ⁶	3 secondes																x							1
	5 secondes			x																				1
	6 secondes							x																1
	8 secondes		x																					1
	10 secondes				x											x								2
	Sur une expiration					x				x					x						x			4
	Aussi longtemps que possible												x											1

⁵ Temps nécessaire pour un nombre fixé de répétitions.

⁶ Nombre de répétitions réalisées pendant un temps fixé.

Nombre d'essais	1	x																			1		
	2																		x	x		2	
	3		x	x											x						x	6	
	5					?																2	
	6																					1	
	Pendant une minute																					1	
	Autant que nécessaire																				x	5	
Instructions	consigne verbale par l'examinateur	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	x	18
	consigne concrétisée par du matériel																						3
	démonstrations par l'examinateur	x	?		x																x		12
	encouragements lors de la tâche	x																					2
	visualisation des répétitions pendant la tâche																						1
Outils de mesure du taux	chronomètre																						10
	Graphique oscillographique																						2
	Logiciel d'analyse acoustique	x	x																				9
Calcul du taux	Taux global		x																				13
	Taux sans erreur (prononciation, séquençage...)																						5
Unités de mesure du taux	Temps pour toutes les répétitions en secondes																						6
	Nombre de phones par seconde																						1
	Nombre de syllabes par seconde		x																				7
	Nombre de syllabes par minute																						1
	Nombre de répétitions par seconde		x																				5
	Nombre de répétitions pendant 5 secondes																						1
Nombre de répétitions pendant 10 secondes																						1	
Autres scores	Erreurs, constance des productions, pauses...		x																				11

Tableau n° 2 : forme des protocoles d'évaluation d'études impliquant des enfants (x : choix opéré, ? : non précisé)

Pour mesurer les compétences DDK des participants, les chercheurs utiliseraient régulièrement une tâche de répétition maximale d'un stimulus préalablement présenté (Fletcher, 1972 ; Icht & Ben-David, 2017 ; Robbins & Klee, 1987 ; Rvachew, Ohberg, & Blanchet, 2006 ; Yaruss & Logan, 2002). L'analyse des articles révèle toutefois des choix méthodologiques très variés tant sur la cible à répéter que sur le nombre de répétitions demandé ou la méthode de mesure pratiquée. Les unités choisies pour traduire le taux DDK sont elles aussi très hétérogènes. Par la suite, nous étudions plus précisément les choix opérés par les chercheurs.

.2.2. Nature du stimulus

La DDK s'évaluerait à partir d'une répétition rapide et réitérée (a) de mouvements silencieux des articulateurs (Canning & Rose, 1974), (b) d'un enchaînement de deux voyelles (Oliver, Jones, Smith, & Newcombe, 1985), (c) d'un enchaînement de sons consonantiques (Henry, 1990), (d) d'une série d'une ou plusieurs syllabes (Canning & Rose, 1974) ou (e) de mots (Robbins & Klee, 1987). L'analyse du tableau n°2 montre que la majorité des études utiliseraient la DDK verbale (c'est-à-dire utilisant la répétition de sons de la parole) et en particulier la répétition d'une syllabe ou d'une séquence trisyllabique.

.2.2.1. Stimuli non signifiants vs mots

La majorité des auteurs préconiserait le recours à des stimuli non signifiants pour évaluer la DDK verbale orale (Icht & Ben-David, 2017 ; Tiffany, 1980). Il s'agit souvent d'une série de répétitions enchaînées et rapides de séquences mono-, bi- ou trisyllabiques (ex. « pa », « puh, tuh, kuh ») (Cohen & al., 1998 ; Fletcher, 1972 ; Prathanee & al., 2003 ; Preston & Edwards, 2009 ; Wong & al., 2011). Ce matériel, peu porteur de sens, permettrait de se focaliser sur les compétences neuromotrices du participant (Tiffany, 1980). Cette tâche, cependant, serait abstraite et peu motivante (Canning & Rose, 1974). Certains auteurs recommanderaient donc le recours à la répétition de mots signifiants chez le jeune enfant (Canning & Rose, 1974 ; Yaruss & Logan, 2002) et chez la personne âgée (Icht & Ben-David, 2015). Pour Williams & Stackhouse (2000), ces deux tâches n'impliqueraient pas les mêmes compétences et ne seraient pas équivalentes. Les enfants articuleraient ainsi plus vite les mots signifiants que les séquences de syllabes (Icht & Ben-David, 2015 ; Zamani, Rezai, & Garmatani, 2017). En cas d'utilisation de mots signifiants, il faudrait choisir des mots fréquents et familiers avec la même structure syllabique que la séquence syllabique considérée (ex. « patty cake » et /pətəkə/ en anglais) et peu de valeur émotionnelle car celle-ci ralentirait les taux (Icht & Ben-David, 2017).

.2.2.2. Choix des syllabes

Les syllabes les plus couramment retenues pour la mesure du taux DDK seraient /pΛ/, /tΛ/, /kΛ/ (ou leurs équivalents voisés /bΛ/, /dΛ/, /gΛ/) ainsi que la séquence trisyllabique /pΛtəkə/ (Icht & Ben-David, 2014 ; Kent & al., 1987). Cette dernière serait d'ailleurs devenue un standard clinique (Kent & al., 1987 ; Zamani & al., 2017). Le recours aux sons consonantiques tels /p/, /t/, /k/ impliquerait des mouvements de la langue et des lèvres très présents dans la parole spontanée (Canning & Rose, 1974). Pour Fletcher (1972) ces phonèmes seraient représentatifs des différents niveaux de complexité articulatoire développementaux, en termes de lieu d'articulation et de contenu syllabique. C'est pour ces phonèmes que l'on disposerait actuellement du plus de données normatives (Kent & al., 1987). La structure syllabique proposée aurait également une influence sur les taux DDK, les consonnes ayant des caractéristiques temporelles différentes selon leur lieu ou leur mode d'articulation (Cohen & Waters, 1999 ; Fletcher, 1972 ; Kent & al., 1987 ; Lundeen, 1950). D'après Yaruss et Logan (2002), seule la répétition de séquences trisyllabiques (ex. / pΛtəkə /) serait nécessaire, de fortes corrélations existant entre les taux DDK recueillis avec des cibles mono-, bi- et trisyllabiques.

.2.3. Mesure du taux DDK

.2.3.1. Méthodes de mesure

Le taux DDK est obtenu en mesurant le temps nécessaire pour un nombre fixé de répétitions, Time-by-count, (Fletcher, 1972 ; Gadesmann & Miller, 2008) ou en mesurant le nombre de répétitions effectué pendant un temps fixé (ex. sur une expiration), Count-by-time, (Rvachew & al., 2006). Les mesures sont réalisées à l'aide d'un chronomètre uniquement (Canning & Rose, 1974 ; Oliver & al., 1985 ; Ruscello & al., 1982) ou d'un logiciel informatique d'analyse acoustique de la parole (Cohen & Waters, 1999 ; Prathanee & al., 2003 ; Rvachew & al., 2006 ; Wong & al., 2011). L'utilisation d'un chronomètre seul nuirait à la précision des mesures (Gadesmann & Miller, 2008). L'enregistrement des réponses et l'utilisation d'un logiciel informatique seraient recommandés (Kent & al., 1987 ; Rvachew & al., 2006 ; Thoonen, Maassen, Wit, Gabreëls, & Schreuder, 1996). Le taux peut être calculé sur la production brute (Fletcher, 1972 ; Nip & Green, 2013 ; Prathanee & al., 2003 ; Wong & al., 2011) ou plus rarement sur une production sans erreur d'articulation ou de séquençage (Cohen & Waters, 1999 ; Preston & Edwards, 2009 ; Yaruss & Logan, 2002).

.2.3.2. Unités de mesure

Les unités de mesure sont différentes selon les études. Elles dépendent de la méthode de mesure utilisée (Icht & Ben-David, 2017). Les résultats seraient le plus souvent présentés en secondes pour l'ensemble des répétitions (Canning & Rose, 1974 ; Fletcher, 1972 ; Oliver & al., 1985 ; Prathanee & al., 2003 ; Preston & Edwards, 2009 ; Williams & Stackhouse, 2000) ou en syllabes par seconde (Krishnan, 2016 ; Rvachew & al., 2006 ; Thoonen & al., 1996 ; Tiffany, 1980 ; Wong & al., 2011). Cohen & al. (1998) proposent la généralisation d'une unité en syllabes par seconde, qui rendrait les taux DDK plus facilement comparables avec les taux de parole spontanée. Icht & Ben-David (2017) proposent des équations permettant la conversion d'une unité en une autre afin de faciliter la comparaison et l'utilisation clinique des données.

.2.4. Présentation de la tâche

.2.4.1. Instructions aux participants

Les instructions données aux participants seraient le plus souvent verbales et suivies d'une démonstration par l'examineur. Certains auteurs fixent précisément des consignes dans leur protocole (Cohen & al., 1998 ; Fletcher, 1972 ; Nip & Green, 2013 ; Rvachew, Hodge, & Ohberg, 2005 ; Thoonen & al., 1996). Le tableau n°3 récapitule les consignes relevées.

Etude	Consigne
Zamani & al., 2017	« Please repeat /pa-ta-ka/ As fast and accurate as you can » "Veuillez répéter /pa-ta-ka-ka/ aussi vite et aussi précisément que possible".
Icht & Ben-David, 2015	"now, please repeat these syllables once again, as quickly as possible, without making a mistake , until I will signal you to stop" "Répétez ces syllabes aussi vite que possible, sans faire d'erreur, jusqu'à ce que je vous fasse signe d'arrêter. »
Nip & Green, 2013	Participants were asked to repeat « buh » fast and clearly , and to do as many repetitions as possible in a single breath On a demandé aux participants de répéter " buh " rapidement et clairement, et de faire autant de répétitions que possible en une seule inspiration.
Wong & al., 2011	« Repeat /pa/ or /pa, ta, ka/ as quickly , regularly , clearly , and accurately as possible » "Répétez /pa/ ou /pa, ta, ka/ aussi rapidement, régulièrement, clairement et précisément que possible".
Preston & Edwards, 2009	Each participant was instructed to produce the trisyllable /pataka/ 10 times in a row as rapidly as possible Chaque participant a reçu l'instruction de produire le trisyllabe /pataka/ 10 fois d'affilée le plus rapidement possible.
Rvachew & al., 2006	Ask the child to repeat as fast as possible Demandez à l'enfant de répéter aussi vite que possible
Williams & Stackhouse, 2000	The child was asked to repeat the target five times as quickly as possible On a demandé à l'enfant de répéter la cible cinq fois le plus rapidement possible.
Cohen & al., 1998	« the driver needs to hear a special sound said again and again, clearly but as fast as you can because the train is running late today » "le conducteur a besoin d'entendre un son spécial répété encore et encore, clairement mais aussi vite que tu le peux parce que le train est en retard aujourd'hui".
Thoonen &	The children were asked to repeat [...] as quickly as possible

al., 1996	<i>On a demandé aux enfants de répéter [...] le plus rapidement possible</i>
Tiffany, 1980	« <i>The following forms are to be repeated as fast as you can without omitting or seriously garbling the train of sounds</i>
	<i>Les formes suivantes doivent être répétées aussi vite que possible sans omettre ou déformer sérieusement la succession de sons.</i>
Canning & Rose, 1974	<i>He was then asked to repeat the sequence many times as quickly as possible without making a mistake</i>
	<i>On lui a ensuite demandé de répéter la séquence plusieurs fois le plus rapidement possible sans faire d'erreur</i>

Tableau n°3 : consignes données aux participants dans les études

Les consignes ne véhiculent pas toutes les mêmes demandes : certains auteurs insistent sur une exécution rapide (Preston & Edwards, 2009 ; Rvachew & al., 2006 ; Thoonen & al., 1996 ; Williams & Stackhouse, 2000), d'autres ajoutent un désir de précision (Canning & Rose, 1974 ; Tiffany, 1980 ; Zamani & al., 2017), d'autres enfin réclament clarté et régularité (Cohen & al., 1998 ; Nip & Green, 2013 ; Wong & al., 2011). Chez l'enfant de moins de six ans, la motivation à collaborer et la compréhension des consignes seraient des enjeux importants car elles influenceraient les performances (Yaruss & Logan, 2002). Par exemple pour la consigne « *Continue aussi longtemps que possible jusqu'à ce que je te dise d'arrêter* », Cohen & al. (1998) relèvent que la peur de rater le signal d'arrêt provoquerait un ralentissement du taux DDK. Des protocoles pour les plus jeunes ont été proposés (Cohen & al., 1998 ; Rvachew & al., 2005 ; Williams & Stackhouse, 2000). Ils préconisent l'utilisation d'encouragements visuels et auditifs pendant les essais (Rvachew & al., 2005 ; Yaruss & Logan, 2002), de repères visuels permettant de concrétiser le nombre de répétitions déjà effectué (Williams & Stackhouse, 2000) ou l'utilisation d'un matériel ludique et concret pour expliquer les consignes (ex. le jeu du train, Cohen & al. (1998)).

.2.4.2. Nombre de répétitions demandé

Ce nombre varie de 5 à 20 répétitions selon les études (Canning & Rose, 1974 ; Fletcher, 1972 ; Prathanee & al., 2003 ; Yaruss & Logan, 2002). Le nombre de répétitions demandé dépendrait de la longueur du stimulus : 20 pour une cible monosyllabique, 15 pour une cible bisyllabique, 10 pour une cible trisyllabique (Fletcher, 1972 ; Prathanee & al., 2003). Haselager, Slis, & Rietveld (1991) rapportent une influence de ce paramètre ; selon leurs observations, les enfants de 5 à 11 ans auraient des taux de répétition plus rapides quand le nombre de répétitions augmente.

.2.4.3. Nombre d'essais alloué

Le participant est parfois autorisé à s'exercer afin d'obtenir la performance la plus représentative possible de ses capacités (Buiza & al., 2016 ; Fletcher, 1972 ; Oliver & al., 1985 ; Prathanee & al., 2003 ; Robbins & Klee, 1987 ; Yaruss & Logan, 2002). Le nombre d'essais est variable selon les protocoles.

Thoonen & al. (1996) considèrent que trois essais minimum devraient être attribués pour l'établissement du taux DDK. Pourtant, une étude récente recommanderait un protocole incluant une seule séance d'entraînement et une seule séance d'examen (Icht & Ben-David, 2017).

.2.5. Outils d'évaluation en langue française

Nous avons repéré un outil d'évaluation du langage oral chez l'enfant contenant une épreuve de répétition maximale (i.e. la production répétée et enchaînée d'un même stimulus le plus rapidement possible). Diadolab (Menin-Sicard & Sicard, 2012) contient un module d'évaluation de la diadococinésie. Cet outil informatique d'analyse de la parole est présenté par les auteurs comme une aide à l'évaluation et à l'accompagnement orthophonique des patients présentant des pathologies de production de la parole (ex. les troubles d'articulation, les troubles phonologiques, etc.) et des troubles du langage écrit (ex. dyslexie phonologique). L'enfant doit répéter la séquence trisyllabique /pataka/ qui est analysée selon quatre critères d'altération de la parole : atonie, débit, irrégularité, instabilité en puissance. Un autre outil informatique, Mon-PaGe, est destiné à l'évaluation de la parole francophone des adultes présentant des troubles moteurs de la parole (Lévêque, Laganaro, Fougeron, Delvaux, Pernon, Borel, & Catalano, 2016). Il est actuellement en cours de normalisation et devrait être disponible courant 2019 pour les cliniciens et les chercheurs. Il contiendra un module « diadococinésies ». Ce module comptera des tâches DDK séquentielles (ne recourant qu'à un seul lieu d'articulation) de type : consonne voyelle (CV) « bababa », « dédédé », « gogogo » ou CCV « claclacla », « tratra-tra ». Il inclura également des tâches DDK alternantes (faisant alterner différents lieux d'articulation) de type CV « badégo » et CCV « clatra ». La performance du patient sera mesurée en terme de vitesse et de précision des mouvements articulatoires. Enfin, au commencement de ce travail, nous nous étions interrogés sur deux items du module « Praxies buccofaciales et linguales » d' EVALO 2-6 (Coquet, Ferrand, & Roustit, 2009). Lors de ces items, l'évaluateur demande à l'enfant de produire des séquences de phonèmes ([fffssschhhh], [ptk]) « *sans ajout vocalique et en liant bien les articulations* ». Cependant, une seule répétition, sur imitation, est sollicitée. En l'absence d'un cycle de répétitions à une vitesse maximum, il nous semble qu'on ne peut considérer cette épreuve comme une tâche DDK.

Finalement, aucun consensus sur l'évaluation ne semble apparaître. Un standard clinique émergerait avec l'utilisation plus répandue de la séquence trisyllabique /pataka/ et des monosyllabes /pa/, /ta/, /ka/ en répétition (Kent & al., 1987). Cette multiplicité méthodologique serait problématique et remettrait en

question l'utilité clinique de la mesure DDK (Cohen & al., 1998 ; Icht & Ben-David, 2017 ; Kent & al., 1987 ; Robbins & Klee, 1987 ; Williams & Stackhouse, 1998 ; Wong & al., 2011). On observerait par exemple des taux DDK différents entre les études pour un même type de population (Cohen & al., 1998 ; Williams & Stackhouse, 1998).

.3. Données développementales

Selon Robbins & Klee (1987), l'utilisation de normes adultes lors de l'examen des performances DDK des enfants serait inadaptée, les enfants démontrant un contrôle moteur de la parole différent. Etablir des données développementales par groupe d'âge, utilisables lors de l'évaluation clinique, s'avèrerait donc indispensable (Ozanne, 1992). Nous avons donc voulu répertorier et présenter les conclusions des études portant sur le taux DDK chez les enfants au développement langagier typique.

.3.1. Etudes répertoriées

Le tableau suivant liste les études expérimentales établissant des taux DDK chez les enfants sans trouble du langage oral :

Auteurs	Pays	année	Effectif	Age	Stimuli	Unité du taux DDK	Autres mesures (ex. précision)
Zamani & al.	Iran	2017	142	[4-6]	/pataka/ mots perses	s / 10 rép	
Krishnan	Inde	2016	19	[6-12]	/pə/	syll/s	x
Icht & Ben-David	Israël	2015	60	[9-11]	/pataka/ bodeket (mot)	syll/s	
Nip & Green	USA	2013	53	[4-16]	/buh/	syll/s	
Wong & al.	Canada	2011	112	[4-18]	/pa/ /pataka/	rép/s	x
Modolo & al.	Brésil	2010	150	[8-10]	/pa/ /ta/ /ka/ /pataka/ /a/, /i/	rép/s	
Rvachew & al.	Canada	2006	20	[4-6]	/pa/, /ta/, /ka/ /pataka/	syll/s	
Prathanee & al.	Thaïlande	2003	142	[6-13]	Mouvements de langue /pə/ /tə/ /lə/ /kə/ /təkə/ /pətə/ /pəkə/ /a:-u:/, /u:-i:/, /i:-a:/	s/15 ou 20 rép	
Yaruss & Logan	USA	2002	15	[3-7]	/puh-tuh-kuh/ pattycake (mot)	rép/s	x
Williams & Stackhouse	UK	2000	30	[3-5]	Mouvements des lèvres et de langue Séquences bi-, trisyllabiques variées	s/ 5 rép	x
Cohen & al.	UK	1998	14	[3-5]	/pə/, /tə/, /kə/ /pətə/ /pətəkə/	syll/s	x
Robbins & Klee	USA	1987	90	[2-7]	/pʌ/, /tʌ/, /kʌ/ /pəɾəkək/	rép/s	x

					patticake		
Oliver & al.	UK	1985	166	[8-16]	Mouvements de langue /pa/ /kala/ /o/ /e/ /i/	s/rép	
Canning & Rose	UK	1974	50	[4-14]	Mouvements de langue /t/ /j/ /l/ /k/ /w/ /p/ /ptk/ Buttercup (mot)	s/10 rép	
Fletcher	USA	1972	384	[6-13]	/pʌ/ /tʌ/ /kʌ/ /fʌ/ /lʌ/ /pʌtə/ /pʌkə/ /tʌkə/ /pʌtəkə/	s/rép	

Tableau n°4 : études DDK chez les enfants normo-typiques (s : seconde, syll : syllabe, rép : répétition)

Aucune étude en langue française n'est à notre connaissance disponible. Les normes DDK disponibles dans la littérature se révèlent avoir été établies à partir de méthodologies différentes, en particulier sur le choix de la cible à répéter. Les unités de mesure sont également différentes et dépendent de la méthode de mesure utilisée (Time-by-count vs Count-by-time).

3.2. Normes développementales

Présenter toutes les normes disponibles par âge pour chaque cible à répéter ne semblait pas réalisable au regard de la multiplicité des stimuli, des unités de mesure, des tranches d'âge et des langues considérées. Nous avons donc choisi de présenter les résultats (a) recueillis chez des enfants parlant anglais, (b) pour des stimuli mono- et trisyllabiques indépendamment de leur structure consonantique. Ce type de cibles serait en effet le plus répandu dans la littérature (Kent & al., 1987). Pour les monosyllabes, quand plusieurs cibles étaient étudiées, nous retenions la syllabe /pa/. Pour les cibles trisyllabiques, nous n'avons pas différencié mots et non-mots, (c) exprimés en syllabes par seconde (syll/s) (les normes disponibles dans cette unité étant les plus nombreuses). Lorsque le résultat pour la séquence trisyllabique était donné en nombre de répétitions par seconde, nous convertissions le taux en le multipliant par 3, (d) pour les tranches d'âge [3-5 ans], [6-10 ans], [11-14 ans] et >14 ans, correspondant aux âges des enfants de maternelle, primaire, collège et lycée. Quand plusieurs données étaient disponibles pour un même auteur dans une tranche d'âge, nous choisissions les données des enfants de 4 ans, 8 ans, 12 ans et 16 ans⁷.

	Cible monosyllabique		Cible trisyllabique	
	Etude	Taux DDK	Etude	Taux DDK
[3-5ans]	Nip & Green 2013	4,5		
	Rvachew & al 2006	3,76	Rvachew & al 2006	3,98
			Yaruss & Logan 2002	3,36

⁷ L'étude d'Oliver & al. (1985) a été écartée car elle propose un score DDK total, englobant tous les stimuli.

	Cohen & al 1998	4,03	Cohen & al 1998	3,55
	Robbins & Klee 1987	4,89	Robbins & Klee 1987	4,68
[6-10 ans]	Krishnan 2016	4,80	Icht & Ben-David 2015	4,08
	Nip & Green 2013	5,2		
	Modolo & al. 2010	4,92	Modolo & al. 2010	4,98
	Rvachew & al 2006	5,04	Rvachew & al 2006	4,77
			Yaruss & Logan 2002	4,44
	Robbins & Klee 1987	5,51	Robbins & Klee 1987	4,92
[11-14 ans]	Nip & Green 2013	5,9	Icht & Ben-David 2015	5,12
>14 ans	Krishnan 2016	5,65		
	Nip & Green 2013	5,4		
	Wong & al. 2011	5,62	Wong & al. 2011	5,54

Tableau n°5 : normes DDK en langue anglaise par âge en syll/s

Selon Kent (1987), un adulte anglophone produirait 6 à 7 syllabes par seconde. En comparaison, les enfants présenteraient donc des taux DDK plus lents. A partir de ces données, les chercheurs ont (a) étudié l'évolution avec l'âge de la performance DDK, (b) comparé les performances des garçons et des filles, (c) établi le moment où la performance infantile rejoignait la performance adulte. Nous présentons ci-après leurs conclusions.

.3.3. Influence de l'âge

La vitesse des performances DDK s'améliorerait avec l'âge (Canning & Rose, 1974 ; Fletcher, 1972 ; Henry, 1990 ; Oliver & al., 1985 ; Robbins & Klee, 1987 ; Wong & al., 2011), en particulier grâce à la maturation du système nerveux et l'optimisation du système de contrôle moteur de la parole (Nip & Green, 2013 ; Robbins & Klee, 1987). Cette tendance serait observée dans toutes les langues (Icht & Ben-David, 2015). Avant 4 ans, une plus grande variabilité interindividuelle serait observée en particulier lors de la répétition de séquences trisyllabiques (Robbins & Klee, 1987). Celle-ci diminuerait ensuite, les enfants jusque 7 ans ayant des résultats plus homogènes au sein de leur groupe d'âge. Ce phénomène s'expliquerait par une maturation fonctionnelle des structures du système vocal en deux phases : une première phase, jusque 4 ans, d'organisation intense du système moteur, puis une seconde phase plus légère, après 4 ans, d'affinage et de peaufinage du système (Robbins & Klee, 1987). L'étude de Williams & Stackhouse (1998) n'observe toutefois pas d'évolution significative de la vitesse chez des enfants de 3 à 5 ans. Pour les auteurs, c'est la précision des performances (i.e. le respect de la cible donnée) et la constance (i.e. le maintien de la même production, même erronée, pendant toutes les répétitions) qui s'amélioreraient chez les enfants de cet âge.

.3.4. Influence du genre

Selon Oliver & al. (1985), les habiletés motrices fines et les habiletés de coordination sembleraient se développer plus rapidement chez les hommes que chez les femmes. Modolo, Berretin-Felix, Genaro, & Brasolotto (2010) rapportent une différence entre les genres pour la répétition de /pataka/ (taux DDK plus rapide chez les garçons de 8 et 10 ans) et de /ta/ (taux DDK plus rapide chez les filles de 8 à 10 ans). Toutefois, la majorité des études ne révèle pas de différence significative du taux DDK selon le sexe (Fletcher, 1972 ; Robbins & Klee, 1987 ; Walker & Archibald, 2006), et ce quelle que soit la langue (Canning & Rose, 1974 ; Icht & Ben-David, 2014 ; Krishnan, 2016 ; Wong & al., 2011).

.3.5. Âge de maturité

L'âge auquel le niveau de compétence des enfants atteindrait celui des adultes diffère selon les études. Selon Robbins & Klee (1987), la bonne coordination spatio-temporelle des articulateurs permettant un contrôle fiable des mouvements articulatoires serait atteinte vers l'âge de 11 ans. Lundeen (1950) fixe cette limite à 18 ans. Fletcher (1972) estime que les compétences DDK se développent au moins jusqu'à 15 ans. Canning & Rose (1974) observent un ralentissement de la progression des taux de répétition à partir de 9 ; 6 ans. Nip & Green (2013) rapportent un effet significatif de l'âge dans le taux DDK jusqu'à 13 ans. Ces différences seraient dues à la multiplicité des méthodologies appliquées (Cohen & al., 1998 ; Wong & al., 2011).

Un consensus émerge : les performances DDK des enfants s'amélioreraient avec l'âge, en particulier sur la vitesse. Cependant l'absence de protocoles standardisés complique la comparaison et l'utilisation clinique des données établies (Cohen & al., 1998). De plus, si des données développementales sont établies pour l'anglais (Canning & Rose, 1974 ; Cohen & al., 1998 ; Henry, 1990 ; Oliver & al., 1985 ; Robbins & Klee, 1987 ; Rvachew & al., 2006 ; Williams & Stackhouse, 2000 ; Wong & al., 2011 ; Yaruss & Logan, 2002) et pour d'autres langues comme le thaï ou l'hébreu (Icht & Ben-David, 2014 ; Prathanee & al., 2003), aucune étude en langue française ne semble être disponible. Or, la langue et la culture influenceraient les performances DDK (Icht & Ben-David, 2014 ; Prathanee & al., 2003). Icht & Ben-David (2014) soulignent l'importance d'établir des normes spécifiques à chaque langue pour répondre aux besoins de la pratique clinique, une norme universelle DDK anglaise ne pouvant être utilisée indifféremment selon les langues et les cultures.

.4. Diadococinésie et parole

Le lien entre les tâches DDK et le langage oral, notamment la parole, serait controversé (Maas, 2017). Nous présentons ici les deux principaux modèles proposés dans la littérature au sujet du contrôle oro-moteur de la parole et leur implication dans la relation entre tâche DDK et parole. Nous abordons ensuite les résultats des études de neuroimagerie sur le sujet.

.4.1. Relation entre DDK et parole

Une proximité est supposée entre la diadococinésie orale et la parole (Krishnan, 2016 ; Rvachew & al., 2006 ; Thoonen & al., 1996 ; Tiffany, 1980 ; Wong & al., 2011). La tâche DDK est parfois désignée comme *speechlike* ou *quasispeech* (Kent, 2015). En effet, les séries DDK exigeraient, comme lors de la parole, des mouvements alternés des articulateurs mais, contrairement à elle, ne feraient intervenir que peu de traitement linguistique et cognitif (Cohen & al., 1998 ; Preston & Edwards, 2009 ; Ziegler, 2002). Cette proximité, ajoutée à la simplicité de mise en œuvre de la tâche DDK, serait une indication de son utilisation dans l'évaluation des compétences motrices impliquées lors de tâches langagières (Cohen & al., 1998 ; Icht & Ben-David, 2014 ; Ruscello & al., 1982 ; Tiffany, 1980). Cependant, actuellement, un débat existe sur le lien entre les tâches DDK et la parole (Maas, 2017). Deux principaux modèles s'affrontent : le Task-dépendent Model (TDM) (Ziegler, 2003 ; Ziegler & Ackermann, 2013) et l'Integrative Model (IM) (Ballard & al., 2003). Les auteurs statuent différemment sur la parole et le système moteur qui la sous-tend et donc, incidemment, sur la relation entre les tâches de non-parole (dont la diadococinésie) et la parole. Le modèle TDM suppose l'existence d'un système de contrôle neuromoteur distinct, dédié à la parole. Dans ce modèle, la parole serait globale et ne pourrait être décomposée en parties constitutives (Ziegler & Ackermann, 2013). Pour Ziegler (2003), les tâches DDK ne sont pas des tâches de parole, elles ne sont pas contrôlées par le même système moteur, elles n'ont donc aucune valeur pour le diagnostic ou la compréhension des troubles de parole. Le modèle IM (Ballard & al., 2003) définit, lui, la parole comme une combinaison de différentes compétences, isolables, dont certaines sont partagées avec d'autres comportements moteurs. La production de la parole impliquerait donc des réseaux multifonctionnels qui se chevauchent avec d'autres fonctions motrices. Ballard suggère ainsi que certaines tâches non liées à la parole, comme les tâches DDK, partageraient des principes communs avec la parole et seraient donc utiles pour l'examen de la performance motrice et le diagnostic différentiel des troubles de la parole. Le modèle TDM est celui qui prédomine actuellement dans la littérature (Maas, 2017). Une étude récente de Staiger, Schölderle, Brendel, Bötzel, &

Ziegler (2017) menée sur 260 participants adultes, s'est intéressée à la relation entre le taux d'articulation (mesuré sur une lecture oralisée), le taux de répétition rapide syllabique et le taux de répétition rapide de mouvements d'un articulatoire. Ils concluent que ces taux ne mesurent pas des compétences communes et déconseillent l'utilisation des taux de performance syllabique dans l'évaluation de la parole.

.4.2. Considérations neuroanatomiques

Des études utilisant des techniques d'imagerie fonctionnelle non invasives, telles la tomographie par émission de positons (TEP) ou l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), ont voulu établir l'organisation cérébrale des aspects moteurs de la parole (Ackermann & Hertrich, 2000 ; Riecker, Mathiak, Wildgruber, Erb, Hertrich, Grodd, & Ackermann, 2005 ; Riecker, Wildgruber, Dogil, Grodd, & Ackermann, 2002; Staiger & al., 2017 ; Wildgruber, Ackermann, & Grodd, 2001). La production motrice de la parole semble être organisée en au moins trois systèmes fonctionnels :

Initiation de la production + maintien d'un flux verbal continu et fluide	Programmation motrice	Exécution motrice
Aire motrice supplémentaire (AMS) de l'hémisphère de dominance linguistique (en général gauche, HG)	-gyrus frontal précentral et inférieur (aire de Broca) de l'HG -insula antérieur (HG) -cervelet supérieur (activation bilatérale)	-cortex sensorimoteur (activation bilatérale) et prémoteur -boucles motrices cortico-sous-corticale (ganglions de la base et cervelet inférieur) (activation bilatérale)

Tableau n°6 : résumé des études d'imagerie fonctionnelle (Ackermann, 2007)

Un chevauchement des schémas d'activation lors de la parole et lors de tâches de non-parole semblerait établi (Brown, Laird, Pfordresher, Thelen, Turkeltaub & Liotti, 2009 ; Chang, Kenney, Loucks, Poletto, & Ludlow, 2009 ; Grabski, Lamalle, Vilain, Schwartz, Vallée, Tropres, ... Sato, 2012 ; Lotze, Seggewies, Erb, Grodd, & Birbaumer, 2000). Cependant, Kent (2015) précise que trouver des similitudes dans la topographie de l'activation corticale ne signifierait pas forcément que les neurones corticaux se comporteraient de façon identique selon ces tâches. De plus, des études montreraient une différence de latéralisation de l'activation corticale selon la nature de la tâche : activation gauche pour les tâches de parole vs bilatérale pour les tâches de non-parole (Bunton, 2008). Ainsi une étude de Wildgruber & al. (2001) sur des patients droitiers, sains, observerait une forte activation du cortex primaire moteur (commandant l'exécution du mouvement) de l'hémisphère gauche lors d'une tâche vocale (récitation silencieuse et continue des noms des mois de l'année) alors que la répétition de mouvements verticaux de la langue engendrerait une activation bilatérale. De même,

l'étude de Liégeois, Butler, Morgan, Clayden, & Clark (2016), comparant l'activation cérébrale lors d'une tâche de parole (génération de verbes) et d'une tâche de non-parole (répétition silencieuse rapide de syllabes), conclut que l'activation motrice du cerveau pour la répétition de syllabes ne serait pas liée à l'asymétrie fonctionnelle de la production du langage chez l'adulte mais engendrerait une activation bilatérale du cortex.

.4.3. Taux DDK et taux de parole

Le taux DDK serait plus rapide que le taux de parole pendant l'enfance (Haselager & al., 1991 ; Zamani & al., 2017). Les deux taux augmenteraient avec l'âge mais le taux de parole de façon moins spectaculaire que le taux DDK (Wong & al., 2011). Une étude menée chez 40 adultes sans trouble du langage oral entre 19 et 28 ans a conclu qu'on ne pouvait pas prédire le taux de parole d'un individu à partir d'une performance à une tâche DDK (Lass & Sandusky, 1971).

La relation entre performance DDK et parole est donc controversée. Les données actuelles ne seraient pas en faveur d'une interdépendance entre les deux tâches.

.5. Intérêt des tâches DDK dans l'évaluation diagnostique

Certains auteurs plébiscitent l'utilisation de tâches DDK lors de l'évaluation du langage oral (Kent & al., 1987 ; Ozanne, 1992). Ces tâches, peu coûteuses en traitement linguistique, permettraient l'évaluation des compétences articulatoires (Tiffany, 1980). Les tâches de répétition maximale de syllabes seraient ainsi une mesure sensible d'un déficit moteur de la parole (ex. chez les patients dysarthriques) (Kent & al., 1987 ; Staiger & al., 2017). Un ralentissement du taux DDK aurait ainsi été observé lors d'atteintes du système nerveux central (ex. lésions post-accident vasculaire cérébral) ou des fonctions sensori-motrices périphériques (ex. surdité) (Kent, Duffy, Kent, Vorperian, & Thomas, 1999 ; Robb, Hughes, & Frese, 1985 ; Ziegler & von Cramon, 1986). L'intérêt potentiel des tâches DDK dans le diagnostic des troubles du langage oral chez l'enfant est questionné (Murray & al., 2015 ; Thoonen & al., 1996 ; Williams & Stackhouse, 1998). Dans cette partie, nous examinons les études portant sur les enfants avec un trouble du langage oral⁸ (TLO). Nous cherchons d'abord à établir les différences observées dans leurs performances par rapport à celles des

⁸ En l'absence de consensus international sur les critères et la terminologie des difficultés de langage chez les enfants (Bishop, Snowling, Thompson, & Greenhalgh, 2017), nous avons choisi d'utiliser le terme général de « trouble du langage oral », sans distinction, dans un souci de simplification et de clarté.

enfants au développement langagier typique. Nous envisageons ensuite les tâches DDK comme aide au diagnostic.

.5.1. Performances DDK chez les enfants avec un trouble du langage oral

Le tableau n°7 présente les études comparant les performances des enfants avec un TLO et les enfants au développement langagier typique.

Etude	Effectif	Age (ans)	Tâche DDK : répétitions rapides, successives de ...	Différence de perfor- mance ?	Comparaison des performances			
					Critères de comparaison envisagés :			
					Non spécifié	Vitesse	Précision	Constance
Buiza & al. (2016) Espagne	62 DT 31 TLO	8	séquences bi- et trisyllabiques	Oui	<	∅	∅	∅
Wren & al. (2012) UK	6399 DT 984 TLO	8	/pətəkə/, / bədəgə/	Oui	∅	∅	<	∅
Preston & Edwards (2009) USA	14 DT 13 TLO	10-14	/pətəkə/	Oui	∅	=	<	<
Square & al. (2001) USA	1090 DT 394 TLO	2-12	-Mouvements des articulateurs -Séquences de 2 ou 3 phonèmes	Oui	<	∅	∅	∅
Williams & Stackhouse (1998) UK	30 DT 3 TLO	DT : 3-5 TLO:3, 5, 8	Mots, non mots, séquences bi et trisyllabiques	Oui	∅	<	<	<
Cohen & Waters (1999) UK	40 DT 40 TLO	3-4	/pə/, /tə/, /kə/, /pətə/, /pətəkə/	Oui	∅	=	<	∅
Thoonen & al. (1996) Pays-Bas	11 DT 20 TLO	6-10	3 monosyllabes / patakə/	Oui	∅	<	<	∅
Bradford & Dodd (1996) Australie	51 DT 51 TLO	3;2-6;7	/pʌ/ /tʌ/ /kʌ/, /pərəkək/, patticake	Oui	∅	<	<	∅
Henry (1990) UK	60 DT 30 TLO	3-5	Séquences mono, bi, trisyllabiques	Oui	<	∅	∅	∅
Mac Nutt (1977) USA	15 DT 30 TLO	13-14	Séquences bisyllabiques	Oui	∅	<	∅	∅
Tuomi & Winter (1977) UK	18 TLO	6, 8	Mouvements de langue /pʌ/ /tʌ/ /kʌ/, /pʌ tʌ kʌ/	Oui (comparaison aux normes de Fletcher, 1972)	∅	6 ans : < 8 ans : >	∅	∅
Yoss & Darley (1974) USA	30 DT 30 TLO	5-10	/pʌ/ /tʌ/ / kʌ/, /pʌ tə kə/	Oui	∅	<	<	∅

Tableau n°7 : études impliquant des enfants avec des troubles du langage oral

DT : développement typique, TLO : trouble du langage oral

Non renseigné	∅
TLO < DT	<
TLO = DT	=
TLO > DT	>

La tâche DDK s'avère essentiellement utilisée dans les études portant sur des enfants ayant des difficultés de production des sons de la parole sur le plan articulatoire ou phonologique (Bradford & Dodd, 1996 ; Henry, 1990 ; Preston & Edwards, 2009 ; Tuomi & Winter, 1977 ; Williams & Stackhouse, 1998 ; Wren, Roulstone, & Miller, 2012). Généralement, une différence de performance, en faveur des enfants au développement langagier normal, est observée (Bradford & Dodd, 1996 ; Buiza & al., 2016 ; Cohen & Waters, 1999 ; Preston & Edwards, 2009 ; Thoonen & al., 1996 ; Tuomi & Winter, 1977 ; Williams & Stackhouse, 1998 ; Wren & al., 2012 ; Yoss & Darley, 1974). Deux études indiquent une même dynamique d'évolution des performances avec l'âge mais retardée (Henry, 1990 ; Square, Hayden, Cioll, Wilkins, & Bose, 2001). Une moindre précision et une plus grande variabilité entre les productions seraient également pointées (Bradford & Dodd, 1996 ; Cohen & Waters, 1999 ; Preston & Edwards, 2009 ; Thoonen & al., 1996 ; Williams & Stackhouse, 1998 ; Wren & al., 2012 ; Yoss & Darley, 1974). Le paramètre le plus considéré demeurerait le taux de production (Bradford & Dodd, 1996 ; Cohen & Waters, 1999 ; Preston & Edwards, 2009 ; Tuomi & Winter, 1977 ; Williams & Stackhouse, 1998 ; Yoss & Darley, 1974). Un ralentissement du taux serait souvent rapporté (Bradford & Dodd, 1996 ; Thoonen & al., 1996 ; Williams & Stackhouse, 1998 ; Yoss & Darley, 1974). Néanmoins, deux études ne constateraient pas ce ralentissement (Cohen & Waters, 1999 ; Preston & Edwards, 2009). Tuomi & Winter (1977) rapporteraient même un taux DDK plus élevé sur les séquences /kʌ/ et /pʌ tʌ kʌ/ chez des enfants de 8 ans présentant un trouble d'articulation isolé par rapport aux normes établies par Fletcher (1972).

.5.2. Intérêt de la tâche DDK dans le diagnostic différentiel des troubles du langage

La performance DDK a été sondée comme critère possible d'identification des TLO chez l'enfant (Buiza & al., 2016 ; Thoonen, Maassen, Gabreëls, & Schreuder, 1999 ; Vick, Campbell, Shriberg, Green, Truemper, Rusiewicz, & Moore, 2014), cf. tableau n°8.

Etude	Effectif	Age (ans)	Intérêt de la tâche DDK dans le diagnostic différentiel ?	Critères à envisager
Buiza & al. (2016) Espagne	62 DT 31 TLO	8	Oui	Non spécifié
Murray & al. (2015) USA	21 DT 51 TLO	4-12	Oui mais pas seule	Exactitude sur répétition d'une séquence trisyllabique
Vick & al. (2014) USA	87 TLO	3-5	Oui mais pas seule	Précision et accentuation lexicale sur répétitions d'une séquence dissyllabique
Wren & al. (2012) UK	6399 DT 984 TLO	8	Oui mais pas seule	Utiliser la précision

Preston & Edwards (2009) USA	14 DT 13 TLO	10-14	A prouver	Utiliser vitesse, précision, constance
Williams & Stackhouse (1998) UK	30 DT 3 TLO	3-8	Oui	Utiliser vitesse, précision et constance La variabilité serait un signe de sévérité
Cohen & al. (1999) UK	40 DT 40 TLO	3-4	A prouver	Utiliser la précision
Thoonen & al. (1996) Pays-Bas	11 DT 20 TLO	6-10	Oui mais pas seule	Utiliser la répétition mono et trisyllabique, la vitesse, le ratio répétition monosyllabique/trisyllabique, le nombre d'essais pour réussir une répétition sans erreur
Bradford & Dodd (1996) Australie	51 DT 51 TLO	3-6	Oui mais pas seule	Utiliser le taux et analyse qualitative des erreurs
Yoss & Darley (1974) USA	30 DT 30 TLO	5-10	Oui mais pas seule	Utiliser la vitesse et la précision

Tableau n°8 : études s'intéressant au diagnostic différentiel des troubles du langage oral utilisant des tâches DDK orales

La tâche DDK serait fréquemment jugée comme une aide potentielle au diagnostic différentiel des TLO (Bradford & Dodd, 1996 ; Buiza & al., 2016 ; Thoonen & al., 1996 ; Wren & al., 2012 ; Yoss & Darley, 1974). Outre une différence de performance par rapport aux enfants au développement typique, des profils DDK se dégageraient selon la nature du trouble langagier (Bradford & Dodd, 1996 ; Murray & al., 2015 ; Thoonen & al., 1999 ; Williams & Stackhouse, 1998) (pour plus de détails, voir tableau en Annexe 3). La performance DDK, considérée seule, ne serait cependant pas suffisante pour poser un diagnostic (Bradford & Dodd, 1996 ; Murray & al., 2015 ; Thoonen & al., 1996 ; Vick & al., 2014 ; Wren & al., 2012 ; Yoss & Darley, 1974). Thoonen & al. (1999) préconisent le recours à des scores composites. De plus, se baser uniquement sur la vitesse de production serait insuffisant, voire peu sensible (Cohen & Waters, 1999 ; Williams & Stackhouse, 1998). La précision (nombre d'erreurs), le type d'erreurs (processus de transformation phonologique, erreurs de séquençage des phonèmes) et la constance des productions devraient aussi être considérés lors de l'évaluation diagnostique (Bradford & Dodd, 1996; Cohen & Waters, 1999; Preston & Edwards, 2009; Williams & Stackhouse, 1998; Wren & al., 2012; Yoss & Darley, 1974). Pour Williams & Stackhouse (1998), la variabilité de production lors de la répétition d'une séquence syllabique serait un signe de sévérité du trouble. Thoonen & al. (1996) retiennent comme indice intéressant le nombre d'essais nécessaire pour réussir la répétition syllabique. En effet, il faudrait plus d'essais aux enfants avec un TLO pour parvenir à une répétition interprétable.

.6. Protocoles de rééducation

.6.1. Intérêt rééducatif de la DDK

Les tâches oromotrices sont utilisées en clinique pour réduire la parole des enfants et des adultes (Bunton, 2008). En effet, certains cliniciens supposent qu'exercer le tonus et la force des articulateurs ou décomposer les mouvements complexes de la parole en composantes plus simples pour mieux les apprendre, permettraient d'améliorer la production de la parole (voir Weismer (2006) pour une revue). La diadococinésie serait une de ces tâches (Kent, 2015 ; Weismer, 2006). Menin-Sicard & Sicard (2012), dans leur outil de stimulation des mouvements de la parole, proposent une utilisation de la diadococinésie pour améliorer la parole. Par exemple, pour faire progresser la production du mot « tracteur » prononcé [kʁatœʁ], ils proposent d'exercer la transition /t-/r/, en enchaînant les deux positions articulaires de façon répétée, rapide, tonique et régulière. Toutefois, actuellement, les données de la littérature vont à l'encontre de l'utilisation des tâches oromotrices dans la rééducation des troubles de la parole indiquant qu'elles ne modifieraient pas la production des sons de la parole (Bunton, 2008 ; Clark, 2012 ; Forrest, 2002). L'utilisation des tâches de quasiparole comme les tâches DDK serait ainsi remise en question (Weismer, 2006).

.6.2. Protocoles de rééducation expérimentaux

Nous n'avons pu référencer d'article traitant spécifiquement d'une rééducation des troubles développementaux du langage oral chez l'enfant basée sur la DDK orale. Les équations de recherche que nous avons utilisées (ex. diadochokinesis AND speech therapy) dans MEDLINE via PUBMED, ASHA, COCHRANE et GOOGLE SCHOLAR ont renvoyé aux articles précédemment cités dans ce travail, c'est à dire en majorité aux articles proposant des protocoles d'évaluation de la DDK. Une revue Cochrane de 2015 s'est intéressée au NSOMT (Non Speech Oral Motor Treatment) dans le contexte des troubles développementaux des sons de la parole, mais les trois études référencées ne comportent pas de tâche DDK dans leurs protocoles (Lee & Gibbon, 2015). Les articles sur les traitements de la dyspraxie verbale font parfois référence à des protocoles contenant des tâches DDK (Charron & MacLeod, 2010 ; Martikainen & Korpilahti, 2011; Murray, McCabe, & Ballard, 2014). En effet, la production des combinaisons de sons y est envisagée comme la principale difficulté des enfants souffrant de dyspraxie verbale (Martikainen & Korpilahti, 2011). Ces protocoles, tels The Touch Cue Method (Bashir, Grahamjones, & Bostwick, 1984) ou The Nuffield dyspraxia programme (Williams & Stephens 2004 ; cités par Murray, Mc Cabe & Ballard., 2015), sont classés dans les approches motrices

primaires (Murray & al., 2014) et contiennent des tâches de répétitions de syllabes.

.6.3. Protocoles de rééducation en français

Nous avons répertorié très peu d'outils de rééducation des troubles développementaux du langage oral utilisant la diadococinésie orale. Une adaptation de The Nuffield dyspraxia programme pour les enfant néerlandophones est présentée dans la revue Rééducation Orthophonique (Mahaux, 2008). Cette méthode serait recommandée pour les enfants de 3 et 7 ans souffrant de dyspraxie verbale. Le programme présente une progression très structurée en onze étapes. Une étape utilise la production répétée d'une même cible, une autre la production répétée d'une alternance de cibles. Une adaptation en langue française est annoncée. Diadolab (Menin-Sicard & Sicard, 2012), déjà évoqué pour l'évaluation de la diadococinésie chez l'enfant, contient également un module d'entraînement dans lequel l'orthophoniste peut choisir une séquence vocalique ou consonantique de deux voire trois phonèmes à faire répéter.

La littérature scientifique offrirait donc peu de publications sur l'usage de la diadococinésie dans les traitements des troubles développementaux du langage oral chez l'enfant. En France, les outils orthophoniques disponibles seraient très rares.

Discussion

La performance DDK serait largement utilisée et reconnue comme une mesure importante pour la clinique et la recherche (Icht & Ben-David, 2017). Elle serait considérée comme un bon indicateur des capacités motrices nécessaires au locuteur dans la parole spontanée (Tiffany, 1980). Depuis quarante ans, les chercheurs, en particulier anglo-saxons, se sont intéressés à l'établissement de données expérimentales sur la diadococinésie orale chez l'enfant : normes développementales (Fletcher, 1972 ; Wong & al., 2011), performances des enfants avec TLO (Wren & al., 2012 ; Yoss & Darley, 1974), intérêt diagnostique (Thoonen & al., 1999), protocoles d'évaluation (Fletcher, 1972 ; Tiffany, 1980 ; Williams & Stackhouse, 2000). Des études ont été menées à travers de nombreuses langues et cultures : anglais (Wong & al., 2011), portugais (Modolo & al., 2011), espagnol (Buiza & al., 2016), thaï (Prathanee & al., 2003), hébreux (Icht & Ben-David, 2014), perse (Zamani & al., 2017). Les études menées sur les enfants au développement langagier typique laissent supposer que le taux DDK s'améliorerait avec l'âge (Henry, 1990 ; Kent & al., 1987) et serait semblable à celui des adultes entre 9 ; 6 ans (Canning & Rose, 1974) et 15 ans

(Fletcher, 1972). Les enfants avec un TLO auraient des performances DDK retardées bien que suivant une même dynamique de développement (Henry, 1990). De manière générale, leur taux DDK serait ralenti, leurs productions plus laborieuses, imprécises et inconstantes (Thoonen & al., 1999 ; Williams & Stackhouse, 2000). Certaines études obtiennent toutefois des données contradictoires, notamment sur la vitesse de répétition qui pourrait être équivalente voire accélérée chez certains enfants avec un TLO (Cohen & al., 1998 ; Preston & Edwards, 2009 ; Tuomi & Winter, 1977). Cependant, l'hétérogénéité des méthodologies employées et des définitions des troubles langagiers⁹ utilisées pour le recrutement des participants rendent les résultats difficilement comparables et peuvent expliquer les différences relevées. La performance DDK resterait néanmoins considérée comme une aide utile au diagnostic des TLO mais à envisager dans un ensemble d'autres indices (Murray & al., 2015 ; Thoonen & al., 1996). La vitesse mais aussi la précision et la constance des productions devraient être prises en compte (Williams & Stackhouse, 1998). Toutefois, la comparaison des performances à une norme développementale reste indispensable, or la fiabilité des normes disponibles dans la littérature serait discutable, toujours en l'absence de consensus méthodologique (Cohen & al., 1998).

Ainsi plusieurs problèmes émergent autour de la diadococinésie orale. D'abord, le concept même de la diadococinésie n'est pas clair : est-elle une tâche de parole ou de non-parole ? Concerne-t-elle uniquement la répétition de syllabes consonantiques ou également de voyelles ou de mouvements silencieux des articulateurs ? Utiliser la répétition de mots est-elle possible quand on veut évaluer la diadococinésie d'un locuteur ? Ces questions ne sont pas tranchées et font encore l'objet d'un débat dans la littérature. La grande variabilité des termes utilisés pour évoquer la diadococinésie semble symptomatique de cette absence de consensus. Des problèmes méthodologiques autour de la DDK orale apparaissent également. La précision de la mesure du taux DDK est remise en question. En effet, compter un nombre de répétitions, directement ou sur un enregistrement, en vérifiant le temps sur un chronomètre, serait difficile, même pour un clinicien expérimenté, en particulier chez des locuteurs avec des troubles du langage oral (Gadesmann & Miller, 2008). Ensuite, recueillir des performances chez des enfants jeunes serait un enjeu clinique important : la tâche DDK, peu porteuse de sens, ne serait guère motivante, les instructions seraient difficiles à comprendre et à respecter (Cohen & al., 1998). Une autre difficulté, déjà évoquée plus avant, réside dans l'hétérogénéité des protocoles d'évaluation existants et des unités de mesure utilisées. Il est en conséquence difficile de considérer si les résultats obtenus entre les études sont similaires et

⁹ En l'absence de consensus international sur les définitions des troubles du langage oral

fiables (Gadesmann & Miller, 2008). Un standard clinique semble cependant émerger avec l'utilisation de la séquence trisyllabique /pataka/ et des monosyllabes /pa/, /ta/, /ka/ (Kent & al., 1987), mais il n'est pas ou peu accompagné de justification théorique. La nécessité de procédures d'évaluation plus précises et objectives est régulièrement évoquée mais lors de notre travail, nous n'avons pas repéré de protocole validé, unanimement accepté et utilisé. Un autre problème soulevé, et non le moindre, est la réelle relation entre des modifications de la performance DDK et les performances langagières. La performance DDK ne permettrait pas, par exemple, de prédire de façon certaine l'intelligibilité (Ziegler, 2002). En outre, les circuits neuronaux qui soutiennent la parole seraient différents de ceux activés lors d'une tâche DDK (Liégeois & al., 2016). Actuellement, le point de vue prédominant dans la littérature irait à l'encontre d'une utilisation de la DDK dans l'évaluation, la compréhension et la remédiation des troubles du langage oral (Maas, 2017). Enfin, la littérature ne propose pas de protocole spécifique d'entraînement de la DDK dans le cadre des TLO. L'efficacité de tels traitements n'est donc pas vérifiée. Nous avons identifié deux protocoles utilisés dans le cadre d'études expérimentales sur la dyspraxie verbale et recourant à des tâches de répétition de séquences mono- ou polysyllabiques : The Touch Cue Method (Bashir & al., 1984) ou The Nuffield dyspraxia programme (Williams & Stephens, 2004 ; cités par Murray & al., 2015). En France, nous n'avons pu répertorier qu'un seul outil utilisant la répétition syllabique (Menin-Sicard & Sicard, 2012)

Conclusion

Notre principal objectif était d'examiner l'intérêt clinique de l'utilisation de la diadococinésie orale dans nos pratiques orthophoniques. En l'absence de définition consensuelle de la diadococinésie orale, de protocoles d'évaluation standardisés, de normes développementales fiables, de protocoles de rééducation validés et de lien explicitement établi entre performance diadococinésique et performance langagière, il ne semble pas adéquat de recourir à la diadococinésie orale dans le contexte des troubles développementaux du langage oral chez l'enfant. Certes, la tâche DDK est une tâche d'évaluation rapide à mettre en place et les cliniciens disposent actuellement d'outils, comme le logiciel PRAAT (Boersma & Van Heuven, 2001), qui permettent de préciser les mesures et de mieux apprécier les performances. L'expertise clinique, l'analyse qualitative des productions lors de la répétition peuvent donner des indices supplémentaires dans la détection d'un trouble du langage oral. Cependant, sans certitude de la pertinence de telles mesures, les performances DDK, seules, ne pourraient permettre d'établir un diagnostic orthophonique. En France, les études sur le sujet

sont rares et l'absence de normes développementales est un obstacle supplémentaire important à l'utilisation des tâches DDK dans nos pratiques. Les tâches DDK apparaissent au demeurant assez peu dans nos protocoles d'évaluation et de rééducation de l'enfant.

Bibliographie

- Ackermann, H., & Hertrich, I. (2000). The contribution of the cerebellum to speech processing. *Journal of Neurolinguistics*, 13(2), 95-116.
- Ackermann, H. (2007). Glimpses Into the Speaking Brain. *The ASHA Leader*, 12,10-13.
- Ballard, K.J., Robin, D.A., & Folkins, J.W. (2003). An integrative model of speech motor control: A response to Ziegler. *Aphasiology*, 17(1), 37-48.
- Barboi, A.C. (2000). Cerebellar Ataxia. *Archives of Neurology*, 57(10), 1525-1527.
- Bashir, A., Grahamjones, F., & Bostwick, R. (1984). A Touch-Cue Method of Therapy for Developmental Verbal Apraxia. *Seminars in Speech and Language*, 5(2), 127-137.
- Bishop, D. V., Snowling, M. J., Thompson, P. A., Greenhalgh, T., & and the CATALISE-2 consortium. (2017). Phase 2 of CATALISE: a multinational and multidisciplinary Delphi consensus study of problems with language development: Terminology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 58(10), 1068-1080.
- Boersma, P., & van Heuven, V. (2001). *Speak and unSpeak with PRAAT*. 5(9). Repéré à http://www.fon.hum.uva.nl/paul/papers/speakUnspeakPraat_glot2001.pdf
- Bradford, A., & Dodd, B. (1996). Do all speech-disordered children have motor deficits? *Clinical Linguistics & Phonetics*, 10(2), 77-101.
- Brin, F., Courrier, C., Lederle, E., & Masy, V. (2018). *Dictionnaire d'Orthophonie* (4^{ème} édition). Isbergues, France : Ortho Edition.
- Brown, S., Laird, A.R., Pfordresher, P.Q., Thelen, S.M., Turkeltaub, P., & Liotti, M. (2009). The somatotopy of speech: Phonation and articulation in the human motor cortex. *Brain and Cognition*, 70(1), 31-41.
- Buiza, J. J., Rodríguez-Parra, M. J., González-Sánchez, M., & Adrián, J. A. (2016). Specific Language Impairment: Evaluation and detection of differential psycholinguistic markers in phonology and morphosyntax in Spanish-speaking children. *Research in Developmental Disabilities*, 58, 65-82.
- Bunton, K. (2008). Speech versus Nonspeech: Different Tasks, Different Neural Organization. *Seminars in speech and language*, 29(4), 267-275.
- Canning, B. A., & Rose, M. F. (1974). Clinical Measurements of the Speed of Tongue and Lip Movements in British Children with Normal Speech. *British Journal of Disorders of Communication*, 9(1), 45-50.
- Chang, S.E., Kenney, M.K., Loucks, T.M.J., Poletto, C.J., & Ludlow, C.L. (2009). Common neural substrates support speech and non-speech vocal tract gestures. *NeuroImage*, 47(1), 314-325.
- Charron, L., & MacLeod, A.A.N. (2010). La dyspraxie verbale chez l'enfant : identification, évaluation et intervention. *Glossa*, 109, 42-54.
- Clark, H.M. (2012). Specificity of Training in the Lingual Musculature. *Journal of Speech*,

- Language, and Hearing Research*, 55(2), 657-667.
- Cohen, W. & Waters, D. (1999) Measuring speech motor skills in normally developing and phonologically disordered pre-school children. *Proceedings of the XIVth International Congress of Phonetic Sciences*, 1, 789-792.
- Cohen, W., Waters, D., & Hewlett, N. (1998). DDK Rates in the Paediatric Clinic: A Methodological Minefield. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 33(S1), 428-433.
- Coquet, F., Ferrand, P., & Roustit, J. (2009). *ÉVALO 2-6. Évaluation du développement du Langage Oral chez l'enfant de 2 ans 3 mois à 6 ans 3 mois*. Isbergues, France : Ortho Edition.
- Fletcher, S.G. (1972). Time-by-Count Measurement of Diadochokinetic Syllable Rate. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 15(4), 763-770.
- Forrest, K. (2002). Are Oral-Motor Exercises Useful in the Treatment of Phonological/Articulatory Disorders? *Seminars in Speech and Language*, 23(1), 15-26.
- Gadesmann, M., & Miller, N. (2008). Reliability of speech diadochokinetic test measurement. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 43(1), 41-54.
- Grabski, K., Lamalle, L., Vilain, C., Schwartz, J.L., Vallée, N., Tropes, I., ... Sato, M. (2012). Functional MRI assessment of orofacial articulators: Neural correlates of lip, jaw, larynx, and tongue movements. *Human Brain Mapping*, 33(10), 2306-2321.
- Haselager, G.J.T., Slis, I.H., & Rietveld, A.C.M. (1991). An alternative method of studying the development of speech rate. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 5(1), 53-63.
- Henry, C.E. (1990). The development of oral diadochokinesia and non-linguistic rhythmic skills in normal and speech-disordered young children. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 4(2), 121-137.
- Hill, G.-S. (2005). *Dictionnaire des termes médicaux et biologiques et des médicaments: Dictionary of medical and biological terms and medications*. Paris, France : Flammarion Médecine Sciences Publications.
- Icht, M., & Ben-David, B. M. (2014). Oral-diadochokinesis rates across languages: English and Hebrew norms. *Journal of Communication Disorders*, 48, 27-37.
- Icht, M., & Ben-David, B. M. (2015). Oral-diadochokinetic rates for Hebrew-speaking school-age children: real words vs. non-words repetition. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 29(2), 102-114.
- Icht, M., & Ben-David, B.M. (2017). Evidence-Based Clinical Recommendations for the Administration of the Sequential Motion Rates Task. *Communication Disorders Quarterly*, 39(3), 442-448.
- Jonkers, R., Feiken, J., & Stuive, I. (2017). Diagnosing Apraxia of Speech on the Basis of Eight Distinctive Signs. *Canadian Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 41(3), 303-319.
- Kent, R.D. (2015). Nonspeech Oral Movements and Oral Motor Disorders: A Narrative Review. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 24(4), 763-789.
- Kent, R.D., Duffy, J., Kent, J.F., Vorperian, H.K., & Thomas, J.E. (1999). Quantification of motor speech abilities in stroke: Time-energy analyses of syllable and word repetition. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 7(2), 83-90.
- Kent, R.D., Kent, J.F., & Rosenbek, J.C. (1987). Maximum Performance Tests of Speech Production. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 52(4), 367-387.

- Kernbaum, S. (2008). *Dictionnaire de Médecine Flammarion* (8^{ème} édition). Paris, France : Flammarion Médecine Sciences Publications.
- Krishnan, G. (2016). Assessment of Rate and Consistency in Performance of Diadochokinetic Task in Children and Adults Using an Automated Assessment Protocol: A Preliminary Study. *Asian Journal Of Multidisciplinary Studies*, 4(8), 87-93.
- Lass, N.J., & Sandusky, J.C. (1971). A study of the relationship of diadochokinetic rate, speaking rate and reading rate. *Today's Speech*, 19(3), 49-54.
- Lee, A.S.Y., & Gibbon, F.E. (2015). Non-speech oral motor treatment for developmental speech sound disorders in children (Review). *Cochrane Database of Systematic Reviews 2015, Issue 3*. Art. No.: CD009383.
- Lévêque, N., Laganaro, M., Fougeron, C., Delvaux, V., Pernon, M., Borel, S., & Catalano, S. (2016). MonPaGe : un protocole informatisé d'évaluation de la parole pathologique en langue française. *Revue Neurologique*, 172, A162-A163.
- Liégeois, F.J., Butler, J., Morgan, A.T., Clayden, J.D., & Clark, C.A. (2016). Anatomy and lateralization of the human corticobulbar tracts: an fMRI-guided tractography study. *Brain Structure & Function*, 221(6), 3337-3345.
- Lotze, M., Seggewies, G., Erb, M., Grodd, W., & Birbaumer, N. (2000). The representation of articulation in the primary sensorimotor cortex. *NeuroReport*, 11(13), 2985-2989.
- Lundeen, D.J. (1950). The Relationship Of Diadochokinesis To Various Speech Sounds. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 15(1), 54-59.
- Maas, E. (2017). Speech and nonspeech: What are we talking about? *International Journal of Speech-Language Pathology*, 19(4), 345-359.
- Mahaux, C. (2008). Le Dyspraxia Programme : une méthode de rééducation des troubles phonologiques pour la dyspraxie verbale de développement. *Rééducation orthophonique*, 233, 75-87.
- Maniez, F. (2008). *Le Dorland, Dictionnaire médical bilingue français-anglais/anglais-français*. Issy les Moulineaux, France : Elsevier Masson.
- Martikainen, A.L., & Korpilahti, P. (2011). Intervention for childhood apraxia of speech: A single-case study. *Child Language Teaching and Therapy*, 27(1), 9-20.
- McNutt J.C. (1977). Oral Sensory and Motor Behaviors of Children with /s/ or /r/ Misarticulations. *Journal of Speech and Hearing Research*, 20(4), 694-703.
- Menin-Sicard, A., & Sicard, E. (2012). Diadolab: a simulation tool illustrating speech movements for handling articulatory and phonological disorders. *Glossa*, 111, 98-116.
- Modolo, D.J., Berretin-Felix, G., Genaro, K.F., & Brasolotto, A.G. (2011). Oral and vocal fold diadochokinesis in children. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 63(1), 1-8.
- Murray, E., McCabe, P., & Ballard, K.J. (2014). A systematic review of treatment outcomes for children with childhood apraxia of speech. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 23, 486-504.
- Murray, E., McCabe, P., Heard, R., & Ballard, K.J. (2015). Differential diagnosis of children with suspected childhood apraxia of speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 58(1), 43-60.
- Murray E., McCabe P., & Ballard K.J. (2015). A Randomized Controlled Trial for Children with Childhood Apraxia of Speech Comparing Rapid Syllable Transition Treatment and the Nuffield Dyspraxia Programme-Third Edition. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 58(3), 669-686.

- Nip, I.S.B., & Green, J.R. (2013). Increases in Cognitive and Linguistic Processing Primarily Account for Increases in Speaking Rate With Age. *Child Development*, 84(4), 1324-1337.
- Oliver, R.G., Jones, M.G., Smith, S.A., & Newcombe, R.G. (1985). Oral stereognosis and diadokokinetic tests in children and young adults. *British Journal of Disorders of Communication*, 20(3), 271-280.
- Ozanne, A.E. (1992). Normative Data for Sequenced Oral Movements and Movements in Context for Children aged Three to Five Years. *Australian Journal of Human Communication Disorders*, 20(2), 47-63.
- Prathanee, B., Thanaviratananich, S., & Pongjanyakul, A. (2003). Oral diadochokinetic rates for normal Thai children. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 38(4), 417-428.
- Preston, J.L., & Edwards, M.L. (2009). Speed and accuracy of rapid speech output by adolescents with residual speech sound errors including rhotics. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 23(4), 301-318.
- Quevauvilliers, J. (2009). *Dictionnaire médical* (6^{ème} édition). Issy les Moulineaux, France : Elsevier Masson.
- Riecker, A., Mathiak, K., Wildgruber, D., Erb, M., Hertrich, I., Grodd, W., & Ackermann, H. (2005). fMRI reveals two distinct cerebral networks subserving speech motor control. *Neurology*, 64(4), 700-706.
- Riecker, A., Wildgruber, D., Dogil, G., Grodd, W., & Ackermann, H. (2002). Hemispheric Lateralization Effects of Rhythm Implementation during Syllable Repetitions: An fMRI Study. *NeuroImage*, 16(1), 169-176.
- Robb, M.P., Hughes, M.C., & Frese, D.J. (1985). Oral diadochokinesis in hearing-impaired adolescents. *Journal of Communication Disorders*, 18(2), 79-89.
- Robbins, J., & Klee, T. (1987). Clinical Assessment of Oropharyngeal Motor Development in Young Children. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 52(3), 271-277.
- Ruscello, D.M., St Louis, K.O.S., Barry, P., & Barr, K. (1982). A Screening Method for Evaluation of the Peripheral Speech Mechanism. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 34(6), 324-330.
- Rvachew, S., Hodge, M., & Ohberg, A. (2005). Obtaining and Interpreting Maximum Performance Tasks from Children: A Tutorial. *Canadian Journal of Speech Language Pathology and Audiology*, 29(4), 83-89.
- Rvachew, S., Ohberg, A., & Blanchet, N. (2006). Children's Responses to Maximum Performance Tasks: Preliminary Data and Recommendations. *Canadian Journal of Speech Language Pathology and Audiology*, 30(1), 6-13.
- Square, P.A., Hayden, D., Cioll, L., Wilkins, C., & Bose, A. (2001). Clinical Assessment of Speech Motor Performances of Children with Moderate to Severe Articulation Disorders. *PROMPT Traitment Method and Apraxia of speech. SID2, Newsletter*, 11(4), 5-8.
- Staiger, A., Schölderle, T., Brendel, B., Bötzel, K., & Ziegler, W. (2017). Oral Motor Abilities Are Task Dependent: A Factor Analytic Approach to Performance Rate. *Journal of Motor Behavior*, 49(5), 482-493.
- Thoonen, G., Maassen, B., Gabreëls, F., & Schreuder, R. (1999). Validity of maximum performance tasks to diagnose motor speech disorders in children. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 13(1), 1-23.
- Thoonen, G., Maassen, B., Wit, J., Gabreëls, F., & Schreuder, R. (1996). The integrated use of maximum performance tasks in differential diagnostic evaluations among children with

- motor speech disorders. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 10(4), 311-336.
- Tiffany, W.R. (1980). The Effects of Syllable Structure on Diadochokinetic and Reading Rates. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 23(4), 894-908.
- Tuomi, S.K., & Winter N.M. (1977). *Diadochokinesis and articulation impairment*. Repéré à https://cjslpa.ca/files/1977_HumComm_Vol_02/No_03_141-192/Tuomi_Winter_HumComm_1977.pdf
- Vick, J.C., Campbell, T.F., Shriberg, L.D., Green, J.R., Truemper, K., Rusiewicz, H.L., & Moore, C.A. (2014). Data-Driven Subclassification of Speech Sound Disorders in Preschool Children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 57(6), 2033-2050.
- Walker, J.F., & Archibald, L.M.D. (2006). Articulation rate in preschool children: a 3-year longitudinal study. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 41(5), 541-565.
- Weismer, G. (2006). Philosophy of research in motor speech disorders. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 20(5), 315-349.
- Wildgruber, D., Ackermann, H., & Grodd, W. (2001). Differential Contributions of Motor Cortex, Basal Ganglia, and Cerebellum to Speech Motor Control: Effects of Syllable Repetition Rate Evaluated by fMRI. *NeuroImage*, 13(1), 101-109.
- Williams, P., & Stackhouse, J. (1998). Diadochokinetic Skills: Normal and Atypical Performance in Children Aged 3–5 Years. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 33(S1), 481-486.
- Williams, P., & Stackhouse, J. (2000). Rate, accuracy and consistency: diadochokinetic performance of young, normally developing children. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 14(4), 267-293.
- Wong, A.W., Allegro, J., Tirado, Y., Chadha, N., & Campisi, P. (2011). Objective measurement of motor speech characteristics in the healthy pediatric population. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 75(12), 1604-1611.
- Wren, Y.E., Roulstone, S.E., & Miller, L.L. (2012). Distinguishing groups of children with persistent speech disorder: Findings from a prospective population study. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 37(1), 1-10.
- Yaruss, J. S., & Logan, K. J. (2002). Evaluating rate, accuracy, and fluency of young children's diadochokinetic productions: a preliminary investigation. *Journal of Fluency Disorders*, 27(1), 65-85.
- Yoss, K.A., & Darley, F.L. (1974). Developmental Apraxia of Speech in Children with Defective Articulation. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 17(3), 399-416.
- Zamani, P., Rezai, H., & Garbatani, N.T. (2017). Meaningful Words and Non-Words Repetitive Articulatory Rate (Oral Diadochokinesis) in Persian Speaking Children. *Journal of Psycholinguistic Research*, 46(4), 897-904.
- Ziegler, W., & von Cramon, D. (1986). Spastic dysarthria after acquired brain injury: An acoustic study. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 21(2), 173-187.
- Ziegler, W. (2002). Task-related factors in oral motor control: speech and oral diadochokinesis in dysarthria and apraxia of speech. *Brain and Language*, 80(3), 556-575.
- Ziegler, W. (2003). Speech motor control is task-specific: Evidence from dysarthria and apraxia of speech. *Aphasiology*, 17(1), 3-36.

Ziegler, W., & Ackermann, H. (2013). Neuromotor Speech Impairment: It's All in the Talking. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 65(2), 55-67.

Liste des annexes

Annexe n°1 : Diagramme de flux

Annexe n°2 : Fiche de lecture

Annexe n°3 : Tableau présentant les résultats aux séries DDK selon la nature du trouble du langage oral