



**HAL**  
open science

## Evaluation et prise en charge orthophonique de la dyspraxie verbale avec DIADOLAB : approches existantes et études de cas

Etienne Sicard, Anne Menin-Sicard, Sandrine Michel

### ► To cite this version:

Etienne Sicard, Anne Menin-Sicard, Sandrine Michel. Evaluation et prise en charge orthophonique de la dyspraxie verbale avec DIADOLAB : approches existantes et études de cas. [Rapport de recherche] INSA Toulouse. 2022. hal-03663252

**HAL Id: hal-03663252**

**<https://hal.science/hal-03663252v1>**

Submitted on 10 May 2022

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

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

# Evaluation et prise en charge orthophonique de la dyspraxie verbale avec DIADOLAB : approches existantes et études de cas

*Etienne Sicard (1,2), Anne Menin-Sicard (2), Sandrine Michel (2)*  
*INSA-GEI, 135 Avenue de Rangueil, 31077 Toulouse (1)*  
*Laboratoire LURCO [www.lurco.unadreo.org](http://www.lurco.unadreo.org) (2)*

## **Résumé :**

Dans cet article, nous donnons un aperçu des caractéristiques de la dyspraxie verbale de l'enfant, les bilans spécifiques, les indicateurs pertinents pour l'évaluation objective, ainsi que les approches et outils de rééducation ayant fait l'objet de publications scientifiques. Nous détaillons deux cas de prises en charge orthophonique d'enfants atteints de dyspraxie verbale, en détaillant les axes thérapeutiques et les effets de la prise en charge. Sur la base d'une quinzaine de cas cliniques d'âge allant de 3 à 17 ans, nous mettons en évidence par le biais d'analyses statistiques des performances significativement plus faibles que la normale en termes de maîtrise des processus articulatoires, débit, régularité et prosodie de la parole.

*Mots clé : dyspraxie verbale, processus, articulation, prosodie, débit, orthophonie, rééducation de la parole, imprécision articulatoire, NDP-3, REST, Prompt, Tabby Talks, Speech Builder, DIADOLAB, diadococinésie*

## **Introduction**

La dyspraxie verbale de l'enfant (DV ou DVE), en Anglais *Childhood Apraxia of Speech (CAS)*<sup>1</sup> est une pathologie qui affecte leur capacité à programmer des gestes articulatoires et de les enchaîner pour former un discours intelligible. Cette pathologie peu fréquente peut entraîner des anomalies de rythme de production des mots, une disflunce ainsi qu'une prosodie inappropriée au discours. C'est une pathologie rare qui touche seulement de 0,1 % à 0,2% des enfants. D'après la revue de littérature *Cocherane* de [Morgan 2018], un consensus a été atteint sur le fait que trois caractéristiques principales ont une validité diagnostique : (1) la production d'erreurs incohérentes sur les consonnes et les voyelles à travers des productions répétées de syllabes ou de mots ; (2) des transitions articulatoires allongées et altérées entre les sons et les syllabes ; et (3) une prosodie inappropriée.

---

<sup>1</sup> Des synonymes tels que l'apraxie développementale de la parole (*developmental apraxia of speech – DAS*) ou la dyspraxie verbale développementale (*developmental verbal dyspraxia - DVD*) se retrouvent aussi dans la littérature scientifique.

L'enfant souffrant de dyspraxie verbale peut ne pas être capable de bouger ses lèvres ou sa langue de façon volontaire, bien qu'il sache ce qu'il souhaite exprimer et que ses aptitudes sur le versant réceptif soient préservées. Le problème réside donc dans la façon dont certaines structures cérébrales impliquées dans cette programmation motrice ordonnent aux muscles des articulateurs de la parole tels que la bouche, la langue ou le voile du palais, de se mouvoir au bon moment, avec précision et réactivité.

Un enfant atteint de dyspraxie verbale n'apprend pas les sons de la parole à l'âge et dans l'ordre habituel. Il progresse généralement très lentement sans prise en charge orthophonique. Le discours d'enfants atteints de dyspraxie verbale montre certaines caractéristiques spécifiques [Charron 2015] [Asha 2022] :

- L'enfant ne dit pas toujours les mots de la même manière à chaque fois ;
- Il a tendance à mettre l'accent sur la mauvaise syllabe ou le mauvais mot ;
- Il déforme ou modifie les sons ;
- Il peut dire des mots plus courts plus clairement que des mots plus longs ;
- Il peut avoir des difficultés de contrôle moteur fin ;
- L'acquisition du langage peut être tardive ;
- L'enfant a aussi des problèmes de lecture, d'orthographe et d'écriture.

## Epreuves de bilan

### *Epreuves générales*

Il existe des épreuves d'évaluation générale de l'articulation et de la parole, dont certaines sont citées dans la page générale d'évaluation des tests en orthophonie de l'Unadreo [Unadreo 2022]. On retrouve certains tests très utilisés en France tels que *Evalo* [Coquet 2007] ou *Exalang* [Frey 2003]. Nous avons listé au tableau 1 une quinzaine de tests datant de moins de 20 ans pour l'évaluation du langage oral. La durée de passation, de dépouillement et de synthèse des données est très variable, et peut se chiffrer en heures pour certains bilans exhaustifs. L'article de [Moneta 2016] cite 14 tests supplémentaires, validés ou normés en franco-québécois, disponibles pour évaluer les enfants sur le plan du langage oral et écrit.

Nous avons proposé en 2019 un bilan objectif court et efficace basé sur l'enregistrement de 2 épreuves [Menin-Sicard 2019] avec un support informatisé sur la plateforme logicielle DIADOLAB. Ce bilan et les indicateurs associés est à la fois applicable aux enfants à partir de 3 ans, mais aussi aux adultes. Il se distingue de la plupart des autres protocoles disponibles par la rapidité de passation et l'automatisation poussée des analyses.

Acronyme	Définition	Année de parution	Age	Auteurs	Édité par	Temps de passation
<b>BILO</b>	Bilans Informatisés de Langage Oral - BILO 2, EC2, 3C	2007	5-7 8-15	Khomsî A. J. Khomsî F. Pasquet A. Parbeau-Gueno	Pearson clinical	30 mn
<b>CLEA</b>	Communiquer, Lire, Ecrire, Apprendre	2014	2-14	Pasquet F. ; Parbeau-Gueno A. ; Bourg E	Pearson clinical	15 mn à 1H
<b>DPL-3</b>	Dépistage et Prévention du Langage chez les enfants de 3 ans - 2ème version	2010	3-4	F. Coquet, M. Bruno	Ortho Edition	
<b>DIADOLAB</b>	Bilan et rééducation de la parole	2019	>3	A. Menin Sicard, E. Sicard	GERIP	15 mn
<b>DRAP</b>	Dépistage rapide de l'articulation et de la parole	2021	2-6	N. Niederberger, M. Winkler-Kehoe, A.L. Bochut	Publié dans Glossa	5 mn
<b>ELO</b>	Evaluation du Langage Oral	2001	3-10	Khomsî A.	Pearson clinical	30-45 mn
<b>EINVALO 2-6</b>	Bilan du langage de l'enfant de 2 à 6 ans	2009	2-6	F. Coquet, J. Roustit, P. Ferrand	Ortho Edition	1h30
<b>EXALANG</b>	Batterie informatisée pour l'examen du langage oral chez l'enfant, version 2	2010	3-20	M.C. Helloin, M.P. Thibault, M. Lenfant	Happy neuron pro	45 mn à 1H
<b>IFDC</b>	Inventaire Français du Développement Communicatif	2010	1-3	S. Kern, F. Gayraud	Editions cigale	
<b>ISADYLE</b>	Instrument pour le Screening et l'Approfondissement de l'examen des Dysfonctionnements du Langage chez l'Enfant	2012	3-12	B. Piérart, A. Comblain, J. Grégoire, P. Mousty	Deboeck Supérieur	
<b>ISSEF</b>	Inventaire des structures syllabiques chez l'enfant francophone	2021	3-6	Aubry, N., Bissonnette, I., Raymond, S., Perron, M., & Duchesne, L.	Publié dans RCOA	35 mn à 1H
<b>L2MA-2</b>	Batterie langage oral, langage écrit, mémoire, attention – 2ème édition	2010	8-11	Chevrie-Muller C, Maillart C, Simon A.M., Fournier S	Pearson clinical	1 H
<b>MonPaGe</b>	Protocole informatisé d'évaluation de la parole pathologique en langue française	2016	Tous	C. Fougeron et al.	Site en ligne	20 mn à 1H
<b>PEES</b>	Protocole d'Évaluation de l'Expression Syntaxique	2008	3-8	C. Boutard, M. Bouchet	Ortho Edition	
<b>PELEA</b>	Protocole d'Évaluation du Langage Élaboré de l'Adolescent	2010	11-18	A. Guillon – C. Boutard	Ortho Edition	
<b>TLOCC</b>	Test de Langage Oral Complexe pour Collégiens	2006	11-15	N. Maurin-Chérou	Ortho Edition	

Table 1 : Sélection de tests généralistes de bilan de la parole édités depuis 2002, classés par ordre alphabétique

Le protocole *MonPaGe*, initialement plus à visée recherches que clinique, a été publié par Fougeron [2016]. Ce protocole s'adresse aux pathologies de la parole adulte en général, et intègre notamment des analyses perceptives de production de pseudo-mots et de phrase, de lecture de texte, facilité par des analyses informatisées à l'aide de PRAAT [Boersma 2022]. Le protocole comporte au total 8 modules, avec une approche exhaustive (53 pseudo-mots), ce qui rend le temps de passation et d'exploitation relativement long en tenant compte du temps d'analyse.

En 2021, le dépistage rapide de l'articulation et de la parole (DRAP) a été proposé par [Niederberger 2021] à destination des enfants de 3 à 6 ans, avec une durée de passation très courte (5 mn), afin de détecter rapidement les productions qui s'écartent de la norme, sur la base d'une dénomination de vingt dessins en couleur. Les enfants qui se singularisent lors du dépistage pourront ensuite être dirigés vers un spécialiste pour un bilan orthophonique complet.

### *Bilans spécifiques à la dyspraxie verbale*

Il existe peu de protocoles spécifiques à la dyspraxie verbale. Les techniques d'analyse courantes de la dyspraxie verbale se situent à cinq niveaux : la détermination des processus phonologiques défaillants, l'analyse des substitutions-omissions-distorsions-additions, l'inventaire phonétique, la répétition de syllabes ou l'analyse de la dysprosodie.

#### **Processus de parole**

La détermination des processus de parole défaillants est à la base de l'approche *Hodson Assessment of Phonological Patterns* de [Hodson 2006]. Une version simplifiée est utilisée dans le bilan de parole de DIADOLAB [Menin-Sicard 2019], en se focalisant sur l'évaluation des processus de parole de base tels que le voisement, l'occlusion, la nasalisation, la constriction, ainsi que de la capacité à prononcer les extrêmes vocaliques & consonantiques, soit au total 13 processus de parole. Ces processus élémentaires sont complétés par des processus plus élaborés tels que les diphtongues et les clusters de consonnes [Sicard 2019]. L'approche a pour but de dresser la liste des déviations phonologiques, de donner une évaluation de leur gravité, de préciser les cibles thérapeutiques, et de fournir des données avant/après traitement pouvant être comparées pour fournir une preuve de l'efficacité thérapeutique.

Un exemple de comparaison de 13 processus de parole avant/après prise en charge est illustré à la figure 1 et concerne un enfant de 3 ans atteint de dyspraxie verbale (avant) puis 4 ans (après). Les processus apparaissant en rouge sont ceux qui devraient être maîtrisés pour l'âge du patient. Les items en gris sont supposés maîtrisés à un âge plus tardif. Enfin, le nombre d'étoiles caractérise l'importance du processus pour la construction du langage.

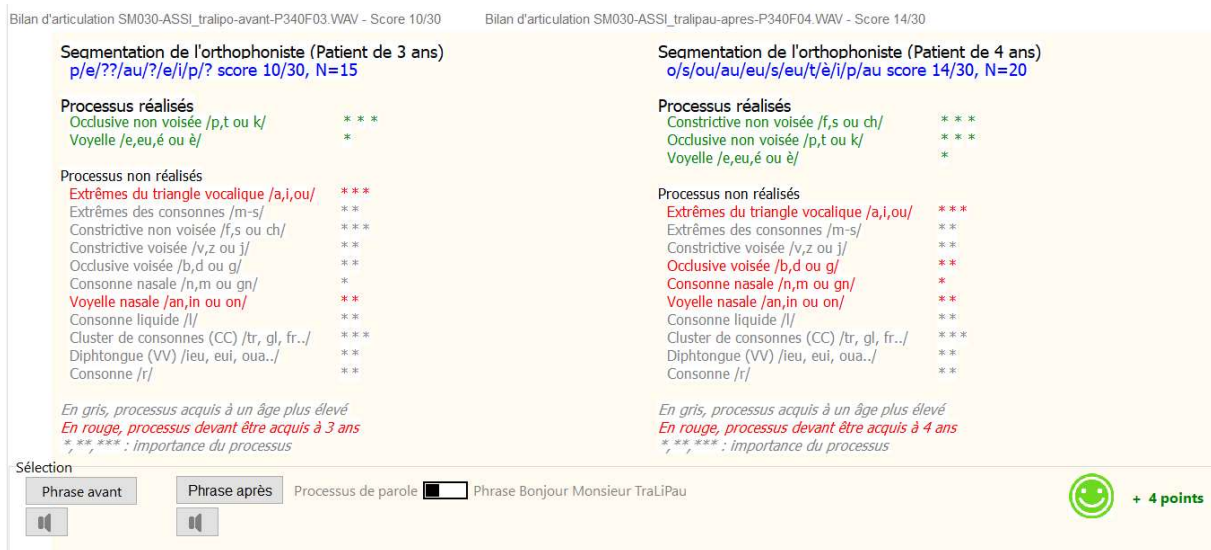


Figure 1 : Bilan d'évolution du cas SM030 : de nombreux processus sont encore non maîtrisés

## Substitutions-omissions-distorsions-additions

L'analyse des substitutions-omissions-distorsions-additions (SODA) est en général appliquée à de la parole continue, et porte à minima sur un discours d'une centaine de mots [Wren 2021], afin de dresser l'inventaire des erreurs, ce qui permet là encore de mieux cibler les axes thérapeutiques. Dans la mesure où il s'agit de parole continue, la structure du discours n'est pas prédéfinie comme dans la répétition de phrases type, rendant l'analyse longue et fastidieuse, mais aussi les comparaisons avant/après traitement plus difficiles qu'avec un bilan contraint. Le degré de distorsion et donc d'éloignement par rapport à la cible devrait être pris en compte ainsi que l'atypicité de l'altération.

## L'inventaire des structures syllabiques

L'inventaire des structures syllabiques chez l'enfant francophone (ISSEF) décrit par [Aubry 2021] est un outil issu d'un protocole de recherche visant explicitement à évaluer la production des différentes structures syllabiques chez les enfants ayant une dyspraxie verbale. Il se compose d'un catalogue exhaustif de 197 mots de complexité syllabique croissante (CV tels que /pain/, /dos/, CV.CV tels que /papa/, /dodo/, CV.CV.CV tels que /papillon/, /lavabo/ et variantes), permettant d'évaluer l'influence des différents contextes phonétiques sur les productions de l'enfant et d'envisager une rééducation ciblée sur les erreurs récurrentes. La durée de passation varie entre 35 mn et 1H selon le patient, et le temps nécessaire au dépouillement des données est relativement important. Le caractère exhaustif de la méthode permet de cibler les axes thérapeutiques avec précision, bien que la durée de passation longue puisse fatiguer un enfant déjà en souffrance par rapport à sa capacité à s'exprimer.

## Répétition de syllabes

La tâche de répétition rapide de syllabes (Diadococinésie – DDK) est fréquemment incluse dans les bilans ciblant les habiletés motrices des enfants, dans le but de détecter des erreurs de planification ou de coordination. Cette tâche est par exemple décrite par [Williams 1998] dans le cadre du *Nuffield Centre Dyspraxia Programme*. Les difficultés d'interprétation des résultats ont toutefois limité l'utilisation des tâches DDK, sans doute parce que les analyses portaient sur des stimuli et des protocoles différents selon les études, mais aussi qu'il fallait procéder à une segmentation manuelle

fastidieuse des clusters de consonnes/voyelles à l'aide de logiciels tels que PRAAT [Boersma 2022]. Une fois cette étape franchie, il était possible de conduire des analyses de débit, de puissance et d'erreurs d'articulation, soit par écoute sélective, soit à l'aide de scripts dédiés tels que décrits dans [Diepeveen 2019]. Ces scripts sont performants pour la parole normale, mais peuvent s'avérer peu efficace en parole pathologique. Une vérification voire intervention manuelle peut être nécessaire dans le cas d'une DDK altérée, comme c'est souvent le cas pour les dyspraxies verbales, où la détection des clusters peut parfois être incorrecte et fausser les résultats.

Le protocole *MonPaGe* [Pernon 2020] comprend par exemple 7 épreuves de diadococinésie répétitive et alternative de complexité variable : /bababa/, /dedede/, /gogogo/, /klaklakla/, /tRatRatRa/, /klatRa/ et /badego/. Une segmentation automatisée est effectuée sur 4 secondes de production, dont sont extraits 18 indices acoustiques.

Nous avons tenté de cadrer l'épreuve de diadococinésie dans le bilan décrit dans [Menin-Sicard 2019] avec un protocole informatisé, des consignes précises et rigoureuses, sur la base d'une répétition de /PaTaKa/. Le module dédié dans DIADOLAB permet de conduire des analyses automatisées sur 5 à 7 secondes de production en fonction de l'âge du sujet et d'évaluer quatre indicateurs non corrélés entre eux : l'atonie, le débit, l'irrégularité et l'instabilité en puissance [Sicard 2020]. Les quatre indicateurs sont particulièrement sensibles aux imprécisions et erreurs d'articulation. En croisant les données de méta-analyses de publications focalisées sur /Pataka/ et les valeurs issues de 800 échantillons de DDK, nous avons pu proposer des valeurs de référence pour tous âges, et des limites de DDK normale, altérée et pathologique, ce qui permet de situer les performances du patient dyspraxique par rapport à la norme correspondant à son âge. Une illustration de cette approche est donnée figure 2, concernant les progrès du patient SM024 en termes de débit de diadococinésie avant/après prise en charge.

L'approche étudiée par [Saint Martin 2015] a quant à elle consisté à élaborer une épreuve de répétition de logatomes, basée sur le repérage d'une sensibilité à la répétition, visant ainsi à améliorer le diagnostic différentiel entre retard de parole et trouble phonologique.

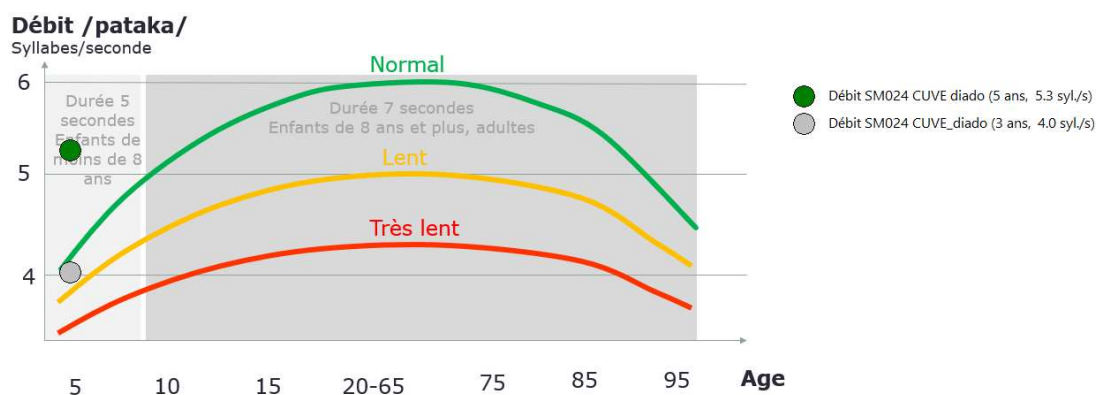


Figure 2 : Valeurs de référence concernant le débit de diadococinésie et positionnement d'un cas de dyspraxie verbale, avant (gris) et après prise en charge (vert) [Sicard 2020]

## Dysprosodie

Le déficit de contrôle rapide et fluide des mouvements des articulateurs que l'on retrouve souvent chez les patients dyspraxiques verbaux induisent des difficultés à produire les variations fines de durée, d'intensité vocale, et de variation de hauteur qui caractérisent la prosodie et favorisent l'intelligibilité. Deux approches ciblant la prosodie peuvent être considérées :

- L'une basée sur des phrases courtes à répéter, dont on connaît à l'avance le ou les contours prosodiques conformes, les phonèmes à accentuer en termes de durée, d'intensité et de hauteur ; c'est l'approche analysée par [Bardelang 2020] et proposée par [Menin-Sicard 2019].
- L'autre approche est basée sur une série de non-mots (ou pseudo-mots), proches de la phonotactique du Français, mais éloignés des mots connus, qui permettent un séquençage aléatoire des syllabes pour augmenter la variété des transitions phonologiques et simuler l'apparition de mots nouveaux. Cette approche oblige à une planification rapide des mouvements sans l'influence de la motricité automatisée sur des mots courants. Un exemple de listes de pseudo-mots spécifiquement adaptés à la dyspraxie verbale de l'enfant avec des accents toniques variés est donné en annexe de [Ballard 2014]. Le protocole *MonPaGe*, bien que non spécifique à la dyspraxie verbale, comporte une cinquantaine de non-mots [Fougeron 2016], tels que /rafau/, /tabon/, /laspa/. L'analyse de la dysprosodie sur des séries identiques de non-mots avant/après prise en charge orthophonique permet d'évaluer les progrès sur le plan prosodique.

## Indicateurs

La difficulté à programmer les mouvements de la parole caractéristique de la dyspraxie verbale induit des erreurs telles que la simplification des structures syllabiques, l'allongement des séquences de sons, ou encore des transformations de phonèmes [Charron 2015]. Parmi les difficultés relevées chez les enfants atteints de dyspraxie verbale [Jonkers 2017] [Wang 2020] [Asha 2022], qui peuvent servir d'indicateurs dans le cadre d'un bilan objectif de la parole, on peut noter :

- L'imprécision articulatoire dans les mots polysyllabiques, qui croit rapidement avec le nombre de syllabes,
- L'imprécision et la lenteur des séries diadococinésiques (DDK),
- Une ségrégation atypique des syllabes,
- Des difficultés de contrôle du débit de parole,
- Une tendance à supprimer des consonnes dans les structures syllabiques CV, VC, CVC,
- Une prosodie inappropriée.

Nous pouvons dégager un certain nombre d'indices en lien avec la parole dyspraxique, comme reporté à la table 2.



Tâche	Type d'analyse	Cas de la dysarthrie verbale
<b>Répétition de mots</b>	Segmentation des phonèmes et écoute sélective	Imprécision ; omission de consonnes
<b>Diadococinésie</b>	Débit	Débit lent ; difficulté de positionnement des articulateurs
	Respect des enchaînements	Imprécisions, répétition de la même syllabe, fatigabilité, répétition du patron d'erreur
<b>Répétition de phrase</b>	Débit	Débit lent
	Prosodie	Prosodie inadaptée ; ségrégation syllabique ; accent tonique inadapté ;

Table 2 : Sélection d'indices de la parole dyspraxie en vue d'un bilan objectif

### Exemple d'imprécision syllabique

Le cas MPB001 correspond à un garçon de 6 ans qui, sur la phrase /Bonjour Monsieur Tralipau/ d'après modèle [Sicard 2020c], prononce les phonèmes "p/o/s/au/m/eu/s/eu/tr/a/l/é/p/au/". Parmi les altérations constatées, on note la désonorisation du /b/ en /p/, la dénasalisation du /on/, la désonorisation et substitution /s/ en /j/, le /r/ a aussi été omis, des imprécisions sur /ou/, /ieu/ et le /i/. Le score d'articulation correspond à celui d'un enfant de 4 ans. Le contour prosodique est cependant conforme, avec un accent tonique bien visible sur le /au/ (approximation de Bonjour).

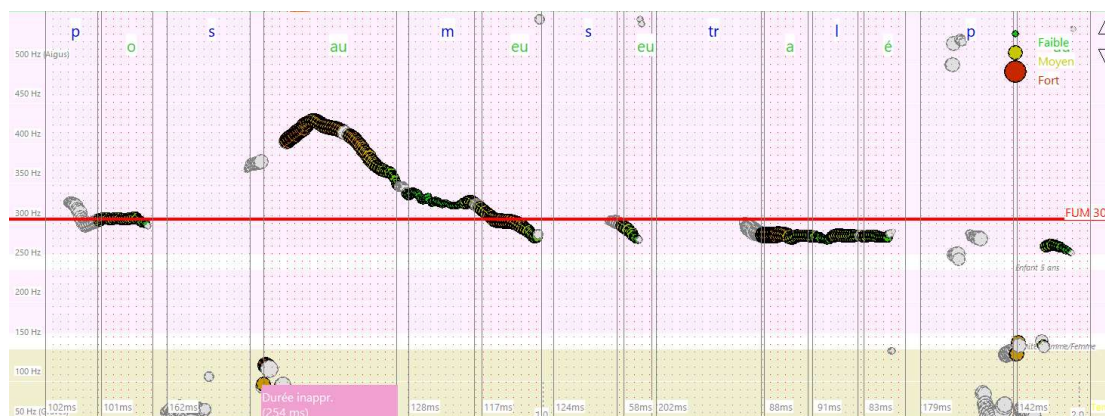


Figure 3 : Exemple d'imprécision syllabique, cas MPB001, garçon de 6 ans avec dyspraxie verbale

### Exemple de débit lent et prosodie inadaptée

Toujours sur la phrase /Bonjour Monsieur Tralipau/, ce garçon de 10 ans (cas GR012) a un débit de seulement 2.3 syl/s, soit plus de la moitié de la norme (5.0 syl/s). Même si l'accent tonique est conforme sur /Bonjour/, les segments de syllabes sont monotones, avec une fréquence fondamentale essentiellement située autour du FUM (270 Hz). Deux phonèmes sont aussi prolongés de manière inappropriée : /Monsieur/ et /Tralipau/.

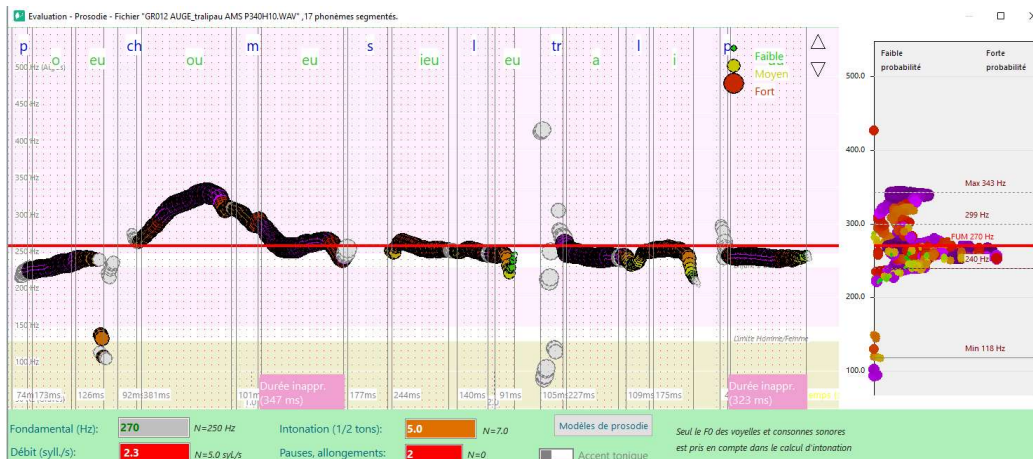


Figure 4 : Exemple de débit lent, cas GR012, garçon de 10 ans avec dyspraxie verbale

### Exemple d'altération de la diadococinésie

La figure 5 illustre l'altération de la diadococinésie sur une épreuve de répétition de /Pataka/ pour une durée de 5 secondes minimum (cas MPB001 garçon de 6 ans). Les 4 indicateurs mesurés sont l'atonie, proche de la normale, le débit un peu lent (norme 4.3 syl/s à 6 ans, 3.4 ici), une irrégularité marquée, avec de grandes dispersions de durée et une reprise inspiratoire inappropriée, enfin une tendance nette à la décroissance de la puissance au cours du temps. L'enfant est ici en grande difficulté. La tâche de diadococinésie semble particulièrement bien refléter les déficits sous-jacents de planification et de programmation motrices de la parole [Shriberg 2012][Charron 2015].

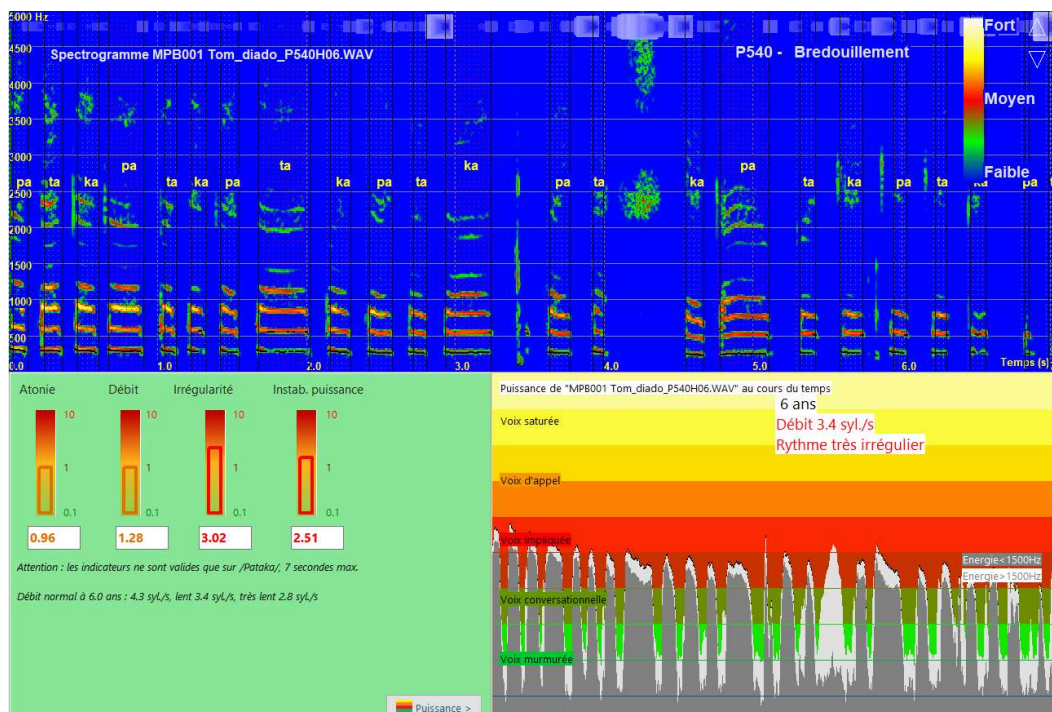


Figure 5 : Exemple d'altération de la diadococinésie, cas MPB001, garçon de 6 ans avec dyspraxie verbale

### Exemple de déségrégation syllabique

Sur la figure 6 nous pouvons observer une caractéristique de la dyspraxie verbale c'est-à-dire une difficulté particulière à enchaîner les syllabes, qui se traduit par une parole hachée et robotisée. Cette disfluente se distingue du bégaiement car il n'y a pas de blocages ni de spasmes laryngés, mais plutôt des silences ou des allongements de voyelles inappropriés, qui sont mise en évidence dans l'illustration de la figure 7, donnant le contour prosodique de l'échantillon de parole de la figure 6. L'instabilité et l'imprécision vocalique sont aussi fréquemment observées avec des voyelles « diphtonguées » de façon non intentionnelle ou des cibles « intermédiaires ». L'enfant ne parvient pas à stabiliser et mémoriser une position articuloire.

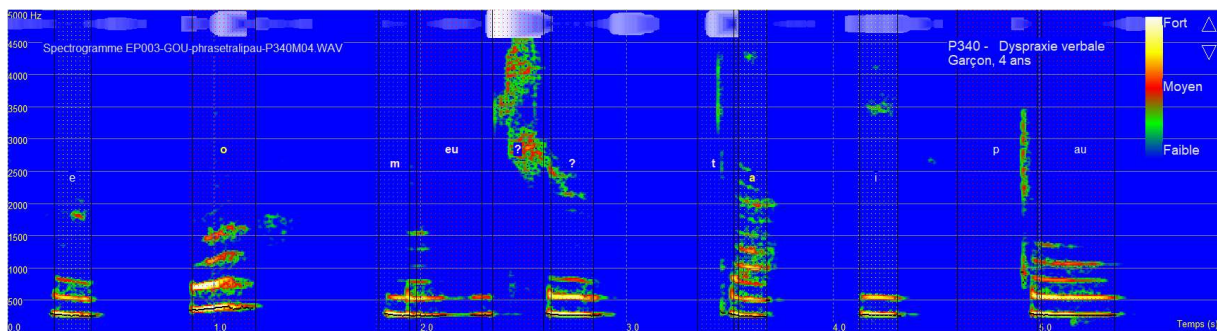


Figure 6 : « Bonjour Monsieur Tralipau » prononcé par un garçon de 4 ans dyspraxique verbale (EP003)

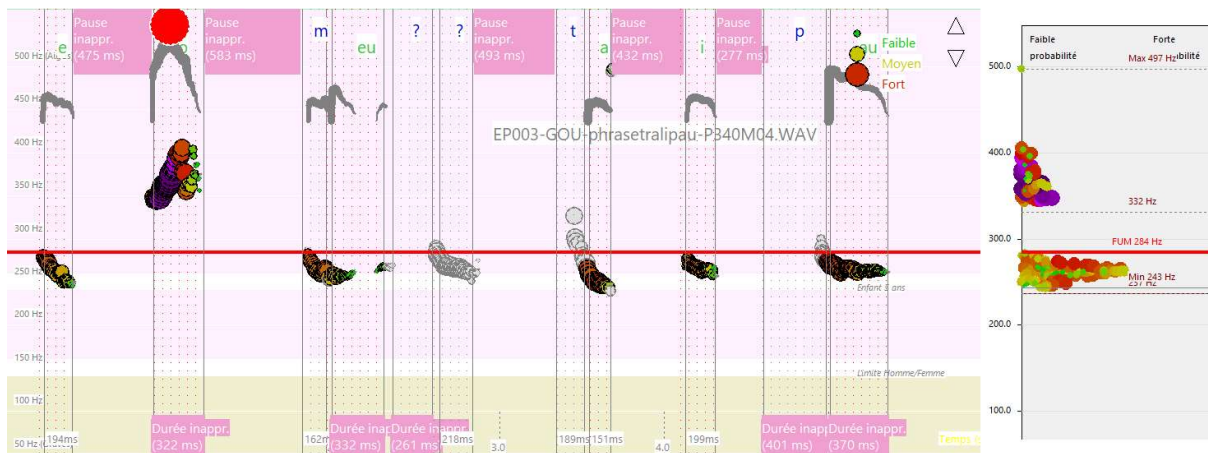


Figure 7 : Contour prosodique de la phrase « Bonjour Monsieur Tralipau », garçon de 4 ans dyspraxique verbale (EP003)

La contamination est peu marquée dans ces corpus typiques, mais elle est par contre marquée dans les séquences enchaînées. Elle est la conséquence de la difficulté à coordonner les différents articuloires (cordes vocales, voile, langue, lèvres, mâchoire) et à les contrôler de façon dissociée. Il est aussi fréquemment observé une rhinolalie qui se traduit par des difficultés de mise en pression du tractus vocal, du souffle nasal perturbant gravement le rendement phonatoire et l'intelligibilité dans son ensemble. Il est aussi observé une imprécision des constrictives, avec la difficulté à coordonner la mise en pression, l'écoulement d'air turbulent avec le voisement pour les phonèmes tels que /v,z,j/. L'analyse de la prosodie montre qu'elle est très perturbée mais qu'il y a quand même des variations de hauteur possible.

Les difficultés de prosodie sont réactionnelles au trouble de la programmation dans la majorité des cas. En effet si on demande à l'enfant d'imiter un contour mélodico-rythmique sur le son /m/, il pourrait être en capacité de le faire avec une certaine facilité dans la mesure où il n'aura pas à programmer des séquences motrices complexes. Le versant réceptif étant préservé, l'enfant perçoit, analyse et comprend très bien les intentions/émotions véhiculées par la prosodie mais ne pourra les imiter fidèlement dès lors qu'il doit faire porter son attention sur le contenu segmental.

## Approches de rééducation

Selon [Charron 2010] [Charron 2015], l'apprentissage moteur visant l'acquisition des mouvements et des séquences de mouvements est au cœur de la prise en charge orthophonique des enfants dyspraxiques verbaux. La prise en charge des troubles d'articulation suit en général une approche hiérarchisée par processus phonologiques de complexité croissante : processus élémentaires, phonèmes isolés, syllabes, clusters, mots courts, mots longs, puis phrases courtes et de plus en plus élaborées.

ACRONYME	SIGNIFICATION	PUBLICATION DE REFERENCE	MOTS-CLE	NIVEAU DE PREUVE	EFFET CONSTATE
<b>NDP-3</b>	<i>Nuffield Dyspraxia Program, 3rd edition</i>	[Williams 2004] [Belton 2004]	Sons, phonèmes, syllabes, mots, phrases	Ib	Positif
<b>DTTC</b>	<i>Dynamic Temporal and Tactile Cueing</i>	[Strand 2006]	Stimulation multiple	IIb	Modéré
<b>PAI</b>	<i>Phonological awareness intervention</i>	[Moriarty 2006]	Intelligibilité, conscience phonologique, lecture	III	Très positif
<b>REST</b>	<i>Rapid Syllable Transitions Treatment</i>	[Ballard 2010] [Murray2012]	Dysprosodie	Ib	Positif
<b>PROMPT</b>	<i>Prompts for Restructuring Oral Muscular Phonetic Targets</i>	[Dale 2013]	Phonèmes, mots, phrases, mouvements, socialisation	IIb/III	Très positif

Table 3 : quelques méthodes fréquemment citées dans la littérature scientifique en lien avec la dyspraxie verbale.

La revue de littérature de [Morgan 2018] avait pour but initial d'étudier les méthodes robustes pour la prise en charge orthophonique de la dyspraxie verbale. Les auteurs se sont rapidement heurtés à la difficulté d'identifier des publications avec des essais contrôlés randomisés (*randomised controlled trials - RCT*), qui sont considérés comme l'approche la plus solide pour extraire des résultats probants.

La revue conclut à un niveau modéré de preuve concernant les méthodes *Nuffield Dyspraxia Programme* (NDP-3) et *Rapid Syllable Transitions Treatment* (ReST) qui, lorsqu'elles sont administrées de manière intensive, peuvent améliorer la précision des mots chez les enfants de 4 à 12 ans. Nous citons ces 2 méthodes dans le tableau 3. Nous utilisons les appréciations de [Maas 2014] et [Murray 2014] sur l'interprétation de l'effet des méthodes pour la dernière colonne du tableau 3, ainsi que le niveau de preuve proposé par [Murray 2017] selon la nomenclature de l'ASHA (American Speech-Language-Hearing Association) [Asha 2004], le niveau I étant le plus élevé, le niveau IV le plus faible. Deux méthodes se distinguent en termes de pratiques probantes : NDP-3 et REST.

Parmi les travaux conduits en France, notamment en lien avec les mémoires d'orthophonie, on peut citer les travaux de [Blanchoz 2019] sur l'influence d'un entraînement moteur manuel sur les capacités d'imitation de praxies bucco-linguo-faciales et les productions orales (diadococinésies, dénomination d'images, répétition de non-mots), avec des améliorations du nombre de syllabes correctes par seconde, du pourcentage de mots/non-mots corrects, et du score de praxies chez les enfants dyspraxiques verbaux.

### **Méthode NDP-3**

Le *programme Nuffield Dyspraxia Program* [Williams 2004], originaire du Royaume Uni, cible les enfants de 3 à 7 ans souffrant de troubles graves de la parole. Actuellement proposé en version 3 [NDP 2022], il se concentre sur les compétences articulatoires, la phonologie et la syntaxe. La méthode repose sur des exercices pratiques fréquents et répétés, avec un support d'images, en vue de maîtriser les processus de parole défaillants. Les différentes structures phonotactiques sont travaillées à l'aide de dessins représentant des mots de complexité phonétique croissante (CV/VC, CVCV, CVC, phrases courtes, etc.).

Une des clés de l'approche thérapeutique est de s'appuyer sur les compétences déjà acquises pour faciliter l'apprentissage de compétences plus complexes, comme par exemple un mot de deux syllabes après avoir maîtrisé des mots d'une syllabe. Lorsque la production est exacte, l'enfant est encouragé à répéter les stimuli plusieurs fois pour aider à consolider la compétence sur le plan moteur.

Cette méthode a été relativement fréquemment utilisée par les orthophonistes Anglaises & Australiennes pour la prise en charge des troubles de la parole, d'après le sondage effectué par [Joffe 2008] et plus récemment par [Gomez 2019]. L'efficacité du NDP a été soulignée par [Belton 2004] avec des progrès significatifs en termes d'intelligibilité. Une étude conduite par [Murray 2015] a porté sur 26 enfants âgés de 4 à 12 ans atteints de dyspraxie verbale légère à sévère, qui ont bénéficié du programme NDP sous forme intensive : 4 séances d'une heure par jour pendant 3 semaines. Cette étude a permis de démontrer des effets thérapeutiques significatifs, non seulement en fin de thérapie, mais aussi 1 mois et 4 mois après la fin du traitement. Nous n'avons pas connaissance d'une adaptation en langue Française de ce programme.

## **Méthode REST**

La méthode ReST (*Rapid Syllable Transitions Treatment*), proposée par [Ballard 2010] de l'Université de Sydney, Australie, a pour objectif de faire produire correctement différents pseudo mots avec des contrastes prosodiques variés. Les pseudo-mots sont à deux syllabes (CV.CV où C = consonne et V = voyelle) ou 3 syllabes (CV.CV.CV). Le choix des consonnes est guidé par les difficultés du patient, en incluant cependant des consonnes que le patient prononce correctement, et en variant les lieux d'articulation ou les processus mis en œuvre (oppositions orales/nasales par exemple). Lors des premières séances, les pseudo-mots sont présentés au hasard pour avoir une idée des difficultés du patient. Puis, au cours des sessions, la complexité des pseudo mots augmente, avec des modèles prosodiques variables : accent tonique fort, modéré ou doux.

Grâce à une pratique intensive, le patient améliore la précision des sons de la parole, la capacité à effectuer des transitions rapides et fluides d'un son/syllabe au suivant, et améliore la prosodie grâce au contrôle de l'accent tonique. Les pseudo-mots permettent aux enfants de s'adapter à des structures inconnues, donc sans interférence avec des schémas de discours préexistants. Le travail sur les pseudo-mots de phonotactique proche de la langue maternelle et de complexité adapté à l'âge ainsi qu'aux difficultés de l'enfant améliore la production des mots réels.

Une analyse de l'efficacité de la méthode ReST a notamment été conduite par [Murray 2015b], qui conclut à une efficacité thérapeutique significative, à condition d'être administrée de manière intensive. L'étude souligne aussi un maintien des bénéfices de la prise en charge orthophonique au-delà de 4 mois après la fin de la prise en charge. L'étude sur deux enfants italiens a montré une amélioration de la prononciation de pseudo-mots et mots réels, avec le maintien des bénéfices du traitement [Scarcella 2021]. L'utilisation de la méthode ReST semble donc pouvoir s'adapter à d'autres langues que l'anglais, mais il n'existe pas à notre connaissance d'adaptation de la méthode en Français.

## **Méthode Prompt**

La méthode PROMPT (*Restructured Oral Muscular Phonetic Targets*) est originaire des Etats-Unis, et a été conçue dans les années 1970 par D. Hayden, orthophoniste. La méthode a évolué sous forme d'une approche standardisée dans les années 90, avant d'être largement déployée [Hayden 2004]. Aujourd'hui adossée à un institut [Prompt 2022], la méthode fait l'objet de formations et certifications auprès des orthophonistes, y compris en France depuis quelques années. La méthode vise à apporter aux enfants dyspraxiques des signaux sensoriels, proprioceptifs aux lèvres, aux joues et à la langue pour aider le patient à sentir le placement correct de ses articulateurs pour chaque son de la parole, ainsi que dans la production de mots qui ont un sens pour lui. Le postulat théorique est que plus l'enfant ressent précisément les processus de parole, plus la mémoire sensori-motrice des mouvements de la parole se construit et s'automatise.

L'objectif de cette approche est donc principalement d'augmenter la conscience articuloire, notamment de l'ouverture de la bouche, du placement de la langue et de l'ouverture des lèvres, le tout dans un contexte ludique, incitant à faciliter l'expression spontanée [Herreras 2019].

La méthode PROMPT a été associée à des améliorations notables du contrôle moteur de la parole, de l'articulation de la parole et de l'intelligibilité de la parole au niveau des mots, comme indiqué dans [Dale 2013] pour 4 enfants dyspraxiques ou [Moriarty 2006] concernant 2 enfants. Elle se révèle moins efficace au niveau des phrases et de la communication fonctionnelle [Namasivayam 2021].

## Outils

Un certain nombre d'outils ont été développés pour faciliter l'aide à la prise en charge des troubles de la parole à partir des années 2000. Parmi ces outils, on peut citer STAR (*Speech Training, Assessment, and Remediation* [Bunnell 2000], ou le logiciel *Speech Assessment and Interactive Learning System* décrit par [Preston 2015], qui a été utilisé pour évaluer les erreurs d'élocution. L'analyse automatique en temps réel de la production sonore du patient a été popularisée auprès des orthophonistes français par le logiciel *Speech Viewer* [Barry 1994] qui permettait une adaptation des exercices en fonction des besoins spécifiques à chaque patient et fournissait un retour visuel précieux. Ces différents outils ne sont malheureusement plus aujourd'hui à la disposition des orthophonistes. De manière récente, deux outils se sont distingués en lien avec la dyspraxie verbale, en lien étroit avec le protocole NDP-3 : *Tabby Talks* et *Speech Builder*. Nous avons pour notre part développé le logiciel DIADOLAB que nous décrivons brièvement ci-après.

### Tabby Talks

Le logiciel Tabby Talks présenté par [Parnandi 2013] est un outil à destination des enfants dyspraxiques verbaux, fonctionnant sur tablette, qui invite l'enfant à effectuer des exercices prédéterminés par l'orthophoniste, en lien étroit avec le protocole de rééducation NDP-3 *Nuffield Dyspraxia Program*. Les productions vocales sont analysées à l'aide d'un outil automatisé afin d'identifier les erreurs de production et fournir une rétroaction appropriée à l'enfant, tout en donnant au thérapeute les éléments clé de la progression de l'enfant, afin de cibler les exercices les plus pertinents en fonction des performances du patient. L'un des éléments clé du logiciel est le moteur d'analyse de la parole qui a été conçu pour détecter les erreurs articulatoires, les incohérences de production mais aussi la dysprosodie [Shahin 2015]. Le logiciel *Tabby-Talks* suit une approche progressive similaire à celle de NDP-3 (V, C, VC, CV, CV.CV, voir figure 8) afin d'offrir au patient les exercices adaptés à ses besoins, pour espérer des progrès rapides.

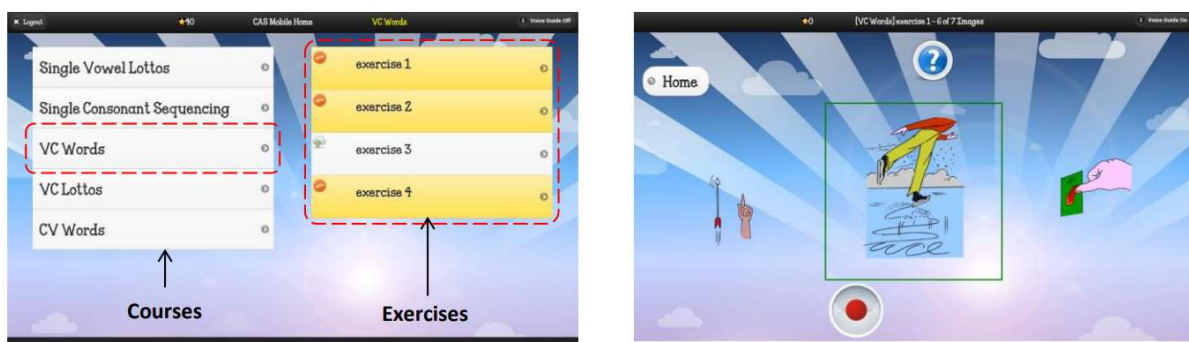


Figure 8 : Ecran de contrôle de Tabby Talks (gauche) et interface patient (droite) [Parnandi 2013]

Parmi les indices acoustiques étudiés se trouvent l'amplitude, la durée et l'énergie de la syllabe, son contenu fréquentiel ou encore sa tonicité [Teager 1980]. Le système de reconnaissance vocale rend des services intéressants, avec une fiabilité acceptable (de l'ordre de 80%) dans la mesure où les exercices de parole sont simples, et le domaine d'analyse restreint à quelques phonèmes. De plus on connaît au préalable les stimuli attendus et l'on dispose d'une connaissance préalable des erreurs spécifiques à la dyspraxie verbale, ce qui facilite la tâche d'analyse automatisée.

### *Speech Builder*

L'outil *Speech Builder* [NDP3 2022] illustre la méthodologie NDP-3 et permet de conduire des séances de rééducation à l'aide de feuilles de travail, de cartes, d'activités et de jeux spécialement conçus pour les enfants dyspraxiques verbaux. L'outil a pour but de renforcer la motivation du patient et l'aider à se concentrer sur les exercices les plus appropriés à ses difficultés, tout en étant variés (figure 9). L'outil *Speech Builder* repose sur une base de données d'images dans laquelle l'orthophoniste peut sélectionner, à l'aide de recherche par sons clé ou éléments phonétiques, les cibles thérapeutiques les plus pertinentes.

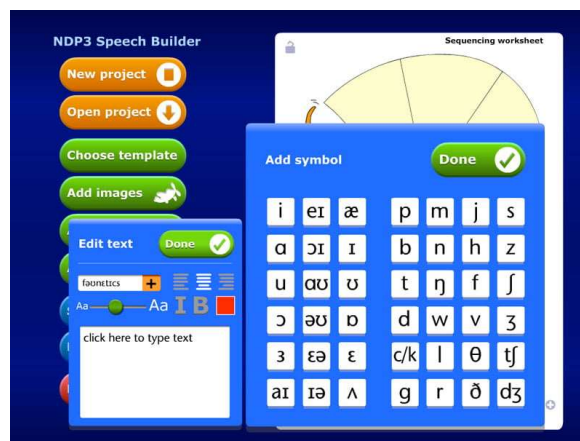


Figure 9 : Ecran de NDP3 Speech Builder [NDP3 2022]

### *Diadolab*

DIADOLAB est un logiciel d'évaluation et de rééducation orthophonique de la parole [Menin-Sicard 2019]. Ce programme interactif permet d'évaluer et de travailler de façon précise la conscience articulatoire, les praxies fines, l'articulation, la phonologie, la diadococinésie, la parole, la prosodie, l'intelligibilité et la fluence. Bien que non spécifiquement conçu pour la dyspraxie verbale, il est bien adapté à sa prise en charge orthophonique dans la mesure où l'imprécision syllabique, la diadococinésie, le débit et la prosodie font l'objet de modules dédiés, autant pour le bilan, la rééducation que pour l'analyse objective des progrès.

Le module Evaluation est destiné à aider l'orthophoniste à évaluer les troubles de la parole et de la prosodie, et de mesurer précisément son degré d'altération. Le bilan se compose de deux épreuves principales : l'enregistrement d'une phrase « *Bonjour Monsieur Tralipau* » [Sicard 2020c] et l'enregistrement d'une série de /PaTaKa/ [Sicard 2020].



Sur la base d'une segmentation par l'orthophoniste des phonèmes effectifs sur une seule phrase [Menin-Sicard 2021], et une analyse automatique d'indicateurs de débit sur /PaTaKa/, DIADOLAB3 évalue plus de 10 indicateurs d'altération de la parole et génère une fiche de synthèse récapitulant les éléments objectifs ainsi que l'appréciation de l'orthophoniste sur l'intelligibilité et la fluence du patient. Le bilan de parole est court, synthétique, et efficace et permet d'extraire tous les indicateurs sans biais de fatigabilité.

Dans le cas de la dyspraxie verbale, nous suggérons un enregistrement complémentaire de la phrase /Est-ce que tu connais Glochin l'écureuil ?/, ainsi que le ré-enregistrement successif des deux phrases, dans le but d'analyser l'instabilité de la production phonémique, une des composantes fréquentes de la dyspraxie verbale (Figure 10). Afin d'aider au diagnostic différentiel d'avec la dysphasie phonologique, il est utile de recueillir et analyser un extrait de discours spontané et d'ajouter une épreuve de gnosies phonémiques.

L'analyse d'un extrait court du discours spontané permet de repérer une dissociation automatico-volontaire. L'épreuve de gnosies phonémique permet d'éliminer une atteinte réceptive avec des difficultés de discrimination auditive possibles. L'épreuve de praxies dissociées est une épreuve clé pour repérer les difficultés purement motrices qui se manifesteraient par des syncinésies, des marques d'effort et de réelles difficultés à reproduire des séquences motrices sur imitation.

Dans le module rééducation, DIADOLAB propose une tête animée permettant au patient de visualiser précisément les mouvements des articulateurs (langue, lèvres, mâchoire, voile du palais) ainsi que tous les traits distinctifs (souffle, vibration laryngée, nasalisation) pour chaque phonème du français.

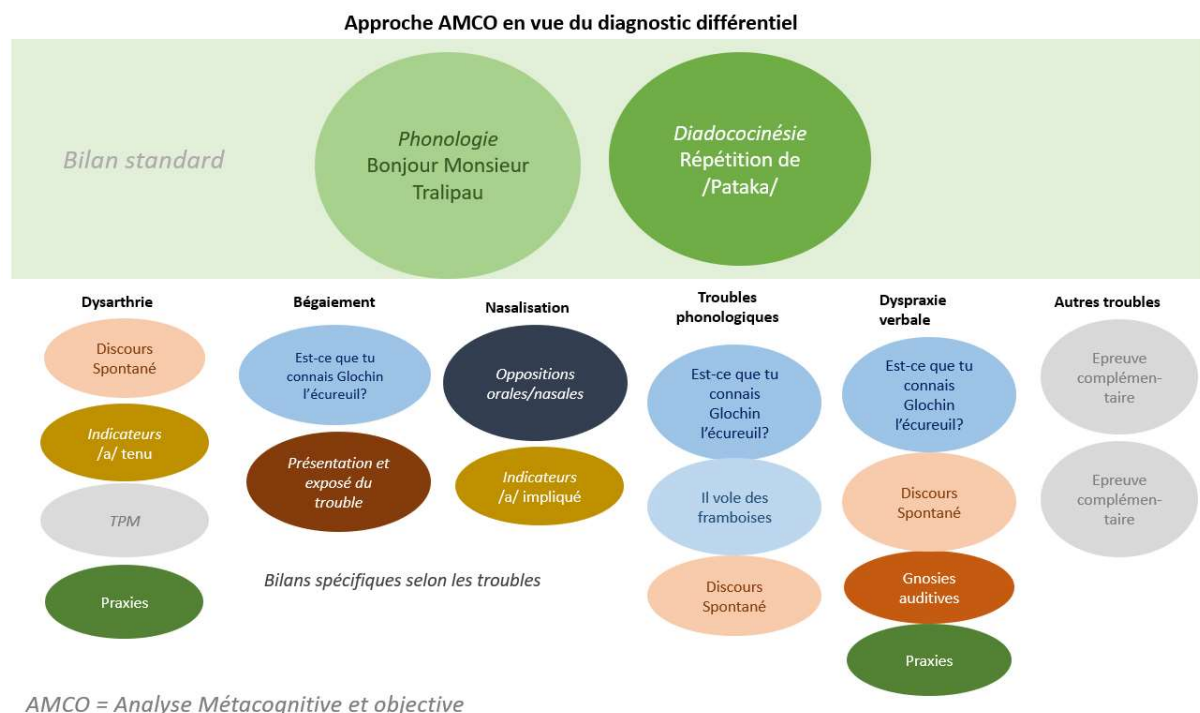


Figure 10 : Epreuves de bilan de parole génériques et spécifiques à certaines pathologies dont la dyspraxie verbale [Menin-Sicard 2019]

DIADOLAB propose différents jeux sur la base d'enregistrements de plus de 300 mots et images de complexité croissante. Un module temps réel avec analyse de la constriction, du voisement et de la puissance pilote des animations vidéo et des petits jeux, comme illustré figure 11 dans le cadre du travail de la prosodie.

Bien que n'étant pas directement adossé à un protocole spécifique de prise en charge de la dyspraxie verbale, DIADOLAB se révèle bien adapté à l'analyse et au suivi des diverses composantes de la dyspraxie verbale, tels que résumé à la table 4.

COMPOSANTE	MODULE	APPROCHE	DESCRIPTION
<b>PROCESSUS PHONOLOGIQUES DEFAILLANTS</b>	Phonologie	Segmentation d'une phrase simple	Analyse des processus défailants par comparaison avec une segmentation type.
<b>ANALYSE DES SUBSTITUTIONS-OMISSIONS-DISTORSIONS-ADDITIONS</b>	Phonologie	Segmentation de 3 phrases	Analyse du type d'erreur phonème par phonème, proche de la phonotactique du Français (CV, CCV, CVV, etc.)
<b>PARCOURS D'UN INVENTAIRE PHONETIQUE</b>	Parole > Parler	Bibliothèque de 350 mots de complexité croissante	Exercice de prononciation, de proprioception et d'identification de phonèmes, syllabes et séquence dans les mots
<b>REPETITION DE SYLLABES</b>	Diadococinésie	Analyse d'indicateurs d'altération, entraînement intensif	Analyse de l'atonie, de l'instabilité, du débit et de l'irrégularité. Exercices progressifs de répétition de consonnes, voyelles, de clusters et diphtongues à un rythme de plus en plus soutenu avec métronome
<b>ANALYSE DE LA DYSPROSODIE</b>	Prosodie	Analyse de débit, de disfluences, d'accent prosodique	Entraînement à base de modèles de prosodie, suivi de l'intonation proposée par l'orthophoniste

Table 4 : Analyses ciblées sur la dyspraxie verbale et modules associés dans DIADOLAB



Figure 11 : Module temps réel de DIADOLAB permettant le travail des structures prosodiques [Menin-Sicard 2019b]

### Rééducation au niveau des phonèmes

Dans la liste des exercices à l'échelle des phonèmes proposée dans l'outil *Articulation* > *Phonèmes* de DIADOLAB, se trouvent non seulement des exercices généraux focalisés sur les voyelles et les consonnes, mais aussi des exercices focalisés sur les processus de parole défailants, d'après l'analyse de la segmentation de l'orthophoniste [Sicard 2019][Menin-Sicard 2021].

Par exemple, dans le cas d'un patient atteint de dyspraxie verbale, la segmentation de l'orthophoniste "p/o/au/é/ie/b/a/é/p/au" ne permet de valider que le processus de plosive non voisée (grâce au /p/), le processus de plosive voisée grâce au /b/, et le processus de voyelle centrale grâce au /é/. Les autres processus contenus dans la phrase type ne sont pas couverts. Par exemple l'absence de /ou/ ne valide pas les extrêmes du triangle vocalique, l'absence de /m/ et de /s/ ne valide pas les extrêmes des consonnes /m-s/.

<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Extrêmes du triangle vocalique /a,i,ou/</li> <li><input type="checkbox"/> Extrêmes des consonnes /m-s/</li> <li><input type="checkbox"/> Fricatives non voisées /f,s ou ch/</li> <li><input type="checkbox"/> Fricatives voisées /v,z ou j/</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Plosive non voisée /p,t ou k/</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Plosive voisée /b,d ou g/</li> <li><input type="checkbox"/> Consonnes nasales /n,m ou gn/</li> <li><input type="checkbox"/> Voyelles nasales /an,in ou on/</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Voyelle /e,eu,é ou è/</li> <li><input type="checkbox"/> Consonne liquide /l/</li> <li><input type="checkbox"/> Cluster de consonnes (CC) /tr, gl, fr../</li> <li><input type="checkbox"/> Diphtongue /ieu, eui, oua../</li> <li><input type="checkbox"/> Consonne /r/</li> </ul>	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;"> <p>Liste de voyelles et consonnes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Processus défailants (SM024) <ul style="list-style-type: none"> <li>Extrêmes du triangle vocalique /a,i,o</li> <li>Extrêmes des consonnes /m-s/</li> <li>Fricatives non voisées /f,s ou ch/</li> <li>Fricatives voisées /v,z ou j/</li> <li>Consonnes nasales /n,m ou gn/</li> <li>Voyelles nasales /an,in ou on/</li> </ul> </li> </ul> </div>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figure 12 : Liste des processus de parole non couverts extraits de la segmentation d'une phrase type (à gauche) et proposition d'exercices de phonèmes ciblant les processus défailants

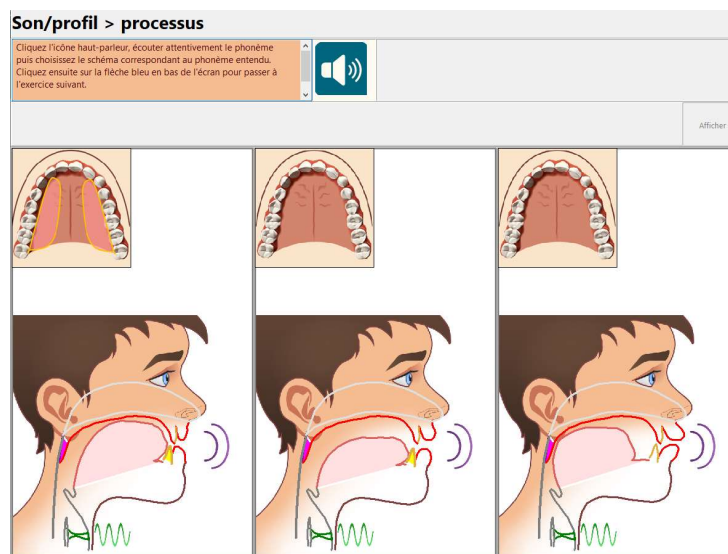


Figure 13 : Exemple d'exercice /i/e/ou/ du module Articulation > Phonèmes ciblant le processus défaillant d'extrême vocalique

En lien avec le processus défaillant d'extrême vocalique, DIADOLAB propose de mixer une voyelle correctement prononcée (ici le /e/) avec des voyelles mal prononcées (ici le /i/ et /ou/, figure 13). Cette approche peut être mise en parallèle avec le travail des compétences articulatoires de la méthode NDP-3 [Williams 2004].

### Rééducation au niveau des mots

L'outil *Parole > Parler* de DIADOLAB permet de sélectionner des mots très simples, à base de consonnes-voyelles, avec une information sur les processus de parole défaillants d'après les informations de bilan, sous forme d'une indication avec le symbole « ! ». Dans l'exemple du patient SM024, le mot /bonjour/ est particulièrement difficile à prononcer dans la mesure où les processus associés à la nasalisation /on/, fricative voisée /j/, extrême vocalique /ou/ et consonne roulée /r/ ne sont pas maîtrisés (Figure 14).

1	b	
2	on	!
3	j	!
4	ou	!
5	r	!

Figure 14 : Exemple d'exercice /i/e/ou/ du module Articulation > Phonèmes ciblant le processus défaillant d'extrême vocalique

## Travail sur les images

La banque d'images de DIADOLAB contient environ 300 items. Pour chaque mot disponible, la décomposition sous forme de phonèmes est précisée, associée à l'image et au son. Il est possible dans le menu en bas à gauche d'adapter la complexité des mots aux capacités de l'enfant : 2, 3, 4, 5 syllabes ou plus, en sélectionnant d'abord les mots de type consonne-voyelle (CV), puis consonne-consonne-voyelle (CCV), puis voyelle-consonne-voyelle-consonne (CV.CV). Ceci permet d'adapter les tâches de répétition de mots aux aptitudes de l'enfant, en incluant notamment un phonème acquis et un phonème imprécis (Figure 15).

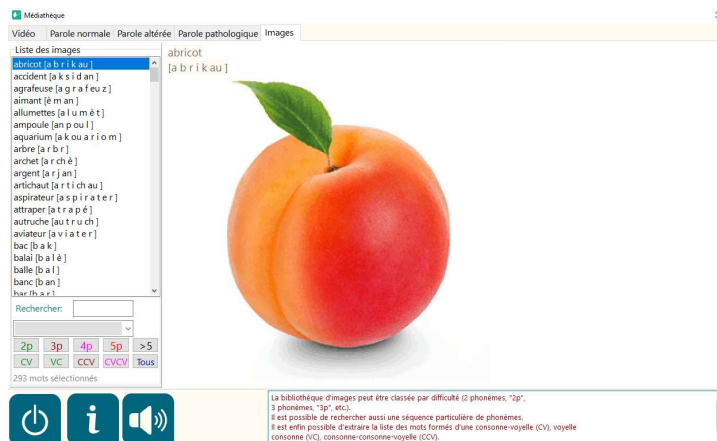


Figure 15 : Bibliothèque d'images de la médiathèque, avec l'orthographe, la décomposition en phonèmes, ainsi que le son associé



Figure 16 : Recherche d'images par mots clé (ici « tr ») et liste des images incluant la séquence désignée

Enfin, pour faciliter le ciblage des exercices, il est possible de préciser des combinaisons de phonèmes (par exemple « tr ») la liste des images possibles apparaissant dans le menu déroulant du bas. Il est aussi possible de faire écouter à l'enfant le modèle sonore du mot prononcé bien distinctement (Figure 16). D'autres outils de feedback tels que le module trait distinctif et le module phonèmes se révèlent très utiles et pertinents pour travailler spécifiquement et selon une méthodologie spécifique les différents processus de base et processus combinés.

## Etude de cas

Nous présentons dans cette section 2 études de cas, qui suivent le bilan standard de la parole décrit dans [Menin-Sicard 2019].

### Cas N°1 - SM030 - 4 ans

Le cas SM030 correspond à une petite fille de 3 ans et 4 mois, souffrant de dyspraxie verbale, ayant souffert de trouble de la déglutition à l'âge de 4 mois. Ce trouble s'est résorbé après intervention orthophonique. La patiente a subi une thoracotomie (incision chirurgicale de la paroi thoracique). Par ailleurs, c'est une enfant brillante n'ayant aucun souci sur le plan réceptif.

### Bilan avant prise en charge

#### Phrase avant prise en charge

La segmentation de l'orthophoniste " p/e/??/au/?/e/i/p/? " (la cible étant "b on j ou r m eu s ieu tr a l i p au ") comporte notamment trois phonèmes indéterminés, notés /?/, ce qui sanctionne le score d'articulation de -1 (Figure 17). A trois ans, la norme est de 15/30, le score est ici de 10/30 seulement. La segmentation est difficile, en particulier à cause d'une forte contamination et d'une grande imprécision phonémique. Seule l'occlusive /p/ est prononcée correctement, les processus de base constriction et nasalisation sont absents. Il est observé une grande instabilité vocalique caractéristique de la dyspraxie verbale.

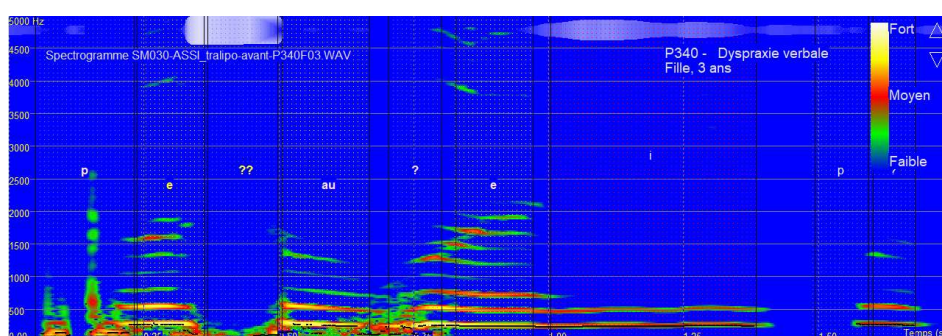


Figure 17 : Spectrogramme de la phrase /Bonjour Monsieur Tralipau/, enfant de 3 ans SM030

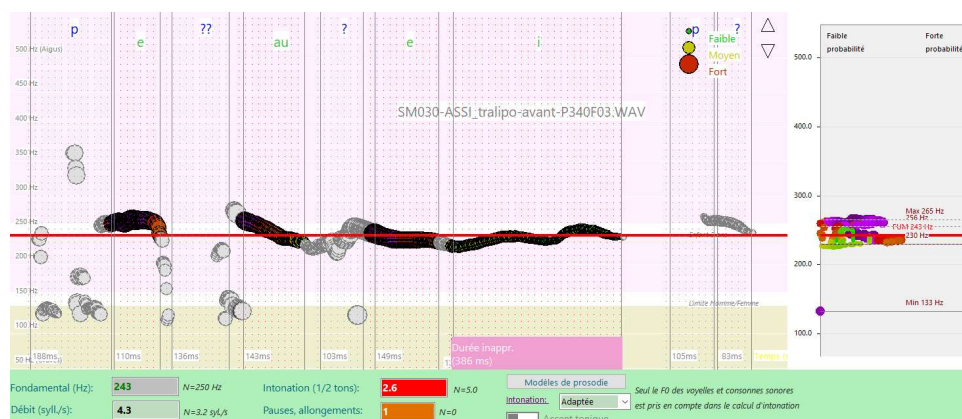


Figure 18 : Contour prosodique de /Bonjour Monsieur Tralipau/, enfant de 4 ans SM030, avant prise en charge

Le contour prosodique dessiné figure 18 ne donne pas d'indication d'accent tonique sur /Bonjour/, avec une intonation monotone (2.6 ½ tons, norme à 5). Le phonème codé /i/ est en outre d'une durée inappropriée (> 250 ms).

### Répétition de /Pataka/ avant rééducation

L'enfant ne prononce pas les /t/, a beaucoup de difficultés pour enchaîner les syllabes. L'enregistrement est entrecoupé de silences et d'inspirations. L'enfant alterne la production de syllabes fortes et douces, d'où un profil de puissance (en bas à droite de la figure 19) perturbé. Par rapport à l'âge, les valeurs sont altérées (débit de 2.9 syl./s au lieu de 3.4), sauf pour l'instabilité en puissance très marquée (figure 19).

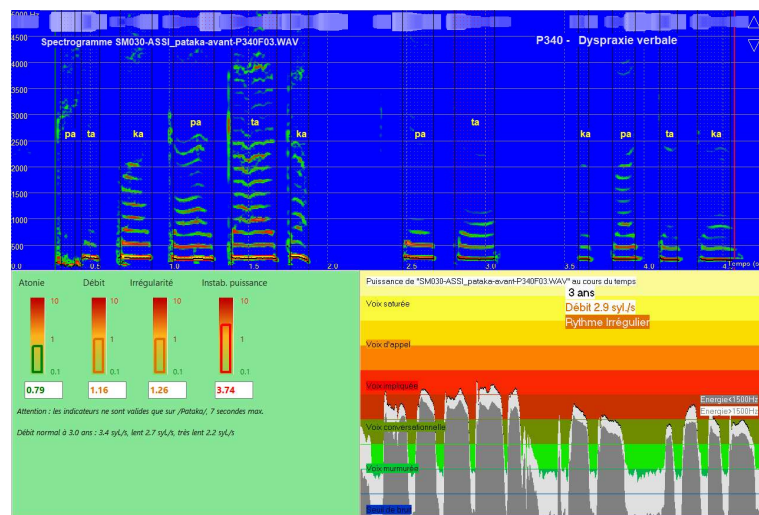


Figure 19 : Diadococinésie sur /Pataka/, enfant de 3 ans SM030, avant prise en charge orthophonique

### Projet thérapeutique

La prise en soin de cette petite fille s'est concentrée sur plusieurs axes :

- Le **travail de la tonicité labial** : en utilisant le feedback visuel en temps réel, l'enfant devait produire des occlusives comme /p/ et /b/ en utilisant le paramètre de puissance du module *Articulation > Traits distinctifs* de DIADOLAB et visualiser la tonicité de ses plosives sous la forme de bâtons de différentes hauteurs ou de ronds de différentes grosseurs.
- **Un entraînement très systématique des fonctions oro-myo-faciales**, surtout au niveau lingual et labial a été mené en faisant appel au module *Articulation > Praxies*, afin de l'aider à bien dissocier les mouvements des organes bucco-faciaux nécessaires à l'articulation des phonèmes /ch/, /j/, et /l/ mais aussi la mise en place des phonèmes postérieurs comme /k/ et /g/.
- **La mise en place du phonème /l/** avec stimulations sensorielles au niveau des points d'articulation linguo-palatal seuls puis associés à des voyelles facilitatrices /eu/e/o/ puis plus « extrêmes » /a/i/ou/.
- **Le travail du processus de constriction** pour améliorer l'intelligibilité avec le feedback visuel (spectre en temps réel de l'outil *Articulation > Traits distinctifs*). Il s'agissait d'encourager l'enfant à reproduire des modèles grâce au module-articulation-phonèmes de Diadolab et à l'aide du renforcement en jouant sur le paramètre de constriction et de durée.

- **Le travail du contrôle phono-articulatoire et de l'enchaînement dans la vitesse** avec le module diadococinésie puis parole. Le module *Parole > Diadococinésie* est également utilisé pour travailler l'agilité oro-motrice (série de diadococinésies : enchaînement de consonnes et de diphtongues).

## Bilan après rééducation

### Phrase après prise en charge

Ce bilan a été réalisé au moment où l'enfant avait 4 ans. La segmentation de l'orthophoniste est cette fois "o/s/ou/au/eu/s/eu/t/è/i/p/au", noté 14/20, norme à 20/30. On note l'omission du /b/, /r/ et /m/, mais les voyelles sont plus distinctes et le triangle vocalique ébauché. La constriction apparaît même si elle n'est pas encore différenciée, le phonème /t/ est présent, et il est observé une plus grande distinctivité vocalique. Le contour prosodique, reporté figure 20 est beaucoup plus conforme avec un accent tonique significatif sur le /ou/, un débit conforme sans disflueance à l'exception d'un léger allongement du /au/ final.

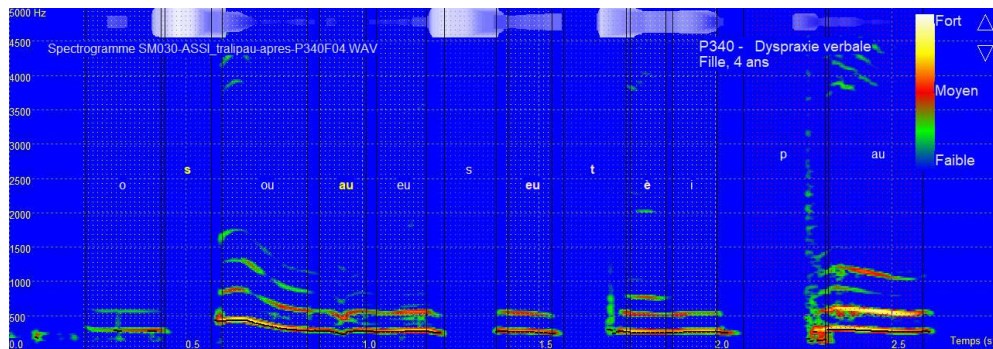


Figure 20 : Spectrogramme de la phrase /Bonjour Monsieur Tralipau/, enfant de 4 ans SM030, après prise en charge orthophonique

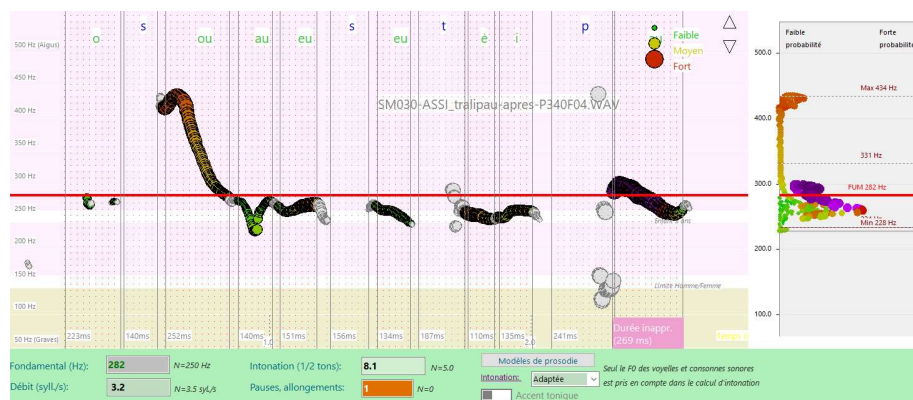


Figure 21 : Contour prosodique de /Bonjour Monsieur Tralipau/, enfant de 4 ans SM030, après prise en charge

### Répétition de /Pataka/ après rééducation

L'amélioration de la diadococinésie est notable, comme l'indique la figure 22, avec des syllabes très distinctes, même si l'enchaînement n'est pas respecté : l'enfant prononce des séries de /PaKa/, en omettant systématiquement le /Ta/. Le rythme est plus élevé que la norme, et est remarquablement régulier.



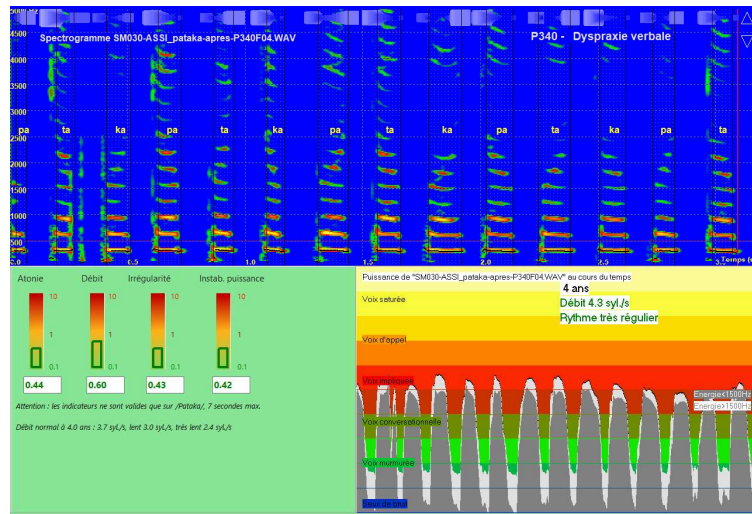


Figure 22 : Diadococinésie sur /Pataka/, enfant de 3 ans SM030, après prise en charge orthophonique

### Bilan d'évolution

La comparaison de la phrase type avant/après prise en charge donnant le détail des processus acquis et non acquis est donnée figure 23. On peut constater des progrès significatifs sur quasiment l'ensemble des métriques du bilan de la parole, reportées Figure 24. En particulier, l'épreuve de diadococinésie est beaucoup mieux réussie qu'au bilan initial, malgré une difficulté persistante à respecter les enchaînements souhaités (/PaTaTa/ au lieu de /PaTaKa/). Le score d'articulation reste en dessous de la norme pour l'âge, ce qui confirme qu'il s'agit bien d'un trouble et non d'une immaturité.

La progression nous renseigne sur le degré de sévérité et permet au clinicien de définir la fréquence et l'intensité des séances. Le détail des processus réalisés versus processus non réalisés permet d'aider l'orthophoniste à cibler son intervention, à être efficace et à savoir aussi dans quel ordre le travail se fera, certains processus notés \*\*\* indiquant que ces processus ont un impact important sur l'intelligibilité.

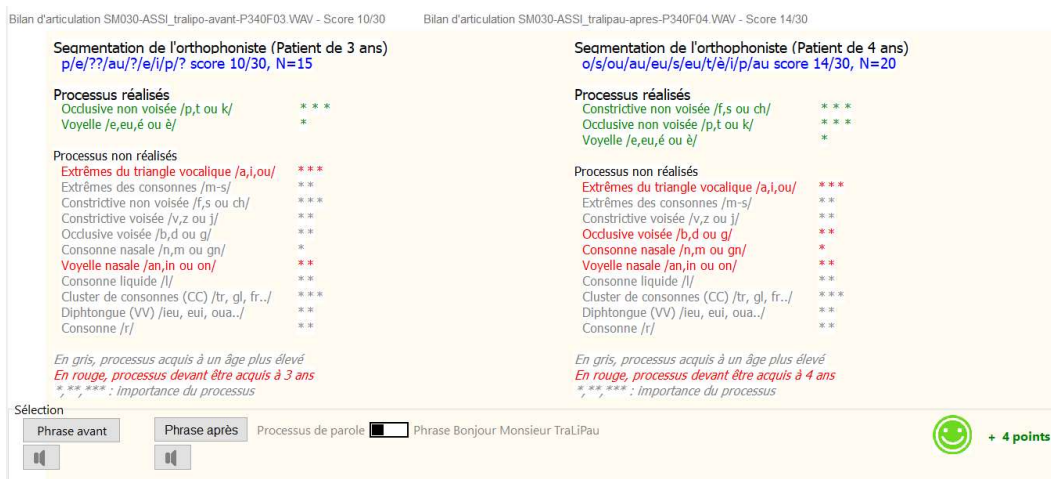


Figure 23 : Bilan d'évolution du cas SM030 : une amélioration de 4 points mais de nombreux processus sont encore non maîtrisés

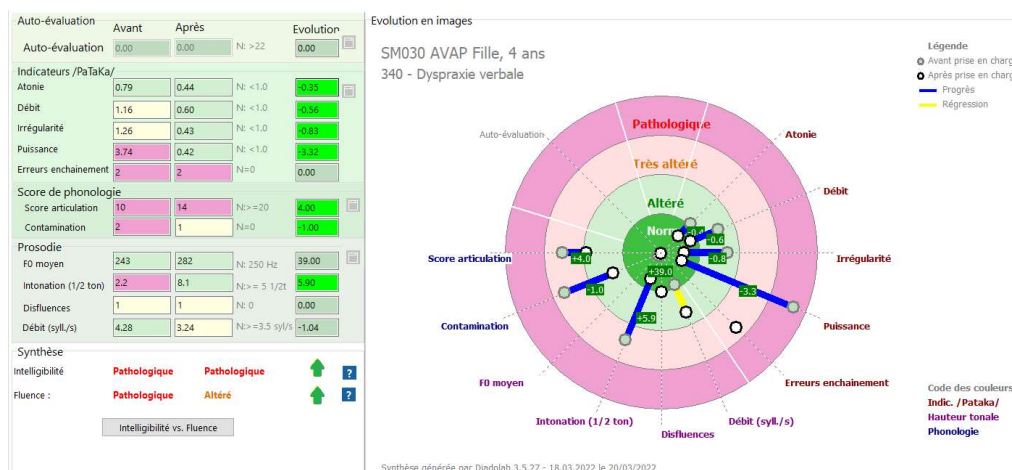


Figure 24 : Bilan d'évolution du cas SM030, avant/après prise en charge orthophonique

Les résultats avant/après sont reportés sur une cible avec au centre la norme. Plus les points se concentrent sur le milieu et plus les performances se normalisent. La longueur du trait bleu permet d'un seul coup d'œil de mesurer une progression. Dans ce cas précis, nous pouvons voir que le critère puissance de la diadococinésie s'est largement amélioré (trait bleu) ainsi que l'intonation alors qu'une régression est notée pour le critère débit.

La prosodie est restaurée et les deux paramètres intelligibilité et fluence ont progressé, la fluence étant maintenant considérée comme altérée pour l'âge (au lieu de pathologique), et l'intelligibilité s'approchant des valeurs altérées (Figure 24).

### Cas N°2 - SM024 - 5 ans

Le cas SM024 correspond à un garçon pris en charge pour des troubles sévères de phonologie à l'âge de 3 ans et demi. Il a présenté un épisode convulsif isolé quelques mois après la naissance. Il a bien évolué par la suite avec une bonne croissance staturo-pondérale, sans trouble de la déglutition ni de l'oralité alimentaire. Les premiers mots sont apparus à l'âge de 24 mois et la marche à 16 mois. Rapidement les parents constatent une stagnation des capacités verbales. Ce petit garçon très expressif et présentant de très bonnes capacités réceptives par ailleurs, ne pouvait produire que très peu de syllabes (/ma/, /pa/, /té/). Sur le plan psychomoteur, il présentait des difficultés attentionnelles et de coordination. Une prise en charge en orthoptie était proposée pour strabisme et il portait des lunettes avec un cache. Les affections ORL étaient très fréquentes. Un bilan orthophonique confirmait une très bonne compréhension du langage. L'enfant avait développé spontanément, soutenu par ses parents, une communication non verbale de compensation efficace (langage des signes, gestes, expressions faciales, pointages...).

Par contre, l'évaluation initiale mettait en évidence une dissociation automatico-volontaire massive, et un trouble praxique majeur, caractérisé par une impossibilité à dissocier les mouvements bucco-faciaux. La mobilité linguale était extrêmement réduite. Le système phonétique était particulièrement endommagé et tronqué de nombreux phonèmes. Les constrictives étaient inexistantes, tout comme les consonnes linguo-palatales et seules les voyelles /a/ et /é/ étaient émises. Paradoxalement, SM024 se montrait très « bavard ».

## Bilan avant prise en charge

### Phrase avant prise en charge

La segmentation de l'orthophoniste de la phrase « Bonjour Monsieur tralipau » est la séquence "p/o/au/eu/t/eu/b/a/é/p/au", ce qui donne un score de 13/30, ce qui est un peu en dessous de la norme à 3 ans, et un peu faible pour 3 ans ½. Parmi les erreurs constatées, on note la désonorisation du /b/ en /p/, la dénasalisation du /on/, ainsi que différentes omissions de consonnes /j/, /r/, /s/. La contamination est jugée ici élevée. Le processus de constriction est absent ce qui est normal pour l'âge au moment de la première évaluation.

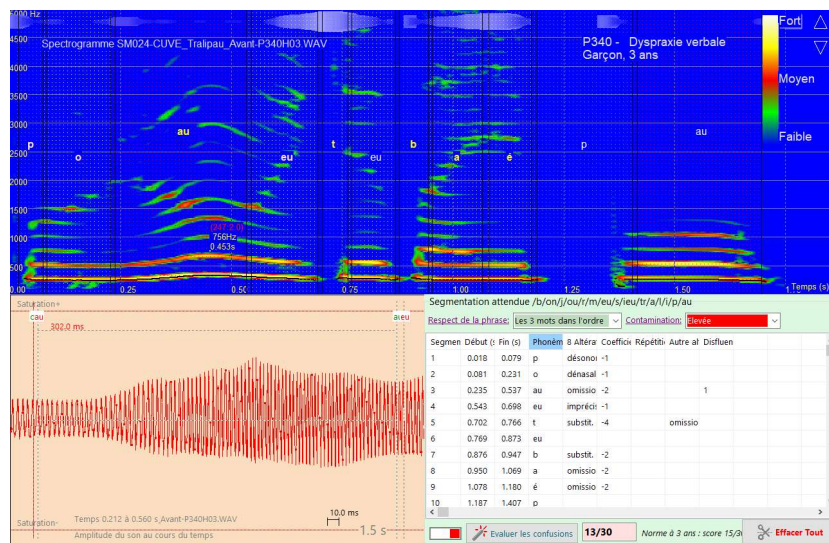


Figure 25 : Spectrogramme de la phrase /Bonjour Monsieur Tralipau/, enfant de 3 ans et demi SM024, avant prise en charge orthophonique

Le contour prosodique de la phrase est considéré comme peu adapté, à cause d'un accent et allongement sur la dernière voyelle /au/. Cependant, un accent tonique conforme apparaît sur le /au/ (dénasalisation du /on/, figure 26). Le débit est conforme, tandis que l'intonation est légèrement inférieure à la norme pour 3 ans (4.2 ½ tons, norme à 5 ½ tons).

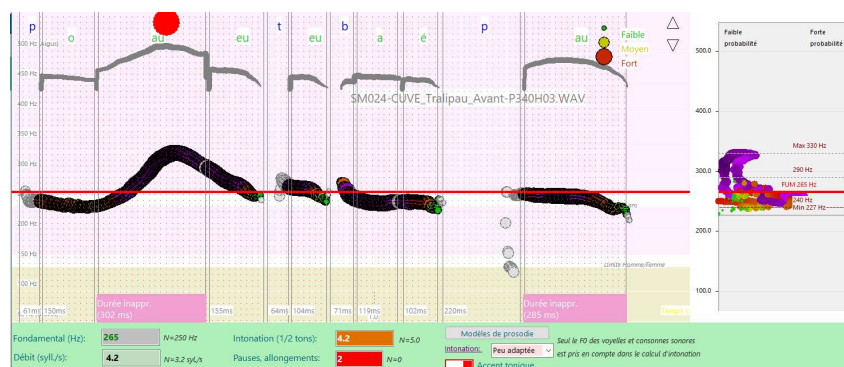


Figure 26 : Contour prosodique de /Bonjour Monsieur Tralipau/, enfant 3 ans SM024, avant prise en charge

## Répétition de /Pataka/ avant rééducation

L'épreuve de répétition de syllabes telles que /Pataka/ est une épreuve difficile pour les enfants de 3 ans. Les chiffres doivent donc être interprétés avec prudence, bien que les valeurs des indicateurs d'altération soient adaptés à l'âge [Sicard 2020]. On note ici des indicateurs plutôt conformes, mais une certaine instabilité en puissance (figure 27). Les séquences /Pataka/ ne sont pas respectées, d'où une alerte concernant le respect des enchaînements.

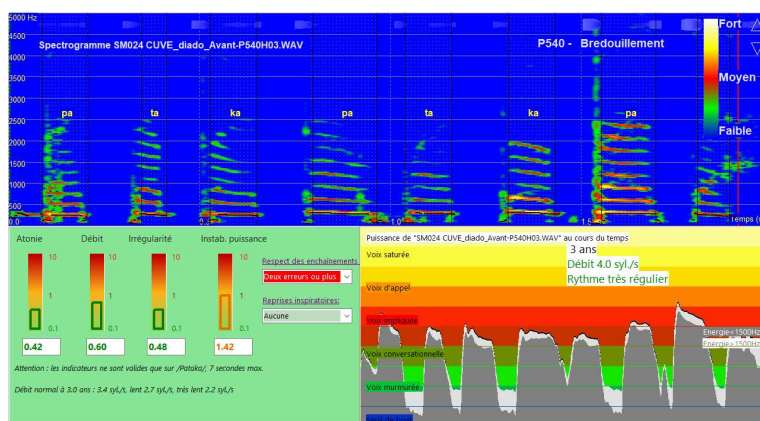


Figure 27 : Diadococinésie sur /Pataka/, enfant de 3 ans SM024, avant prise en charge orthophonique

## Projet thérapeutique

Une rééducation intensive est entreprise. L'objectif était de construire un système phonétique plus étoffé axé sur la mise en place des voyelles manquantes et les constrictives dans un premier temps, tout en préservant son appétence à communiquer et renforcer la Communication alternative et augmentée (CAA). En parallèle, l'entraînement praxique permettait de soutenir la mise en place du système phonologique. Les parents étaient très impliqués dans la rééducation, en reprenant quotidiennement les exercices proposés et suggérant même d'autres activités.

Pour cela, nous avons utilisé le module *Articulation > Praxies* de Diadolab afin de favoriser les mouvements mandibulaires et donc libérer les mouvements antéro postérieur et verticaux de la langue. Le module « phonème » est utilisé pour appuyer soutenir la visualisation de la position des articulateurs et la mise en place des voyelle orales manquantes /o/ou/i/u/. Le module *Articulation > traits distinctifs* permet de donner de la force à l'émission du souffle. Les oppositions vocaliques /a/i/ extrêmes sont travaillées avec le module *Parole > Diadococinésie* dans l'objectif de les enchaîner à un certain rythme. Bien sûr, de façon simultanée et coordonnée avec ces exercices utilisant le biofeedback, des stimulations sensorielles notamment gustatives sont proposées. Ce petit garçon étant passionné par les super héros, nous nous sommes servis du module d'enregistrement de spectre pour inventer des noms de super héros reprenant les phonèmes acquis au fur et à mesure afin que l'enfant puisse s'écouter.

## Bilan après prise en charge

L'enregistrement de la phrase et de la diadococinésie ont été effectués plus d'un an après le bilan initial, à l'âge de 5 ans.

## Phrase après prise en charge

La segmentation de l'orthophoniste "p/au/?/au/ou/m/eu/s/eu/kr/?/p/au" donne un score de 17/30 à 5 ans, ce qui est significativement en dessous de la norme (N=24 à 5 ans). On note toujours la désonorisation du /b/ en /p/, la dénasalisation du /on/ ainsi que l'omission du /r/. En revanche, le /s/ est correctement prononcé et le /tr/ est ébauché en /kr/ (figure 28). La contamination est jugée ici faible, avec des phonèmes bien distincts, malgré les imprécisions. Le processus de constriction apparaît même s'il n'est pas encore différencié.

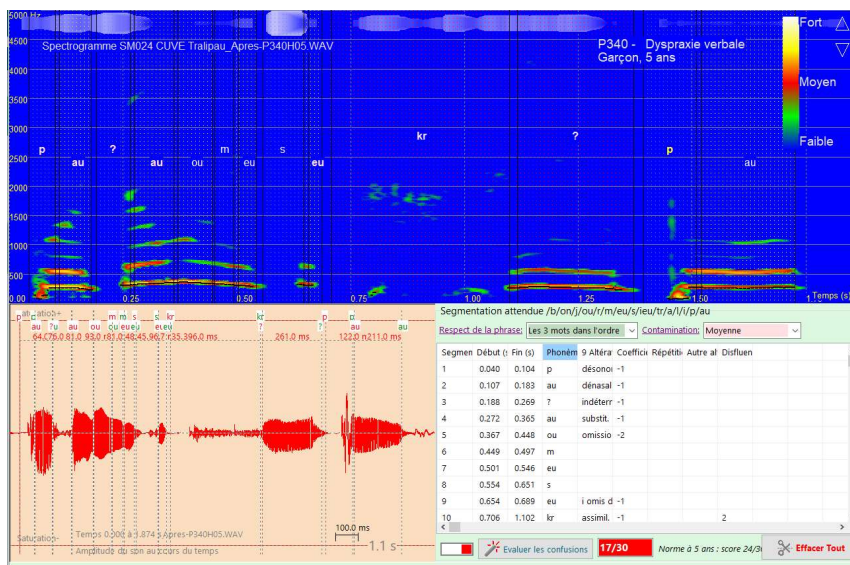


Figure 28 : Spectrogramme de la phrase /Bonjour Monsieur Tralipau/, enfant de 5 ans SM024, après prise en charge orthophonique

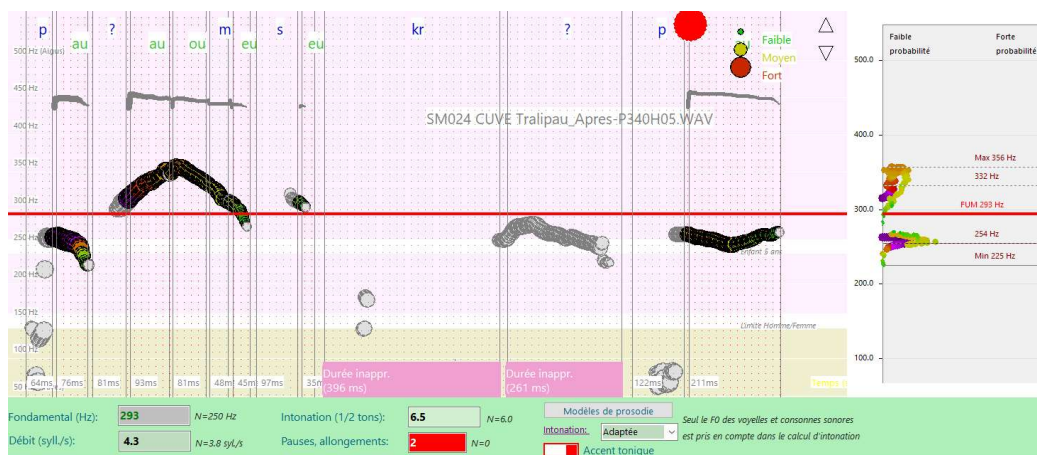


Figure 29 : Contour prosodique de /Bonjour Monsieur Tralipau/, enfant de 5 ans SM024, après prise en charge

L'intonation est dans la norme (6,5 ½ tons). L'imprécision du /on/ de « Bonjour », segmenté ici en /au/ ne permet pas au logiciel de détecter l'accent prosodique à la bonne place, du fait d'une durée trop courte. Cependant, F0 s'élève puis se rabaisse en début de phrase, ce qui correspond à l'une des composantes de l'accent tonique [Sicard 2021]. On note aussi un délai important à l'initiation du logatome /tralipau/ perçu ici comme /kr ?pau/.

## Répétition de /Pataka/ après rééducation

La durée de production des séries de /pataka/ est considérablement allongée. Le patient butte sur certaines séquences /Pataka/ mais quasiment toutes les syllabes de la partie centrale sont correctement exécutées. On note des plosives très dynamiques, et des indicateurs normaux (figure 30).

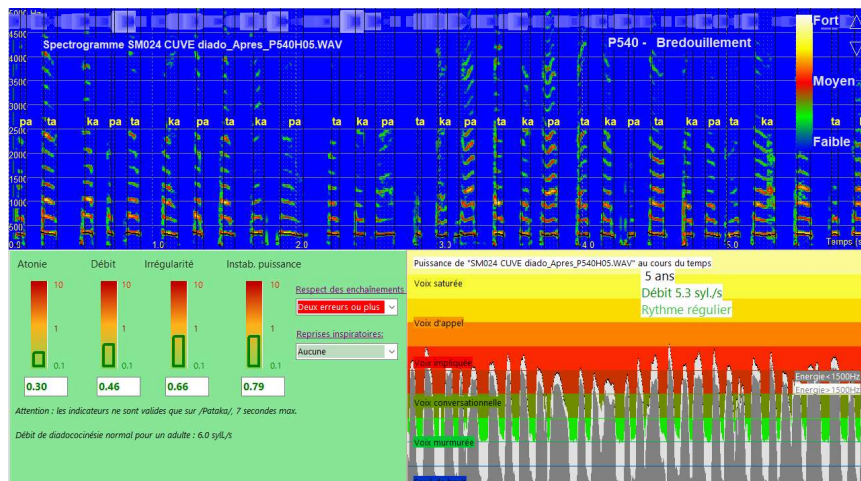


Figure 30 : Diadococinésie sur /Pataka/, enfant de 5 ans SM024, après prise en charge orthophonique

## Bilan d'évolution

Nous regroupons l'ensemble des indicateurs d'évolution du cas SM024 dans la figure de synthèse ci-dessous. Des progrès notables sont observés en diadococinésie, bien que les erreurs d'enchaînement persistent. Le score d'articulation a peu progressé mais la contamination est plus faible, le nombre d'omissions et d'imprécisions plus réduit. Globalement, une progression est mesurée en intelligibilité, mais les performances restent en dessous de la norme à 5 ans (Figure 32).

Segmentation de l'orthophoniste (Patient de 3 ans) p/o/au/eu/t/eu/b/a/é/p/au score 13/30, N=15	Segmentation de l'orthophoniste (Patient de 5 ans) p/au/?/au/ou/m/eu/s/eu/kr/?/p/au score 17/30, N=24
<b>Processus réalisés</b>	<b>Processus réalisés</b>
Occlusive non voisée /p,t ou k/ ***	Extrêmes des consonnes /m-s/ **
Occlusive voisée /b,d ou g/ **	Constrictive non voisée /f,s ou ch/ ***
Voyelle /e,eu,é ou è/ *	Occlusive non voisée /p,t ou k/ ***
<b>Processus non réalisés</b>	Consonne nasale /n,m ou gn/ *
Extrêmes du triangle vocalique /a,i,ou/ ***	Voyelle /e,eu,é ou è/ *
Extrêmes des consonnes /m-s/ **	Cluster de consonnes (CC) /tr, gl, fr.. / ***
Constrictive non voisée /f,s ou ch/ ***	Consonne /r/ **
Constrictive voisée /v,z ou j/ **	<b>Processus non réalisés</b>
Consonne nasale /n,m ou gn/ *	Extrêmes du triangle vocalique /a,i,ou/ ***
Voyelle nasale /an,in ou on/ **	Constrictive voisée /v,z ou j/ **
Consonne liquide /l/ **	Occlusive voisée /b,d ou g/ **
Cluster de consonnes (CC) /tr, gl, fr.. / ***	Voyelle nasale /an,in ou on/ **
Diphthongue (VV) /ieu, eui, oua.. / **	Consonne liquide /l/ **
Consonne /r/ **	Diphthongue (VV) /ieu, eui, oua.. / **
<i>En gris, processus acquis à un âge plus élevé</i>	<i>En gris, processus acquis à un âge plus élevé</i>
<i>En rouge, processus devant être acquis à 3 ans</i>	<i>En rouge, processus devant être acquis à 5 ans</i>
<i>*, **, *** : importance du processus</i>	<i>*, **, *** : importance du processus</i>

Figure 31 : Processus réalisés et non réalisés, avant/après, cas SM024

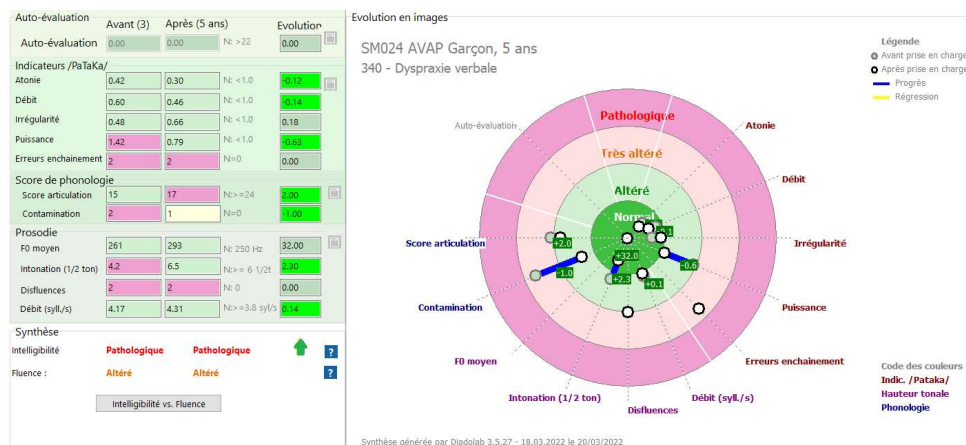


Figure 32 : Bilan d'évolution du cas SM024, avant/après prise en charge orthophonique

### Analyses statistiques

Bénéficiant dans le cadre de l'ERU 46 du LURCO d'un certain nombre de cas de dyspraxie verbale de différents degrés de sévérité, nous avons voulu analyser les tendances au niveau de quelques indices acoustiques par analyse de groupes de cas. Bien que le nombre de cas analysés soit assez faible (une quinzaine), disparate en âge et de sévérité variable, nous tentons de dégager quelques tendances que nous confrontons aux données de la littérature.

### Matériel & Méthode

Nous disposons pour chaque cas de deux enregistrements : l'un de la phrase « Bonjour Monsieur Tralipau » répétée par le patient d'après un modèle, l'autre concerne la répétition de la série /Pataka/. Une segmentation manuelle est effectuée sur les phonèmes de la phrase en suivant la méthodologie décrite dans [Menin-Sicard 2021]. La segmentation pour chaque cas est reportée dans la table 5. La comparaison avec la segmentation de référence permet d'obtenir un score que l'on compare à une norme pour l'âge.

CAS	GENRE	AGE	SCORE	NORME	SEGMENTATION
<b>ANONYMISE</b>					
AL001	H	17	23/30	28	on/j/ou/r/m/eu/ch/eu/kr/a/i/p/au
CC002	H	7	29/30	28	b/on/j/ou/r/m/eu/s/eu/tr/a/l/i/p/au
CM001	H	7	22/30	28	b/on/z/ou/m/m/é/ch/eu/r/a/r/i/p/r/au
EB001	F	7	14/30	28	p/an/?/?/ou/eu/?/?/eu/kr/e/?/?/i/pr/au
EP003	H	4	15/30	20	e/o/m/eu/?/?/t/a/i/p/au
EP004	H	7	12/30	28	o/?/?/m/eu/t/eu/?/?/è/?/?/p/au
GR012	H	10	21/30	28	p/o/eu/ch/ou/m/eu/s/ieu/l/eu/tr/a/l/i/p/au
GR015	H	8	24/30	28	p/on/e/?/ou/r/m/eu/?/eu/kr/a/l/i/p/au
GR018	H	7	21/30	28	m/eu/au/m/eu/s/eu/tr/a/?/i/p/au
MPB001	H	6	18/30	27	p/o/s/au/m/eu/s/eu/tr/?/l/?/p/au
SM024	H	5	13/30	15	p/o/au/eu/t/eu/b/a/é/p/au
SM030	F	4	10/30	15	p/e/?/?/au/?/e/i/p/?
SM032	F	5	10/30	24	ou/ou/p/è/é/é/p/o

Table 5 : Corpus de patients dyspraxiques

## Analyse de la diadococinésie

Nous disposons de 14 échantillons de diadococinésie, concernant 3 filles et 11 garçons, d'âge allant de 3 à 17 ans, âge moyen 7.3 ans. Les indicateurs d'altération de la diadococinésie sont ajustés en fonction de l'âge, comme décrit dans [Sicard 2020], donc sont comparables entre eux. Nos revues de littérature n'ont pas montré de différence significative entre garçon et fille, donc les données peuvent être groupées. Les indicateurs sont normalisés et connotés négativement, ce qui veut dire que les valeurs normales se situent en dessous de 1.0, les valeurs altérées au-dessus de 1.0, et ce pour les 4 indicateurs.

On note sur la synthèse de la figure 33 une moyenne la plus élevée (1.47) concernant l'indicateur de puissance, où seulement 4 enfants sont « dans le vert », c'est-à-dire avec une puissance stable, conforme à la norme pour l'âge, le reste étant limite ou particulièrement élevé.

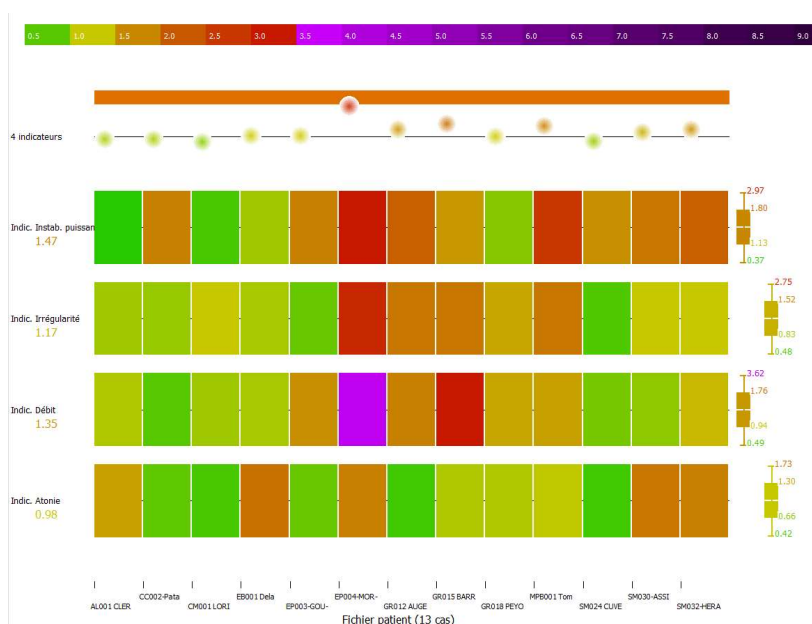


Figure 33 : indicateurs d'altération de la diadococinésie, 13 cas d'enfants dyspraxiques verbaux classés par âge croissant (3 à 17 ans)

L'irrégularité est un peu élevée mais proche de la norme. Le débit est globalement lent pour la majorité des cas (Moyenne 1.35). L'atonie est dans la norme, seuls 4 enfants produisent des /p,t,k/ considérés comme atones. En résumé, on peut donc considérer que l'épreuve de diadococinésie est difficile pour les enfants dyspraxiques verbaux, avec un débit plus lent que la normale et une production instable en puissance.

## Analyse des imprécisions

Nous reportons l'ensemble des segmentations de l'orthophoniste sur la base de la phrase « *Bonjour Monsieur Tralipau* », que nous comparons à la segmentation de référence. Cela nous permet, pour chaque réalisation de chaque patient, d'identifier les imprécisions, omissions, substitutions etc.... Nous complétons cette liste avec les disfluences (a1= allongement léger, a2=allongement moyen), au centre de la figure, et reportons aussi sur la droite les erreurs les plus fréquentes.



On peut constater, d'une part, que l'erreur la plus fréquente est l'indétermination, dans 25% des erreurs, c'est-à-dire que l'orthophoniste ne peut se prononcer sur la classification du phonème. Vient ensuite la désonorisation du /b/ de « Bonjour » en /p/ qui souligne la difficulté de coordonner les processus élémentaires occlusion et voisement, le /i/ omis dans /ieu/ de « Monsieur », mouvement très fin et rapide de glissement de la langue et la dénasalisation du /on/ de « Bonjour » impliquant une certaine réactivité vélaire. Les autres erreurs ont une récurrence plus faible. On note aussi des allongements fréquents (EP003, EP004, GR012) sur des phonèmes [Sicard 2021] (Figure 34), ce qui témoigne de la difficulté à stabiliser les positions articulaires cibles et le manque de réactivité des articulateurs. Les disfluences pourraient donc raisonnablement être un indicateur de dyspraxie verbale à ajouter à la dysprosodie.

Dans la mesure où l'acquisition des phonèmes dépend de l'âge, on doit considérer non pas les erreurs en absolu mais les erreurs par rapport à la norme, notée « (N=i) » en dessous de chaque acronyme. La couleur verte indique que le score d'articulation est conforme à l'âge, rouge s'il est inférieur à la norme correspondant à l'âge du patient.

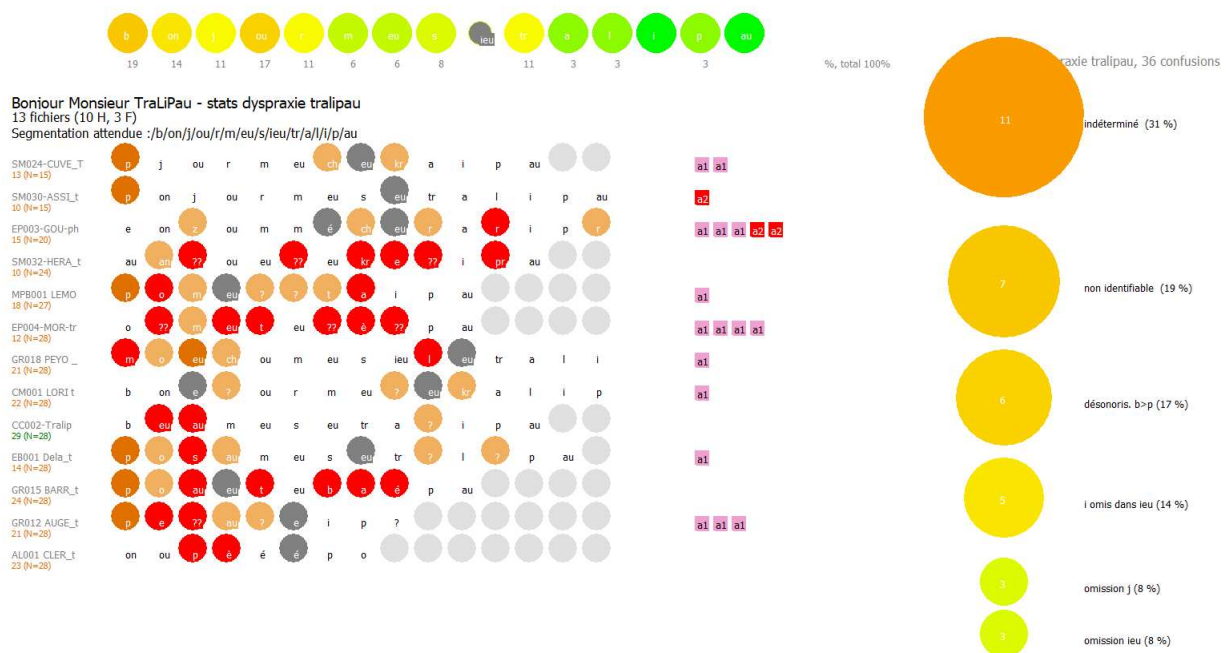


Figure 34 : Imprécisions et erreurs de production de phonèmes sur la base de la phrase « Bonjour Monsieur Tralipau », disfluences et erreurs les plus fréquentes dans le corpus portant sur 13 cas de dyspraxie verbale, âge croissant de 3 à 17 ans

### Analyse du score d'articulation

Nous reportons les différents patients sur le diagramme de la figure 35, où l'axe horizontal représente l'âge et l'axe vertical le score d'articulation. Le score normal est en vert, le score altéré en orange et le score pathologique en rouge. Le score d'articulation est évalué sur la phrase « Bonjour Monsieur Tralipau ». On constate que quasiment tous les cas étudiés ont des scores significativement inférieurs à la norme, cinq cas étant associés à des scores considérés comme pathologiques (en rouge).

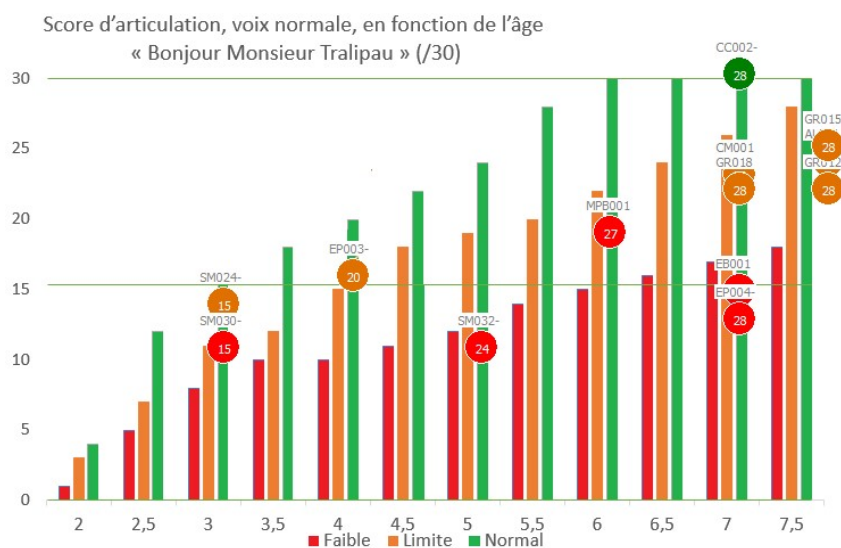


Figure 35 : Score d'articulation en fonction de l'âge, colorié en fonction des valeurs normales, altérées ou pathologiques

### Analyse du débit

Le débit de parole extrait de la phrase type est globalement significativement plus lent que la norme, comme l'illustre la figure 36. Le débit de parole pour cinq patients est considéré comme pathologique. Ceci témoigne de la difficulté à enchaîner les phonèmes, les syllabes avec une contrainte temporelle modèle.

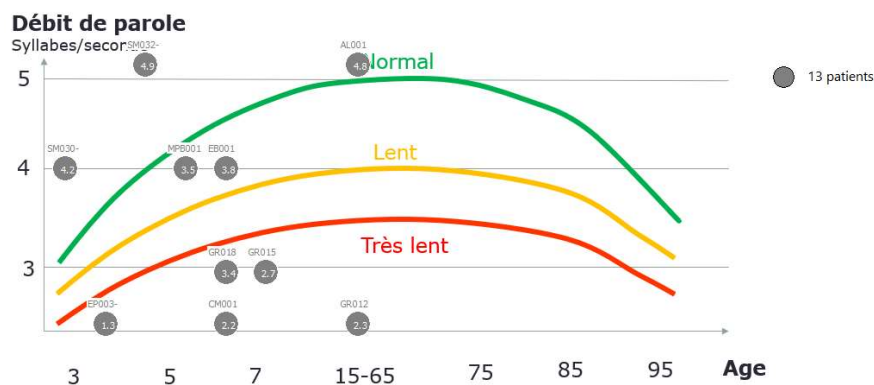


Figure 36 : Débit de parole par rapport à la norme selon l'âge pour 13 patients dysarthriques verbaux

### Analyse des processus

Nous reportons la liste des processus couverts par chaque patient sur la base de la phrase « Bonjour Monsieur Tralipau », classé par âge croissant. Le pourcentage de processus non couverts apparaît en bas de la figure 37. La voyelle centrale /e/ ainsi que l'occlusive non voisée sont les 2 processus maîtrisés. Les difficultés les plus grandes concernent les clusters de voyelles (VV), les extrêmes vocaliques /a,i,ou/sollicitant beaucoup les articulateurs, les constrictives voisées /v,z,j/, les occlusives voisées /b,d,g/ impliquant deux processus coordonnés, ainsi que la consonne /l/ qui nécessite un contrôle très fin de la forme et du tonus lingual.

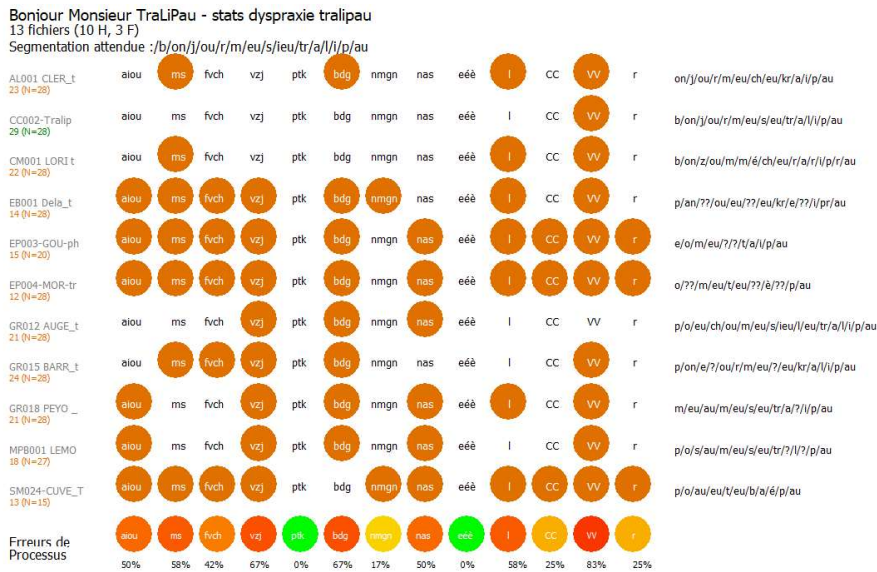


Figure 37 : Liste des processus non couverts par 13 patients avec diagnostic de dyspraxie verbale, âge 3 à 17 ans

Cette illustration met en évidence un nombre important d'erreur sur une seule et unique phrase et ce malgré l'âge moyen assez élevé de notre échantillon. Cela signifie qu'il y a une persistance des erreurs malgré le suivi et qu'il s'agit bien d'un trouble considéré comme sévère. Comme dans toutes les pathologies, il y a différents degrés de sévérité dont les caractéristiques pourront être affinées lorsque le nombre de sujets sera significatif. Nous comptons sur la participation des cliniciens pour récolter des échantillons exploitables de corpus d'enfants dyspraxiques verbaux afin de préciser ces tendances.

Le diagnostic doit être le plus précoce possible afin de mettre en place un suivi intensif et méthodique. La plupart des méthodes à haut niveau de preuve sont des méthodes avec entraînement quotidien. Une nouvelle évaluation 6 mois après le premier bilan est recommandée afin d'écartier par d'autres épreuves l'hypothèse d'une dysphasie phonologique et pour comparer les performances et la progression.

## Conclusion

Nous avons analysé dans ce rapport de recherches les caractéristiques propres à la dyspraxie verbale chez l'enfant, en mettant en évidence les imprécisions syllabiques, le débit de parole particulièrement lent, la prosodie parfois inadaptée, ainsi que la difficulté à réaliser les épreuves de diadococinésie. Une analyse de la littérature a permis d'identifier des bilans spécifiques à la dyspraxie verbale, ainsi que des méthodes de rééducation ayant un niveau de preuve d'efficacité relativement élevé. Sur les aspects outils, nous avons cité deux logiciels adossés à la méthode NDP-3, et montré en quoi DIADOLAB pouvait rendre des services intéressants dans la rééducation au niveau des processus élémentaires, coordonnés ainsi que des phonèmes et des mots. Deux études de cas de jeunes enfants ont été aussi décrites, avec leur bilan d'évolution associé montrant des progrès relativement lents. Enfin, une étude statistique portant sur une quinzaine de cas d'enfants dyspraxiques verbaux a confirmé les tendances soulignées dans la littérature scientifique en termes d'imprécision articulatoire, de difficultés à coordonner les processus de parole, avec un débit lent, une prosodie inappropriée, des disfluences observables et des difficultés importantes dans les tâches de diadococinésie.

## Remerciements

Nous saluons aussi les efforts de mise en archive ouvertes d'un très grand nombre de résultats scientifiques, en particulier dans le domaine de la parole, ce qui permet une diffusion très large, simple et sans droit d'accès, autorisant de ce fait des analyses comparatives et méta-analyses qui accélèrent ainsi leur mise en application clinique.

Nous remercions particulièrement les orthophonistes et membres de l'équipe ERU 46 du laboratoire LURCO de l'UNADREO pour la construction d'une base de données de parole pathologique et pour les échanges en lien avec la pratique clinique, notamment dans le domaine de la dysarthrie, du bégaiement ou des retards et troubles de la parole chez l'enfant. Nous remercions notamment Delphine Gaudin-Drouelle pour les informations sur la méthode PROMPT et Noémie Blanchoz pour l'accès à son mémoire d'orthophonie.

Enfin, nous remercions l'ensemble des orthophonistes, étudiants et chercheurs qui nous ont accordé leur confiance en utilisant nos méthodologies, approches et outils dans le cadre de leur pratique clinique ou de leurs travaux scientifiques.

## A propos des auteurs



**Etienne SICARD** est professeur à l'INSA Toulouse en électronique, informatique et traitement du signal. Il est directeur de recherches de l'équipe ERU 46 sur la parole pathologique au Laboratoire LURCO et chercheur associé à l'IRIT dans le cadre du projet ANR Voice4PD sur le

diagnostic différentiel des Syndromes Parkinsoniens.

Etienne SICARD est co-auteur des logiciels VOCALAB et DIADOLAB pour le bilan et la rééducation orthophonique de la voix et la parole, ainsi que de MICROWIND et IC-EMC en lien avec la conception des circuits intégrés. Il a co-écrit une vingtaine d'ouvrages et plus de 200 publications scientifiques dans le domaine de l'analyse de la voix et parole, des circuits intégrés, et de la compatibilité électromagnétique. Il a été nommé en 2006 *Distinguished Lecturer* de la société savante IEEE.

Site : [www.etienne-sicard.fr](http://www.etienne-sicard.fr)

Email : [etienne.sicard@insa-toulouse.fr](mailto:etienne.sicard@insa-toulouse.fr)



**Anne MENIN-SICARD** est orthophoniste et titulaire d'un master recherche en Sciences du langage de l'université de Grenoble. Elle a exercé en libéral à Toulouse de 1994 à 2015. Anne MENIN-SICARD est co-auteur des logiciels VOCALAB et DIADOLAB.

Dans le cadre de AMS Formation, elle organise et anime des formations aux orthophonistes sur le bilan et la prise en charge de la voix et parole pathologique. Elle a fondé en 2019 Opop, pour la formation en ligne personnalisée à destination des orthophonistes. Chercheuse associée à l'ERU 46 du LURCO, elle développe des outils de mesures objectives et de rééducation de la parole en lien avec le logiciel DIADOLAB. Elle est auteur d'un ouvrage sur l'évaluation objective de la voix (DeBoeck, 2017) ainsi que de nombreuses publications dans le domaine de la voix et de la parole pathologique.

Site : <https://www.formationsvoixparole.fr>

Email : [anne.sicard2@orange.fr](mailto:anne.sicard2@orange.fr)

**Sandrine MICHEL** est orthophoniste en cabinet libéral à Castelginest. Elle est aussi rattachée à l'Unité Régionale d'Evaluation des TSA et autres troubles du neurodéveloppement, Hôpital La Grave à Toulouse. Elle est aussi chargée de cours au Centre de Formation des Orthophonistes de l'Université de Toulouse, dans les domaines tels que la rééducation vocale.

Dans le cadre de l'équipe ERU 46 du LURCO/UNADREO, elle conduit des recherches sur la parole pathologique, notamment en lien avec les troubles d'articulation, dyspraxies, surdité, mais aussi les dysarthries. Elle a co-encadré différents mémoires, notamment dans le domaine de l'autisme, ainsi que celui de C. Grenier en 2020 sur l'étude comparative de tests phonologiques existants et de protocoles d'analyse objective de la parole.

Email : s.michel81@orange.fr

## Références

- [ASHA 2004] American Speech-Language-Hearing Association. (2004). Evidence based practice in communication disorders: An introduction, Technical Report.
- [Asha 2022] <https://www.asha.org/public/speech/disorders/childhood-apraxia-of-speech/>
- [Aubry 2021] Aubry, N., Bissonnette, I., Raymond, S., Perron, M., & Duchesne, L. (2021). Inventaire des structures syllabiques chez l'enfant francophone: un outil pour planifier l'intervention en dyspraxie verbale. *Canadian Journal of Speech-Language Pathology & Audiology*, 45(3).
- [Ballard 2010] Ballard, K. J., Robin, D. A., McCabe, P., & McDonald, J. (2010). A treatment for dysprosody in childhood apraxia of speech.
- [Bardelang 2020] Bardelang T. (2020), L'apport d'une phrase supplémentaire au protocole de DIADOLAB3. Mémoire d'orthophonie. Universit  de Lyon. Encadr  par A. Menin-Sicard.
- [Barry 1994] Barry, S. (1994). Speech viewer 2. *Child Language Teaching and Therapy*, 10(2), 206-213.
- [Belton 2004] Belton, E. (2004). Evaluation of the effectiveness of the Nuffield Dyspraxia Programme as a treatment approach for children with severe speech disorders. University of London, University College London (United Kingdom).
- [Blanchoz 2019] Blanchoz, N. (2019). Impact de la motricit  manuelle sur l'articulation et la motricit  oro-faciale : perspectives développementale et clinique. Les cas du développement typique et de la dyspraxie verbale. Mémoire d'Orthophonie. Université de Lyon.
- [Boersma 2022] Boersma, P. & Weenink, D. (2022). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.2.09, retrieved 15 February 2022 from <http://www.praat.org>
- [Bunnell 2000] Bunnell, H. T., Yarrington, D. M., & Polikoff, J. B. (2000). STAR: articulation training for young children. In *Sixth International Conference on Spoken Language Processing*
- [Charron 2010] Charron, L., et MacLeod, A.A.N, (2010). La dyspraxie verbale : identification, évaluation et intervention. *Glossa* no 109 (42- 54)

[Charron 2015] Charron, L. ; Systématisation des interventions en dyspraxie verbale : proposition d'un modèle intégratif. Rééducation Orthophonique - N° 261 - mars 2015

[Charron 2015b] Charron, L. (2015); Réflexions sur les défis dans le diagnostic et la rééducation de la dyspraxie verbale. Rééducation Orthophonique - N° 263 - septembre 2015

[Coquet 2007] Coquet, F., Roustit, J., & Jeunier, B. (2007). Batterie EVALO 2-6 Évaluation du développement du langage oral et des comportements non verbaux du jeune enfant. Rééducation orthophonique, 45(231), 203-225.

[Dale 2013] Dale, P. S., & Hayden, D. A. (2013). Treating speech subsystems in childhood apraxia of speech with tactual input: The PROMPT approach.

[Diepeveen 2019] Diepeveen, S., et al.(2019). A standardized protocol for maximum repetition rate assessment in children. Folia Phoniatica et Logopaedica, 71(5-6), 238-250.

[Fougeron 2016]. Fougeron, C., et al. (2016). Chapitre 14. MonPaGe: un protocole informatisé d'évaluation de la parole pathologique en langue française. Joyeux N. & Topouzkhianian S. Orthophonie et technologies innovantes, 2016, ISBN 978-2-36235- 093-1. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02437340>

[Frey 2003] Frey, J. (2003). Construction et normalisation d'une batterie informatisée d'EXAmen du LANGage oral et écrit chez l'enfant de 5 à 8 ans. Mémoire d'orthophonie de l'Université de Lille.

[Gomez 2019] Gomez, M., McCabe, P., & Purcell, A. (2019). Clinical management of childhood apraxia of speech: A survey of speech-language pathologists in Australia and New Zealand. International Journal of Speech-Language Pathology, 21(3), 295-304.

[Hayden 2004] Hayden, D. A., & Stockman, I. (2004). PROMPT: A tactually grounded treatment approach to speech production disorders. Movement and action in learning and development: Clinical implications for pervasive developmental disorders, 255-297. Elsevier Academic Press, San Diego

[Herreras 2019] Herreras Mercado, R., Simpson, K., & Bellom-Rohrbacher, K. H. (2019). Effect of prompts for restructuring oral muscular phonetic targets (PROMPT) on compensatory articulation in children with cleft palate/lip. Global pediatric health, 6, 2333794X19851417.

[Hodson 2006] Hodson, B. W. (2006). Identifying phonological patterns and projecting remediation cycles: Expediting intelligibility gains of a 7 year old Australian child. Advances in Speech Language Pathology, 8(3), 257-264.

[Joffe 2008] Joffe, V., & Pring, T. (2008). Children with phonological problems: A survey of clinical practice. International Journal of Language & Communication Disorders, 43(2), 154-164.

[Jonkers 2017] 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.

[Iuzzini 2010] Iuzzini, J., & Forrest, K. (2010). Evaluation of a combined treatment approach for childhood apraxia of speech. *Clinical linguistics & phonetics*, 24(4-5), 335-345.

[Maas 2014] Maas, E., Gildersleeve-Neumann, C. E., Jakielski, K. J., & Stoeckel, R. (2014). Motor-based intervention protocols in treatment of childhood apraxia of speech (CAS). *Current developmental disorders reports*, 1(3), 197-206.

[Menin-Sicard 2019] Menin-Sicard, A., Sicard, E. (2019). Méthodologie d'évaluation objective de la phonologie, de la fluence et de la prosodie - Vers un bilan rapide à destination des orthophonistes. Journées de Phonétique Clinique JPC 2019, Mons, Belgique. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02127039>

[Menin-Sicard 2019b] Menin-Sicard A., Sicard E. (2019). DIADOLAB 3 - Logiciel d'évaluation et de rééducation de la parole - Manuel d'utilisation. Archives ouvertes du CNRS <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02073314>

[Menin-Sicard 2021] Menin-Sicard, A., Sicard, E., Grenier, C., Bardelang, T., Michel, S. (2021). Méthodologie de la segmentation pour l'évaluation objective des compétences phonologiques avec DIADOLAB3. Rapport de recherches LURCO/UNADREO, INSA Toulouse, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03149560>

[Monetta 2016] Monetta, L., Desmarais, C., MacLeod, A. A., St-Pierre, M. C., Bourgeois-Marcotte, J., & Perron, M. (2016). Recension des outils franco-québécois pour l'évaluation des troubles du langage et de la parole. *Revue canadienne d'orthophonie et d'audiologie*, 40(2), 165-175.

[Moriarty 2006] Moriarty, B. C., & Gillon, G. T. (2006). Phonological awareness intervention for children with childhood apraxia of speech. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 41(6), 713-734.

[Morgan 2018] Morgan, A. T., Murray, E., & Liegeois, F. J. (2018). Interventions for childhood apraxia of speech. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (5).

[Murray 2014] 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(3), 486-504.

[Murray 2015] 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 2015b] 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.

[Murray 2017] Murray, E., & Iuzzini-Seigel, J. (2017). Efficacious treatment of children with childhood apraxia of speech according to the international classification of functioning, disability and health. *Perspectives of the ASHA Special Interest Groups*, 2(2), 61-76.

[Namasivayam 2021] Namasivayam, A. K., Huynh, A., Granata, F., Law, V., & van Lieshout, P. (2021). PROMPT intervention for children with severe speech motor delay: a randomized control trial. *Pediatric Research*, 89(3), 613-621.

[Niederberger 2021] Niederberger, N., Winkler-Kehoe, M., & Bouchut, A. L. (2021). DRAP: un test de dépistage rapide de l'articulation et de la parole pour les enfants de 3 à 6 ans. *Glossa*, (131), 33-58.

[Parnandi 2013] Parnandi, A., et al. (2013, October). Architecture of an automated therapy tool for childhood apraxia of speech. In *Proceedings of the 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility* (pp. 1-8).

[Pernon 2020] Pernon, M., et al. (2020). MonPaGe, un outil de screening francophone informatisé d'évaluation perceptive et acoustique des troubles moteurs de la parole (dysarthries, apraxie de la parole). *Rééducation orthophonique*, 281, 171-97.

[Preston 2015] Preston, J. L., Irwin, J. R., & Turcios, J. (2015, November). Perception of speech sounds in school-aged children with speech sound disorders. In *Seminars in speech and language* (Vol. 36, No. 04, pp. 224-233). Thieme Medical Publishers.

[Prompt 2022] <https://promptinstitute.com/page/ResearchLibrary>

[Saint Martin 2015] Saint Martin, E. (2015). Elaboration d'une épreuve de répétition de logatomes destinée au bilan de langage oral de l'enfant avec atteinte phonologique. *Sciences cognitives*. 2015. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01237533>

[Scarcella 2021] Scarcella, I., Michelazzo, L., & McCabe, P. (2021). A Pilot Single-Case Experimental Design Study of Rapid Syllable Transition Treatment for Italian Children With Childhood Apraxia of Speech. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 30(35), 1496-1510.

[Shahin 2015] Shahin, M., Ahmed, B., Parnandi, A., Karappa, V., McKechnie, J., Ballard, K. J., & Gutierrez-Osuna, R. (2015). Tabby Talks: An automated tool for the assessment of childhood apraxia of speech. *Speech Communication*, 70, 49-64.

[Shriberg 2012] Shriberg, L. D., Lohmeier, H. L., Strand, E. A., & Jakielski, K. J. (2012). Encoding, memory, and transcoding deficits in Childhood Apraxia of Speech. *Clinical linguistics & phonetics*, 26(5), 445-482.



- [Sicard 2019] Sicard, E., Menin-Sicard, A. (2019) Analyse de la qualité des phrases pour un bilan objectif de la parole. Rapport de recherches LURCO/UNADREO, INSA Toulouse. 2019. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02389764>
- [Sicard 2020] Sicard, E., & Menin-Sicard, A. (2020). La diadococinésie et son application en orthophonie clinique. Rapport de recherches en archives ouvertes. INSA Toulouse, LURCO/UNADREO, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02512856>
- [Sicard 2020b] Sicard, E., & Menin-Sicard, A. (2020). Le triangle vocalique et son application en contexte orthophonique. Rapport de recherches en archives ouvertes. INSA Toulouse, LURCO/UNADREO. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02504513>
- [Sicard 2020c] Sicard, E., & Menin-Sicard, A. (2020). Analyse d'une phrase type dans le cadre du bilan orthophonique de la parole. Rapport de recherches en archives ouvertes. INSA Toulouse, LURCO/UNADREO. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02568392>
- [Sicard 2020d] Sicard, E., Menin-Sicard, A. (2020). DIADOLAB v3.1, Ortho-éditions. Novembre 2020. [www.diadolab.org](http://www.diadolab.org)
- [Sicard 2021] Sicard, E., & Menin-Sicard, A. (2021). Analyse acoustique de la prosodie dans le cadre de la clinique orthophonique. Rapport de recherches INSA, Lurco/UNADREO. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03177645>
- [Strand 2006] Strand, E. A., Stoeckel, R., & Baas, B. (2006). Treatment of severe childhood apraxia of speech: A treatment efficacy study. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 14(4), 297-308.
- [Teager 1980] Teager, H. (1980). Some observations on oral air flow during phonation. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 28(5), 599-601.
- [Unadreo 2022] <https://www.unadreo.org/la-recherche/tests-en-orthophonie/>, consulté le 17/02/2022
- [Williams 1998] 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 2004] Williams, P., & Stephens, H. (2004). *The Therapy Manual of The Nuffield Centre Dyspraxia Programme*, 3rd Edition. London. <https://www.ndp3.org>
- [Wong 2020] Wong, E. C., Lee, K. Y., & Tong, M. C. (2020). The applicability of the clinical features of English childhood apraxia of speech to Cantonese: A modified Delphi survey. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 29(2), 652-663.
- [Wren 2021] Wren, Y., Titterton, J., & White, P. (2021). How many words make a sample? Determining the minimum number of word tokens needed in connected speech samples for child speech assessment. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 35(8), 761-778.

