



HAL
open science

Phono-articulatory disorders and intelligibility: role of lingual and palatal reading

Anne Menin-Sicard, Etienne Sicard

► To cite this version:

Anne Menin-Sicard, Etienne Sicard. Phono-articulatory disorders and intelligibility: role of lingual and palatal reading. Rééducation orthophonique, 2017. hal-01816184

HAL Id: hal-01816184

<https://hal.science/hal-01816184>

Submitted on 15 Jun 2018

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.

Troubles phono-articulatoires et intelligibilité : intérêt de la lecture linguale et palatale

Anne Menin-Sicard, Orthophoniste, Formatrice voix et parole, Lieu-dit Jalabert 81390 PUYBEGON – anne.sicard2@orange.fr

Etienne SICARD, Professeur INSA de Toulouse, chercheur associé à l'IRIT, 135 Avenue de Rangueil, 31077 TOULOUSE – etienne.sicard@insa-toulouse.fr

RESUME

Dans cet article, nous évoquons le lien entre dysoralité et troubles phono-articulatoires et en quoi la proprioception articulaire ainsi que la coordination fine des mécanismes physiologiques impliqués dans l'articulation sont déterminantes pour la précision et l'intelligibilité de la parole. Lorsque celle-ci ne peut pas s'élaborer ni se préciser de façon spontanée et que les mouvements articulaires ne sont pas efficaces à cause d'un trouble développemental ou acquis, un apprentissage explicite se révèle indispensable.

Le travail méthodique de la proprioception articulaire par différentes étapes va aider le patient à préciser les points de contact langue/palais et à mémoriser des repères sensitifs, auditifs et visuels qui détermineront la coordination des séquences articulaires. Le travail régulier, méthodique et spécifique de la conscience articulaire peut améliorer non seulement l'intelligibilité de la parole, mais aussi la conscience phonologique, dont on sait qu'elle est importante pour l'accès à la lecture.

Nous illustrerons nos propos par des modélisations articulaires, des palatogrammes ainsi que des spectrogrammes aidant à préciser les mouvements consonantiques et vocaliques clés. Nous évoquerons aussi le travail de lecture linguale et palatale ainsi que la notion de diadococinésie, champ d'investigation qui demeure assez peu investi en France.

MOTS-CLES : dysoralité, proprioception articulaire, troubles phono-articulatoires, diadococinésie, intelligibilité, dyspraxie verbale

Phono-articulatory disorders and intelligibility: role of lingual and palatal reading

ABSTRACT

In this paper we discuss the link between dysorality and phono-articulatory disorders. We show how articulatory proprioception, ie intra-oral sensory afferences, as well as the fine coordination of the sequenced physiological mechanisms involved in the articulation (pressure, voicing, constriction, occlusion, nasality, labialisation) is important for the accuracy and intelligibility of speech. When it cannot emerge or be defined implicitly and naturally and these articulatory movements are not or no longer effective because of a disorder or an accident, explicit re-learning is essential, but is not self-evident.

The methodological work of the articulatory proprioception by different stages will help the patient to specify the points of contact language / palate. The visualization of the configuration and the movements of the articulators as well as the coordination of the movements for the production of the phonemes and of the so-called complex articulatory links will in fact be facilitated. We will show how the regular, methodical and specific work of the articulatory consciousness can improve not only the intelligibility of speech but also the phonological awareness, which is known to be important for access to reading.

We will illustrate our observations by articulatory modelling, palatograms as well as spectrograms helping to specify the key consonant and vocal parameters. We will also discuss the work of lingual reading and diadocokinesis (ability to quickly perform articulatory movements such as p / t / k) field of investigation that remains little explored in France.

KEY WORDS: Dysorality, speech awareness, phono-articulatory disorders, diadocokinesis, intelligibility, verbal dyspraxia

◆ INTRODUCTION

En orthophonie, tous les aspects du langage sont importants à considérer et sont étroitement interdépendants dans leur fonctionnement et dans leur développement. Cette vision holistique de la communication n'écarte pas pour autant l'importance de considérer que chaque « module » de la boucle audio-phonatoire peut être évalué par des épreuves spécifiques. Ces analyses guident et orientent le diagnostic orthophonique, contribuant à rendre le suivi plus ciblé et donc plus efficace. L'orthophonie se dote progressivement de méthodologies d'évaluation rigoureuses et objectives, d'outils d'analyse, de référentiels et de protocoles de bilans validés par la communauté scientifique, qui renforcent nos champs de compétences et participent à la reconnaissance de notre profession. La corrélation entre nos évaluations objectives et notre expérience longitudinale sur un grand nombre de patients affine notre sens clinique et stimule notre créativité. Cette intuition spontanée du « bien-faire » devrait idéalement rester en lien étroit et régulier avec la recherche scientifique. Cette démarche est le gage d'une évaluation et d'un suivi de qualité.

Nous proposons ici une réflexion générale et transversale sur la conscience articulatoire et le lien avec l'oralité dans sa fonction langagière. La question est de savoir si la lecture linguale et palatale peut ou non améliorer l'intelligibilité des patients atteints de désordres phono-articulatoires sévères. Les épreuves diadococinésiques (du Grec *diadokhos* : *qui succède* et *kinésis* : *mouvement*) encore peu utilisées en France peuvent-elles fournir des éléments marquants pour certains diagnostics différentiels ? Nous n'aurons pas la prétention de donner des réponses mais simplement une revue de la littérature ainsi que le fruit de nos expérimentations et élaborations d'outils prototypes.

Si les immaturités phonétiques simples posent généralement peu de soucis aux orthophonistes, ce n'est pas la même histoire pour les troubles sévères. Dans le cas d'une simple immaturité, un travail de proprioception articulatoire bien mené, une méthodologie de rééducation adaptée couplée à un suivi régulier, permet généralement à l'enfant d'améliorer significativement son intelligibilité et ce dans des délais raisonnables. Un réajustement des conduites parentales et éducatives dans le sens d'une interaction avec les pairs plus riche et fréquente contribue à combler ce retard. Ce n'est pourtant pas le cas d'un certain nombre d'enfants pour lesquels articuler un phonème ou en combiner deux successivement est une lutte de chaque instant, un effort parfois insurmontable (Bezard, 2015). Ici, nous nous intéresserons plus particulièrement aux troubles phono-articulatoires sévères et plus particulièrement aux dyspraxies verbales et/ou les dysarthries d'origine neurologiques.

Liens entre oralités et troubles du développement phono-articulatoire.

Le langage, la parole et l'articulation s'étaient, se renforcent, s'entremêlent dans une extraordinaire synergie entre 0 et 4 ans. Dans des pathologies sévères telles que les troubles envahissants du développement (TED), l'infirmité motrice d'origine cérébrale (IMOC), ou les troubles sévères du développement de la parole (dyspraxie verbale, dysphasies phonologiques), le développement est beaucoup plus chaotique et laborieux, avec des constantes de temps bien plus longues. L'intelligibilité sera plus ou moins affectée selon la sévérité du trouble. Dès la naissance, le nourrisson capte des signaux, préférentiellement émis par sa mère et sélectionnera ceux qui sont les plus pertinents à sa survie (De Boysson-Bardies, 1999). Très tôt, le bébé, sensible aux variations prosodiques de la parole (Fernald, 1987), se montre capable de segmenter, discriminer, catégoriser des stimuli malgré la complexité acoustique inhérente à la parole spontanée (Coquet, 2007). L'intégrité physiologique de l'audition et de la vision est déterminante pour que se construise et se précise la boucle audio-phonatoire (Jacquemot, 2012). La multimodalité de la parole a intéressé de nombreux chercheurs et cliniciens (Mattingly, 1985). Le célèbre effet Mac Gurck (Colin, 2003) prouve que la vision est une donnée importante dans le processus de construction du système phonologique (Kulh & Meltzoff, 1996). Stoel-Gammon & Otomo (1986) ont montré que les phonèmes labiaux semblent majoritairement présents dans les premières productions de l'enfant déficient auditif parce que plus visibles que les

autres. L'acquisition du système phonologique est renforcée par la vision des articulateurs ainsi que par le décodage de la mimogestualité.

De nombreux travaux ont été conduits sur la multimodalité de la parole (Lieberman, 1985 ; Batista, 2013 ; MacLeod, 2015). Les configurations articulatoires sont liées à la mise en mémoire d'informations auditivo-visuelles mais aussi proprioceptives comme la sensation de contact entre les organes articulateurs. Guenther & Perkell (2004) ont proposé un modèle de production de la parole appelé DIVA basé sur l'hypothèse de l'existence de réseaux de neurones et de « poids synaptique » en fonction de la cible. C'est le feed-back proprioceptif qui permet de se rapprocher par essais successifs du phonème à prononcer. Ce modèle est utilisé pour aider à interpréter les résultats fonctionnels de la neuro-imagerie et décrire les fonctions du cerveau qui sous-tendent le développement des compétences de contrôle et régulation de la parole. Il comporte deux sous-systèmes : l'un permettant le contrôle des mouvements et l'autre permettant le contrôle de la rétroaction.

Il est nécessaire de faire la distinction entre la conscience de la position des articulateurs (contact linguo-palatal par exemple) et la conscience du mouvement (avant/arrière, haut/bas). La proprioception articulatoire se définit comme la conscience de la position et du mouvement des organes impliqués dans la parole (Sicard, 2006). Elle implique de la part du sujet une analyse proprioceptive fine. Cette conscience articulatoire fait partie des apprentissages dits « implicites » et par « approximations successives » et ces informations proprioceptives sont disponibles mais les sujets ne sont pas entraînés à les verbaliser explicitement, ce qui nécessite une phase de familiarisation lors de l'évaluation de ses compétences.

Lors de l'embryogenèse, les premières manifestations de l'oralité alimentaire interviennent au cours du 3ème mois, le réflexe de succion à la stimulation labiale s'ébauche (Thibault, 2007). La succion est une fonction très archaïque qui apparaît avant la déglutition du liquide amniotique (11ème semaine de vie intra-utérine). Le contact langue/palais se bâtit précocement lors du mouvement originel de la succion/déglutition. Lors de la succion du sein maternel, la langue effectue un mouvement péristaltique qui comprime le tissu mammaire souple sur une large surface et effectue un mouvement doux et régulier favorisant le développement progressif et harmonieux du palais et de tout le massif cranio-facial. La force d'aspiration pour exprimer le lait contribue à tonifier la musculature oro-vélo-pharyngée et participe au développement du crâne tout comme à celui de la perméabilité nasale. La qualité de la respiration peut être affectée par des mauvaises habitudes de succion. Une prévalence des apnées obstructives du sommeil (AOS) a été montrée par Kushida (1997) sur des enfants nourris au biberon et utilisant des sucettes dès le berceau. Une étude réalisée par Labbok et Hendershot (1987) a mis en évidence sur un échantillon important (9698 enfants), un taux de malocclusion dentaire de 32,5% chez les enfants allaités pendant moins de 3 mois contre 15,9% chez les enfants allaités pendant 12 mois. En conclusion, plus l'allaitement est long et plus le risque de problèmes consécutifs liés à un défaut de croissance est réduit. Le bébé nourri au biberon dont la tétine souvent peu adaptée l'oblige à se servir de sa langue comme d'un piston pour en gérer parfois même le débit, favorise une position antérieure peu favorable à la déglutition. Le contact langue/palais peut être aussi perturbé par un frein de langue trop court, une hérédité morphologique peu favorable, des amygdales ou végétations trop volumineuses contraignant l'enfant à une respiration buccale permanente.

Nous nous intéresserons au développement de la proprioception articulatoire et au moyen de la renforcer lorsque celle-ci est altérée ou désorganisée. Certaines absences de phonèmes postérieurs dans le stock phonétique d'un jeune enfant peuvent découler d'une hyper-sensibilité palatale responsable d'un réflexe nauséux trop présent, risquant d'inhiber le contact langue palais postérieur. Selon Thibault (2007) et Vannier (2008), les enfants présentant des troubles de l'oralité alimentaire ont plus de risques d'avoir un trouble de l'oralité verbale associé, que les enfants sans trouble. Une sensibilité exacerbée comme les hyper-nauséux (Senez, 2004) ou encore un manque de stimulation orale précoce peuvent interférer avec le développement de la parole. Des troubles phonétiques et secondairement phonologiques sont alors retrouvés lors du bilan orthophonique. Ces dysfonctionnements peuvent entraîner une perturbation des repères proprioceptifs intra-buccaux plus ou moins sévères et durables. Les points de contact entre la langue et le palais sont alors instables et ont donc peu de chances de s'automatiser en situation spontanée. Les orthophonistes constatent la difficulté d'automatisation des bons gestes dans les situations spontanées et de généralisation à des mots du lexique courant de l'enfant. C'est d'autant plus difficile que le mot est acquis précocement.

Comment évaluer la conscience articulatoire ? Outils et méthodes

L'évaluation de la conscience articulatoire n'est pas récente. Montgomery (1981) a créé le premier protocole d'évaluation dont la tâche principale consistait à désigner des profils en lien avec un phonème, pour tenter de mettre en évidence les capacités proprioceptives des enfants. Peu exploitée dans les bilans orthophoniques classiques, cette évaluation apporte cependant des informations pertinentes permettant d'orienter le travail de réhabilitation. Nous avons élaboré un protocole dans le cadre d'un mémoire de master (Menin-Sicard, 2007) qui visait à interroger les

sujets ayant des troubles phono-articulatoires sur la conscience de la position et du mouvement de leurs articulateurs dans la réalisation d'une syllabe. Puis, s'inspirant des travaux de Montgomery (1981), nous demandions au patient d'identifier des schémas issus d'imagerie par résonance magnétique (IRM) montrant la position articuloire cible en fonction d'une syllabe donnée. Ce protocole a été repris par Faucher & Alcalá (2009) dans un mémoire d'orthophonie, en cherchant à démontrer le lien entre déficit de la conscience articuloire et dyslexie phonologique (Figure 1). Cette étude menée sur 9 enfants a mis en évidence l'intérêt d'un entraînement spécifique à la conscience articuloire pour des enfants dyslexiques phonologiques, ainsi qu'une certaine corrélation entre conscience articuloire et conscience phonologique. Le protocole d'évaluation de la conscience articuloire comporte une épreuve de conscience des articulateurs impliqués dans la parole ainsi qu'une épreuve de conscience de la position et du mouvement de la langue et des lèvres dans un contexte uni-syllabique. La passation de ce type d'épreuves ouvre des perspectives intéressantes au niveau de la recherche clinique. L'étalonnage sur une population large d'enfants permettra de mieux comprendre comment elle se construit en fonction de l'âge et repérer, prévenir et traiter les troubles phono-articulatoires sans négliger l'aspect proprioceptif.

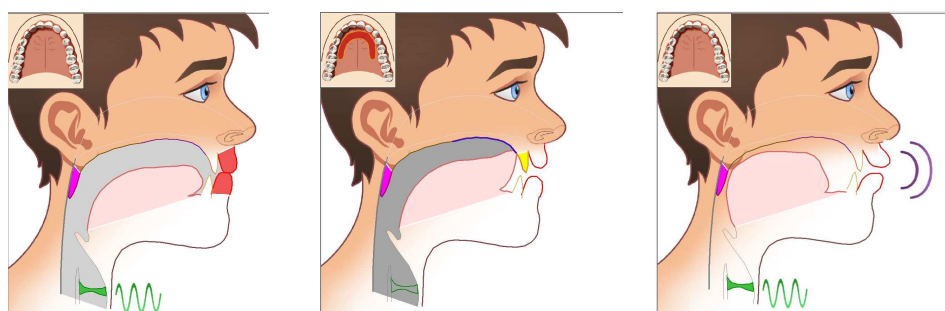


Figure 1 : Profils avec positions articuloires ayant servi à construire une épreuve de conscience articuloire. Consigne : peux-tu me dire qui est le garçon qui est en train de dire le son « b » ?

Conscience articuloire et troubles phonologiques sévères

L'enfant atteint de dyspraxie verbale éprouve des difficultés spécifiques à planifier et à programmer les séquences verbales en l'absence de déficits neuromusculaires et de paralysie. La dyspraxie verbale (DV) concerne approximativement 2 enfants sur 1000. Le diagnostic différentiel avec la dysphasie de type phonologique est difficile à établir avec certitudes. La DV se caractérise par des grandes difficultés à mémoriser et reproduire des configurations articuloires, ce qui rend le discours de l'enfant très peu intelligible (Charron, 2015). Son corpus comporte des altérations nombreuses et inconstantes, une coarticulation perturbée, des pauses inadéquates et conséquence de ces troubles de programmation, une prosodie inappropriée. La dyspraxie verbale nécessite un suivi long, intensif et méthodique. On peut citer deux approches, l'« *Apraxia Program* » méthode hollandaise adaptée du *Nuffield Dysptaxia Programme* (Connery, 1994), avec 11 niveaux d'entraînements, où chaque son est représenté par un symbole et un geste, et la *Verbal Motor Learning* (VML) développée en Israël (Vashdi, 2013). D'autres auteurs ont proposé des indicateurs de pathologie à haute sensibilité et spécificité tels que la coarticulation, la prosodie et la lenteur diadococinésique (Davis et Velleman, 2000). Le bilan orthophonique doit comporter des items suffisamment longs et commençants par une voyelle ainsi qu'une épreuve de diadococinésie pour repérer les dyspraxies. Les altérations sont souvent nombreuses dans un même mot, atypiques avec souvent une coarticulation marquée rendant quasi impossible la segmentation en unités phonétiques distinctes. Les discours spontanés ont un rythme et une prosodie perturbés, avec peu de sensibilité à la répétition ou à l'aide du thérapeute (Coquet, 2007). La demande de répétition du mot peut non seulement ne pas en améliorer la production mais pire elle peut l'aggraver. Le timbre de la voix peut s'altérer par inhibition. Parmi les indicateurs de la DV, une dissociation automatique volontaire est souvent observée mais elle se retrouve aussi chez les enfants dysphasiques. Le travail de l'orthophoniste va consister à synthétiser les éléments de mesure par rapport aux valeurs de référence et comprendre quels sont les processus primaires qui sont en causes et quels sont les dysfonctionnements secondaires conséquences des premiers (Ex la prosodie est altérée à cause d'un problème de programmation du geste articuloire).

Pour cela, l'enregistrement de corpus standardisés avec la même consigne et les mêmes épreuves est indispensable. Les orthophonistes s'équipent de plus en plus de systèmes d'enregistrements de bonne qualité (microphones super cardioïdes, carte son) permettant des enregistrements fiables de tous les paramètres de la voix (timbre, hauteur, puissance, instabilité, attaque) et de la parole (débit, intonation, rythme, accentuations, durée des reprises inspiratoires, régularité, spectre moyen long terme) pour réaliser une analyse à la fois qualitative et quantitative des corpus de voix et de parole. L'analyse acoustique informatique est un précieux auxiliaire dont on ne peut raisonnablement plus se passer. Les logiciels de traitement du son tels qu'Audacity© permettent de sélectionner et amplifier les parties pertinentes d'un corpus. La réécoute des fichiers avec des logiciels d'analyse vocale tels que PRAAT (Boersma, 2017) ou VOCALAB (Sicard, 2013), corrélée à l'analyse spectrale, permet de segmenter la parole, repérer les altérations, les caractériser afin de proposer des axes de travail plus ciblés. La figure 2 donne l'exemple d'une séquence de diadococinésie /pa/ta/ka/ segmentée et un zoom sur une syllabe /pa/ mettant en évidence le Voice-Onset-Time, distance entre le début de la plosive /p/ et de l'établissement de la 1^{ère} période de la voyelle /a/.

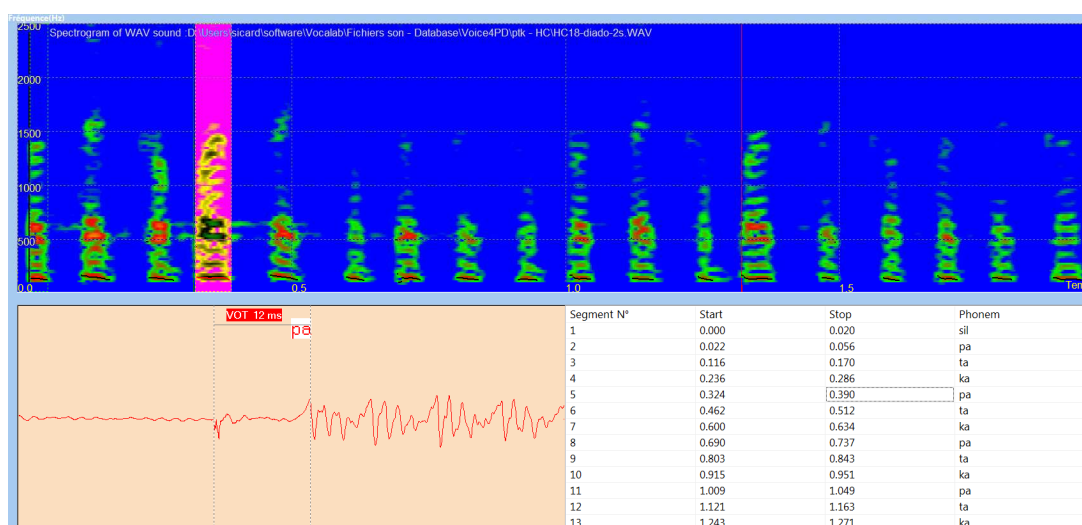


Figure 2 : Segmentation d'une séquence de diadococinésie /pa/ta/ka/ et évaluation du Voice-Onset-Time avec VOCALAB

L'enregistrement des patients sur une épreuve de logatomes et de mots de complexité croissante permet de relever les altérations phonologiques (omissions, substitutions, déplacements etc.) d'en relever la nature et la fréquence. Si celles-ci sont « standards » et donc fréquemment retrouvées, les conclusions ne seront pas les mêmes que si elles sont très atypiques, fluctuantes ou qu'elles n'obéissent pas aux règles classiques de facilitation articulaire. La célèbre épreuve de logatomes est le gold standard de l'orthophonie. Cette épreuve, indispensable au bilan orthophonique permet d'évaluer la boucle audio-phonatoire. Les pseudo-mots, dont des exemples classés par difficulté croissante sont donnés au tableau 1, sont traités comme des nouvelles formes sonores. L'enfant ne peut s'appuyer sur son lexique interne pour les répéter fidèlement. La qualité de la restitution va donner des informations précieuses sur le traitement, la discrimination phonologique des patients ainsi que sur la programmation. L'analyse des altérations (substitutions, omissions, déplacements etc...) peut cependant être faussée par notre propre suppléance mentale liée à notre familiarité avec le protocole ou avec le patient lui-même. L'élaboration d'un système permettant de calculer un indice d'intelligibilité à partir d'extrêmes du triangle vocalique ou d'extrêmes consonantiques se pose, mais ceci recoupe le domaine de la reconnaissance vocale par ordinateur.

Série A	Série B	Série C	Série D
Fanvé	Jifazeu	Goutiduran	Sanzibidélou
Linou	Sozisson	Akoutebo	Vafitarudé
Panbi	Todonkin	Sinzanchujon	Mulinamézo
Bartin	Faviker	Éssartaldi	Varduostivar
Gontra	Bimindal	Mandurnalo	Zoltidusseltor
Zulseu	Chorkoutan	Fostikavur	Pulblagoritel

Tableau 1 : Exemples de pseudo-mots proposés dans le test EVALO (Coquet 2007) inspirés des épreuves de Borel-Maisonny S.

Intelligibilité et diadococinésie

L'intelligibilité est définie comme le degré de précision avec lequel le message est compris par l'interlocuteur, et se mesure en comptant le nombre d'unités de parole reconnues par l'auditeur. De nombreuses pathologies de la parole engendrent un problème d'intelligibilité, c'est-à-dire des difficultés à se faire comprendre de son interlocuteur à cause d'un désordre phonologique plus ou moins marqué ou d'un trouble sévère du rythme de la parole. Nous ne traiterons pas dans cet article, de la compréhensibilité qui cible plutôt la cohérence contextuelle du discours et les éléments permettant de comprendre le sens des mots. L'intelligibilité est liée à la précision de l'articulation, mais aussi au rythme, au débit et au respect des accentuations propres à la langue. Le contrôle et la coordination des mouvements nécessaires à un débit adapté à la compréhension peut être évalué par une épreuve de diadococinésie. Rappelons qu'il s'agit d'une épreuve d'enchaînements de mouvements articulaires comme par exemple /pa/pa/pa/ ou /pa/ta/ka/ (illustré Figure 1) : elle concerne la mesure de la coordination et du contrôle fin des articulateurs. Cette épreuve est utilisée dans la Batterie d'Évaluation Clinique de la Dysarthrie BECD (Auzou & Rolland-Monnoury, 2006 ; Rolland-Monnoury, 2007). Une synthèse bibliographique des données concernant la diadococinésie /pa/ta/ka/ pour des voix normales est illustrée à la figure 3, où chaque point correspond à la moyenne des valeurs publiées dans des articles scientifiques, sur des populations allant de 5 à quelques dizaines de patients : la vitesse de la parole chez un adulte est en moyenne autour de 6,5 syllabes par seconde, un peu moins chez l'enfant (5 à 6 syllabes). La diadococinésie évolue peu avec l'âge de 20 à 70 ans, avec une moyenne très légèrement plus basse chez la femme.

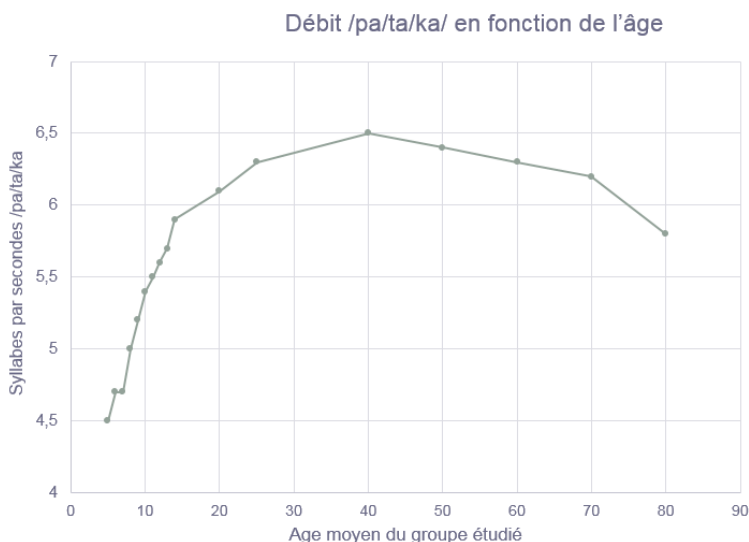


Figure 3 : Synthèse des données concernant la diadococinésie

Différentes recherches sur le rythme des syllabes ont été menées en lien avec la parole pathologique. Davis et Velleman (2000) ont mis en évidence une lenteur diadococinésique chez les enfants atteints de dyspraxie verbale. Une équipe australienne (Pierce, 2013) a publié une étude sur la variation du débit au cours de la production de syllabes répétées (/pa/ ou /ta/ ou /ka/), nommé *Sequential Motion Rate* (SMR), ou séquences de syllabes /pa/ta/ka/ sur plusieurs secondes, *Alternating Motion Rate* (AMR), pour des personnes âgées de plus de 65 ans.

Les épreuves SMR et AMR sont utilisées pour le diagnostic des troubles moteurs de la parole. Il est demandé au patient de faire une profonde inspiration, de répéter le plus vite possible et le plus régulièrement possible la série de syllabes isolées (SMR) ou syllabes enchaînées (AMR), et de ne s'arrêter qu'au signal du thérapeute. Une familiarisation est proposée avant enregistrement. Le protocole, la consigne doivent être précis et bien définis afin d'éviter les biais liés à une mauvaise compréhension ou les effets de la fatigabilité ou distractibilité.

Des auteurs tels que Rusz (2015) ont montré que les résultats aux épreuves de diadococinésie étaient pertinents pour différencier la maladie de Parkinson par rapport à d'autres dysarthries apparentées telles que la paralysie supranucléaire progressive (PSP), l'atrophie multi-systématisée (AMS, ou MSA en Anglais), dont le diagnostic différentiel au stade précoce est délicat. L'évaluation acoustique serait un moyen de fournir des indices en vue de ce classement. L'épreuve de diadococinésie donne des résultats sensiblement différents selon le caractère spastique, ataxique ou akinétique de la dysarthrie. La figure 3 donne une évaluation du débit moyen AMR (/pa/ta/ka) pour les groupes

témoins, PSP, MSA et PD. Les patients Parkinsoniens ont un débit proche du groupe témoin, tandis que les patients atteints de MSA et de PSP ont un débit fortement altéré, soit trop lent, soit trop rapide, soit irrégulier.

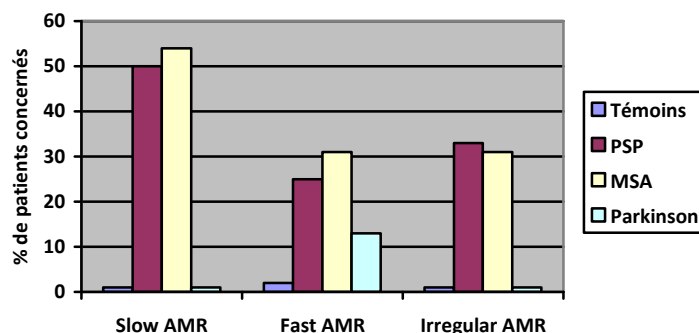
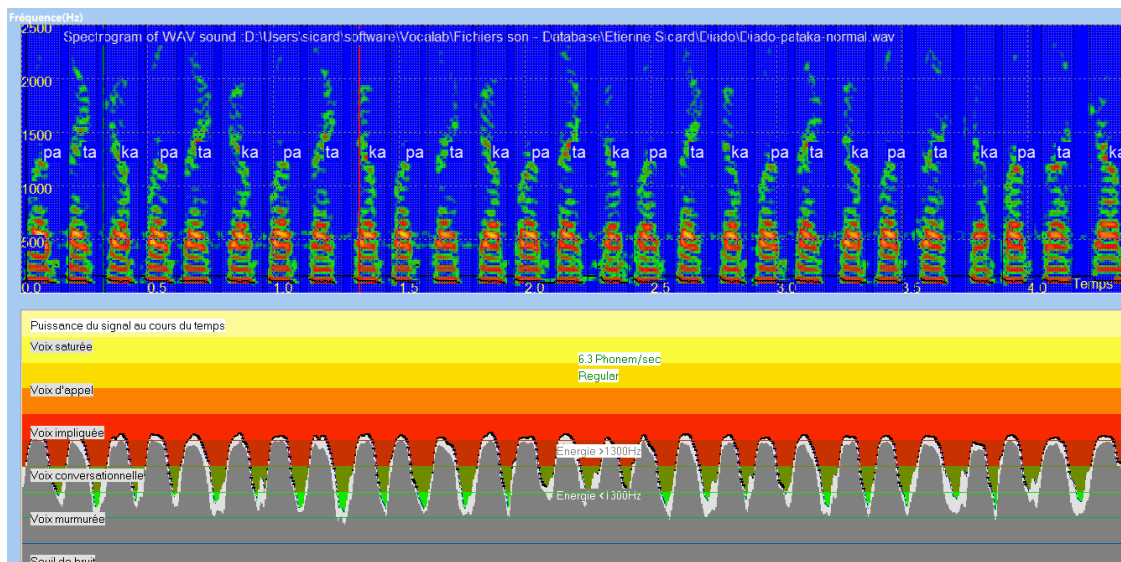


Figure 4 : Résultats à l'épreuve de diadococinésie de patients PSP, MSA et Parkinson (Rusz, 2015)

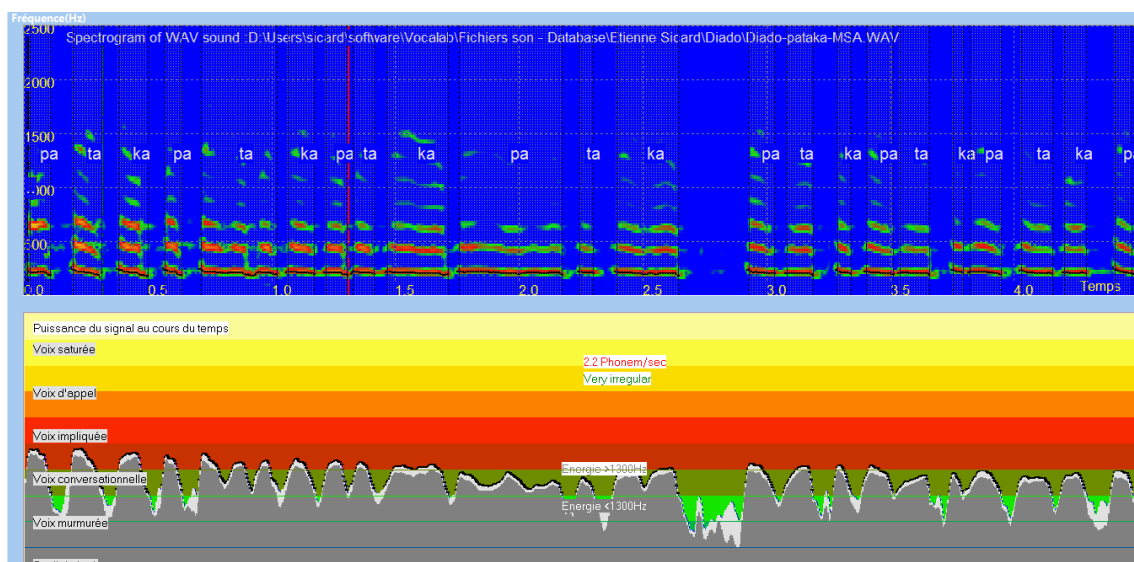
Se posent alors de nombreuses questions sur le protocole :

- Le patient doit-il prononcer la ou les syllabes le plus rapidement possible et/ou le plus régulièrement possible, ou les deux à la fois ?
- Le patient doit-il aller au bout de son inspiration ?
- Quelle est la mesure la plus pertinente : la mesure de régularité ou de vitesse ?
- Qu'en est-il du mode de calcul ? Se fait-il sur une fenêtre temporelle ou sur tout le fichier son ?
- La dégradation des performances à la fin de l'expiration est sans doute liée à la fatigabilité. Est-elle une donnée dont il faut tenir compte ?

Un module appelé diadococinésie existe dans le projet MonPage. Il cherche à évaluer la précision et la vitesse des enchaînements articulatoires. Le module propose plusieurs séquences de complexité croissante, avec une évaluation perceptive ainsi qu'une mesure de débit et de sa variabilité au cours du temps (Lévêque, 2016). Un outil de mesure du débit et de sa régularité a été ajouté à VOCALAB avec un calcul automatisé du débit syllabique, basé sur l'analyse du profil de puissance. A partir d'un enregistrement d'une série diadococinésique, VOCALAB indique si le débit est conforme (vert autour de 6 syllabes par secondes, orange de 5 à 7 et rouge au-delà), et régulier. Un alignement automatique est aussi proposé, sur la base du profil d'énergie. Dans le cas de la figure 5-a, l'alignement automatique est correct, le débit proche de la norme (6,3 syllabes par seconde) et la cadence remarquablement régulière. Dans le cas de la figure 5-b (MSA), l'alignement automatique est incorrect, de nombreuses syllabes sont fusionnées. Un réaligement manuel est nécessaire sur certaines portions, pour extraire des valeurs de débit plus proches de la réalité.



(a) – /pa/ta/ka/ répété pendant environ 4 secondes, voix normale, alignement automatique correct



(b) – /pa/ta/ka/ répété pendant environ 4 secondes, voix pathologique (MSA) – alignement automatique erroné

Figure 6 : Analyse de l'épreuve de diadococinésie /pa/ta/ka/ avec VOCALAB : (a), voix normale, débit autour de 6 syllabes et bonne régularité,

La lecture linguale et palatale

Dans le domaine de la déficience auditive, le langage parlé complété (LPC) créé en 1967 par le Dr Cornett permet à la communauté sourde d'accéder au langage écrit grâce à un ensemble de gestes permettant de coder les sésies labiaux et de fournir les traits distinctifs dont la personne sourde est privée. Ce codage ingénieux mis en place précocement permet d'étayer les performances en lecture des enfants déficients auditifs et d'améliorer leur intelligibilité. De nombreux auteurs se sont interrogés sur le bénéfice de la vision des articulateurs en temps réel sur la réalisation articuloire mais peu de publications existent sur la proprioception palatale.

Actuellement, le système d'échographie ultrasonique (Preston, 2013) semble être le système de visualisation en temps réel le plus fiable et le plus prometteur. D'un système lourd et encombrant il est devenu plus léger et compatible avec un ordinateur portable. Malheureusement Il demeure pour le moment encore peu accessible aux orthophonistes. Les données de type échographiques, (Hueber, 2013) bien que peu conviviales sur le plan graphique, elles ont l'avantage de donner une information en temps réel sur la position et le mouvement de la langue et d'offrir un retour visuel du mouvement des articulateurs du sujet et non celles d'un avatar. Elles ne fournissent cependant pas toutes les informations dont l'enfant a besoin, telles que les paramètres de voisement, de nasalité et de souffle

aisément représentés par les têtes-parlantes et avatars. En effet, les systèmes d'électro-palatographie développés dans les pays nordiques (Gibbon, 2003) se bornent à une utilisation très limitée car ce système, en plus d'être assez invasif, ne développe pas la proprioception articulaire, le palais artificiel faisant obstacle au contact naturel langue palais. L'idéal serait d'avoir un système de reconnaissance suffisamment performant pour animer une tête parlante en fonction des performances du patient avec une représentation de tous les traits distinctifs, une sorte de LPC automatisé ce qui en éviterait l'apprentissage long et laborieux. La modélisation simple mise en ligne sous forme de vidéo par Canault (2017) permet de montrer les cordes vocales, le larynx ainsi que le conduit vocal en action, au travers d'animations particulièrement réalistes. Une lecture image par image est conseillée du fait de la rapidité des mouvements. De nombreux auteurs proposent des « têtes parlantes » simulant le mouvement des articulateurs en fonction des phonèmes (Massaro, 2004 ; Engwall, 2008 ; Fagel & Madany 2008 ; Badin, 2010). De son côté, Hueber (2013) propose le logiciel UltraSpeech pour la visualisation intuitive des données articutoires provenant des informations ultrasoniques, en vue d'une aide à la rééducation de la parole.

Dans le projet DIADOLAB (Menin-Sicard, 2016), l'objectif est de de simuler l'essentiel des phonèmes et séquences articutoires de la langue française. Le patient découvre au travers d'une vue médio-sagittale (Figure 7) les articulateurs invisibles (langue et voile), leur place dans le conduit vocal, leur configuration et leur mouvement. Le thérapeute anime la tête parlante en déplaçant des curseurs horizontaux ou verticaux. Les 7 curseurs (situés dans le menu de droite) et les points associés (petits carrés placés sur le dessin de la tête parlante) représentent les degrés de liberté principaux de la mâchoire, de la langue et des lèvres. Le travail praxique devient alors précis et ciblé sur les zones de contact importantes (la zone alvéolaire et la zone vélaire).

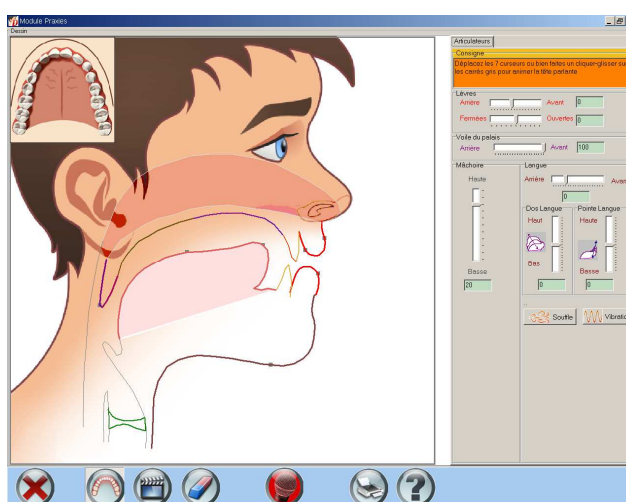


Figure 7 : Module Praxies du logiciel DIADOLAB (Sicard, 2016) : en déplaçant les curseurs, le sujet peut mobiliser les articulateurs suivant leurs degrés de liberté propres

Une vue du palatogramme selon les différents points de contact (Figure 8) est proposé dans le logiciel DIADOLAB d'après une compilation de données publiées (Kent, 1997 ; Marchal & Cavé, 2007), dans le but d'aider l'orthophoniste à travailler plus spécifiquement la conscience du contact langue/palais. En observant la trace du contact langue/palais, l'enfant ajuste la configuration, position et pression de sa langue sur le palais. Les zones colorées en rose foncé correspondent à la surface de contact entre les bords latéraux de la langue et le palais.

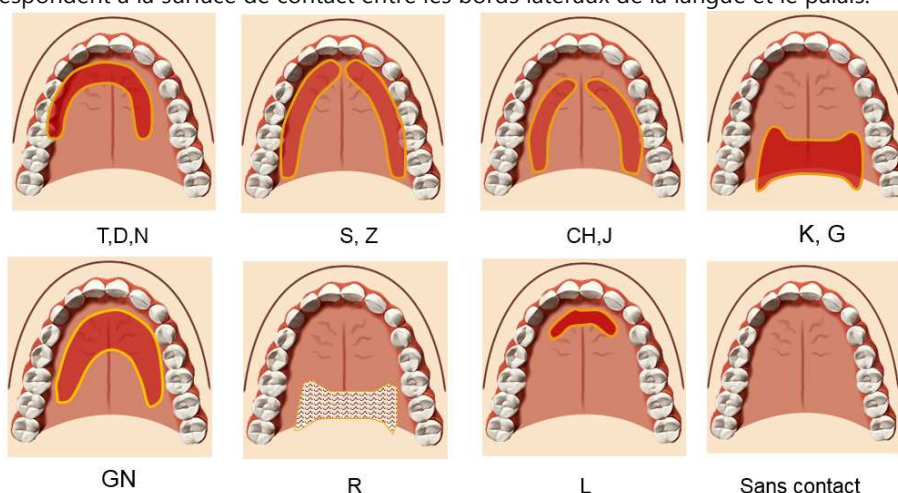


Figure 8 : Palatogramme de différents phonèmes utilisés dans l’outil DIADOLAB

Montrer de façon symbolique les principaux traits distinctifs des phonèmes permet de lever les ambiguïtés phonologiques : la pression pour les occlusives, le souffle pour les constrictives, la vibration laryngée pour les consonnes sonores, le passage de l’air dans les cavités nasales pour les phonèmes nasals (Figure 9). Les zones colorées et l’épaississement des traits permettent de focaliser l’attention du patient sur des points précis tels que le lieu de contact mais aussi la pression nécessaire à l’articulation d’un phonème occlusif. Les modes d’articulation (occlusifs/constrictifs) ainsi que les lieux de contact possibles de la langue au palais (alvéolaires, dental, vélaire) sont représentés dans la tête parlante grâce à des illustrations stylisées mais efficaces, le patient prend conscience des mouvements et des séquences articulatoires (Figure 10).

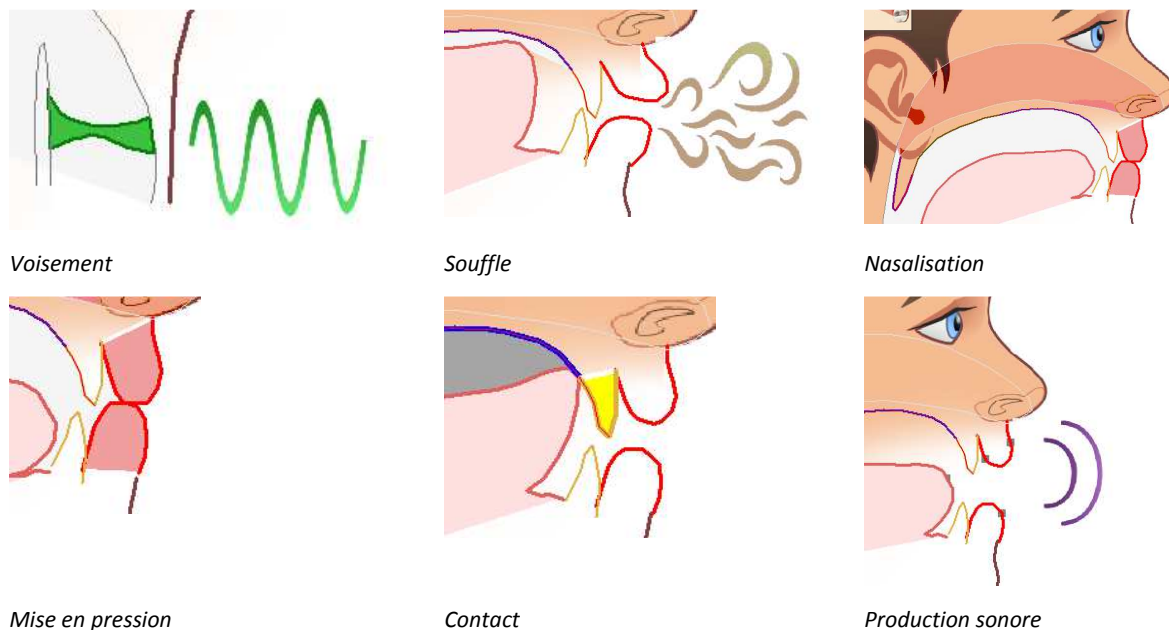


Figure 9 : Représentation symbolique des traits distinctifs pour focaliser l’attention de l’enfant sur : le voisement, le souffle, la nasalisation, la mise en pression ou les lieux de contact

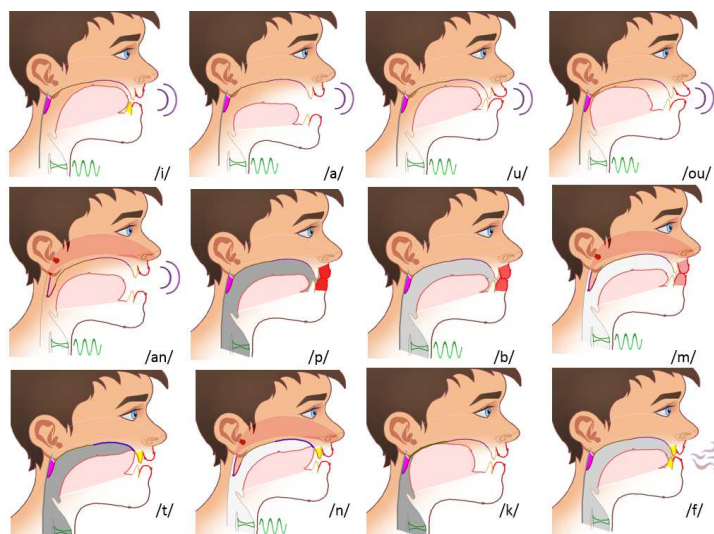


Figure 10 : Sélection de consonnes et voyelles avec représentation symbolique des traits distinctifs

La vision de la position articuloire aide l'enfant à placer et configurer sa langue de façon précise. Le travail de conscience articuloire contribue à fiabiliser le lien entre un stimulus sonore, la représentation visuelle de la position des articulateurs et la graphie correspondante. Un travail bien mené permet de structurer en amont le lien graphie-phonie et d'améliorer la conscience phonologique.

Le module de diadococinésie (Figure 11) permet de travailler les séquences articuloires avec un métronome virtuel, sur la base de 2 ou 3 consonnes/voyelles prédéfinies, ou de phonèmes choisis par l'orthophoniste. Le métronome ainsi que la tête-parlante animée aide et contraint le sujet à une parfaite régularité de passage entre une position et une autre. Pour obtenir une intelligibilité maximale au regard des possibilités du patient, les mouvements des articulateurs doivent être bien dissociés les uns des autres, précis rapides et toniques. Le sujet va se « caler » sur la tête parlante et exécuter la séquence de façon synchrone lentement puis de plus en plus vite en fonction de ses possibilités. Une liste exhaustive de transitions complexes est proposée (menu à droite de la figure 11). Cet outil se révèle très utile dans la prise en charge des patients dyspraxiques, cérébrolésés ayant une dysarthrie associée et/ou un trouble du contrôle phonologique ainsi que pour les sujets atteints de dysarthries (Sclérose Latérale Amyotrophique - SLA, Parkinson, MSA, PSP, etc.).

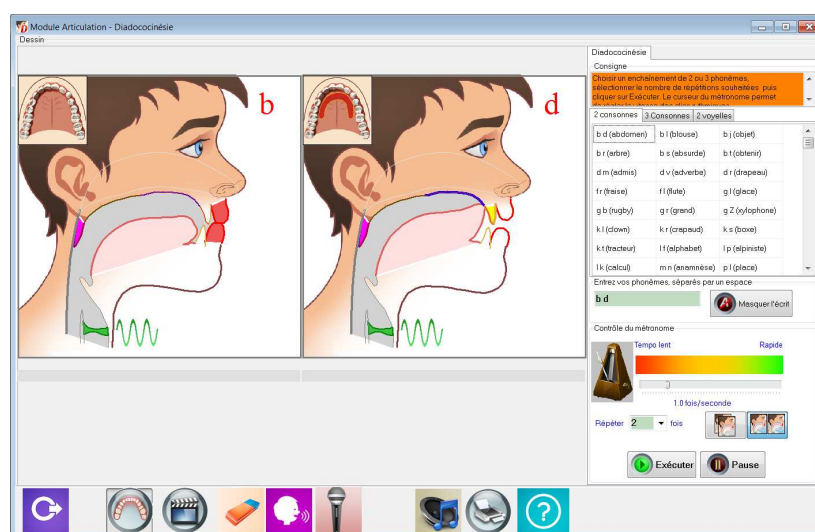


Figure 11 : Module de travail diadococinésique sur /p/b/ avec DIADOLAB

Axes généraux d'évaluation des troubles sévères de la parole

Comme tout bilan, le recueil d'informations concernant le contexte, le développement de l'enfant est fondamental. L'interrogatoire des parents sous la forme d'un questionnaire ciblé permettra d'avoir une vision longitudinale complémentaire des résultats aux épreuves. L'observation quotidienne des parents est souvent riche d'informations et cet aspect-là du bilan compte tout autant. Nous donnons au tableau ci-dessous les grandes lignes de l'évaluation de la parole. Elle comporte l'évaluation des praxies, du répertoire phonétique, de la conscience articuloire, de la parole (Figure 12), de la diadococinésie et enfin de la prosodie.

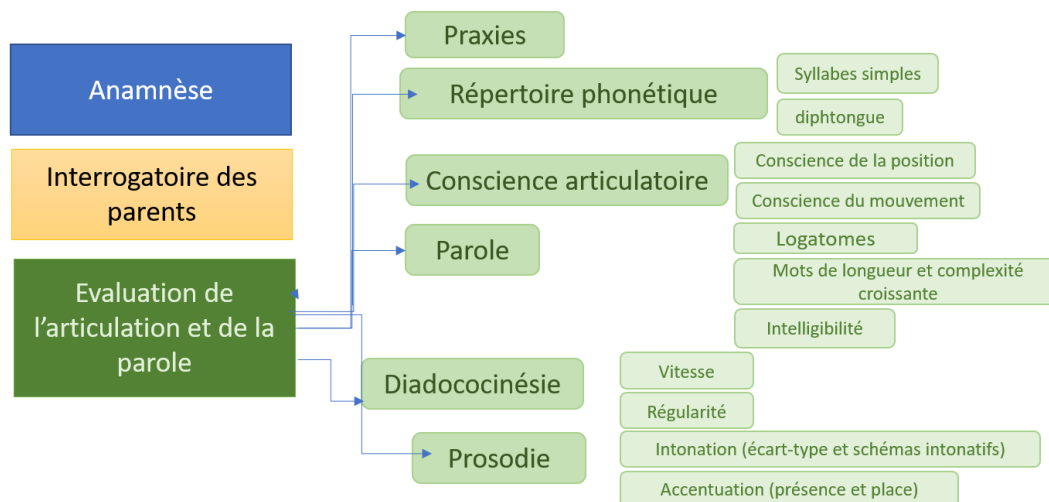


Figure 12 : Schéma synthétisant l'évaluation des troubles sévères de la parole

Pour donner des bons résultats sur l'intelligibilité, le suivi des enfants atteints de troubles sévères doit être mené très régulièrement méthodiquement en s'adaptant aux aptitudes et fonctionnement de l'enfant et surtout sans brûler les étapes (Figure 13). Selon la typologie des troubles (réception ou expression, coordination ou programmation), les choix d'activités seront légèrement différents et l'orthophoniste privilégiera un axe plutôt qu'un autre en fonction de la progression qu'elle observe et de la maturité de l'enfant. La variété des supports et des activités proposées évite la lassitude et soutient la motivation des patients.

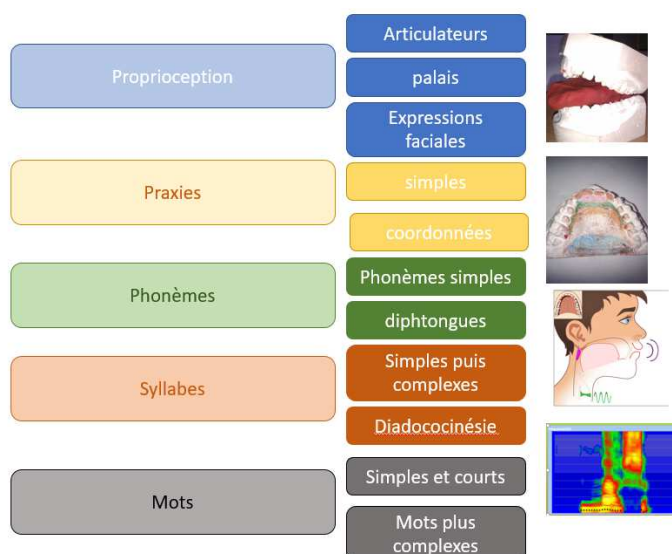


Figure 13 : Axes principaux de travail ciblés sur les troubles phono-articulatoires

CONCLUSION

Dans cet article nous avons abordé le lien entre oralité et troubles du développement de l'articulation. Nous avons réalisé une synthèse d'un certain nombre de travaux sur l'oralité et les liens entre troubles de l'oralité et intelligibilité. Les outils et méthodes pour évaluer la conscience articulatoire. Nous avons montré en quoi le travail des praxies, de la conscience de la position et du mouvement des articulateurs, la diadococinésie, permettaient non seulement d'améliorer significativement l'intelligibilité mais aussi le déchiffrage en lecture.

Le développement des technologies de segmentation de la parole et de la reconnaissance vocale apporte des solutions prometteuses pour la visualisation en temps réel des mouvements et traits distinctifs de la parole. Espérons que ces technologies arrivent jusqu'à nous sous la forme d'outils pertinents, fiables et ajustés à la pratique orthophonique. Nous avons évoqué le logiciel DIADOLAB conçu pour travailler la conscience linguale et palatale.

Les orthophonistes sont maintenant familiarisés avec les outils d'analyse en temps réel et différé des principaux paramètres de la voix mais il reste du chemin à parcourir en ce qui concerne l'utilisation des outils de modélisation de la parole. Le diagnostic différentiel entre dyspraxie verbale et dysphasie phonologique, entre MSA et PSP est complexe et nécessite des évaluations précises avec l'aide d'outils de mesure fiable et validé de certains paramètres tels que le VOT, l'intonation, la coarticulation, la diadococinésie, le spectre moyen long terme et pourquoi pas... la conscience articulatoire. Nous concluons cet article sur des propositions d'axes généraux d'évaluation et de réhabilitation des troubles sévères de la parole.

REFERENCES

- AUZOU, P., ROLLAND-MAUNOURY, V., PINTO, S., OZSANCÄK, C. (2007). *Les Dysarthries*. Marseille : Solal.
- AUZOU, P. & ROLLAND-MONNOURY, V. (2006). *BECD: batterie d'évaluation clinique de la dysarthrie*. Isbergues : Ortho éditions.
- BADIN, P., TARABALKA, Y., ELISEI, F., & BAILLY, G. (2010). Can you 'read' tongue movements? Evaluation of the contribution of tongue display to speech understanding. *Speech Communication, 52*(6), 493-503.
- BEZARD, M., (2015). Conscience articulatoire et illustration visuelle : effet d'un entraînement pour l'amélioration de l'intelligibilité de l'enfant déficient auditif, étude de cas. *Mémoire de fin d'études*. Besançon : Université de Franche-Comté.
- BOERSMA, P., WEENINK, D. (2017). Praat: doing phonetics by computer. Version 6.0.29, <http://www.praat.org/>. Consulté le 4/06/2017.
- CANAULT, M. (2017). Le larynx. Rôles des muscles. Vidéos en ligne sur <https://www.youtube.com/watch?v=3iWhN9gmnVc>, consulté le 4/06/2017.
- CHARRON, L. (2015). Systématisation des interventions en dyspraxie verbale : proposition d'un modèle intégratif. *Rééducation Orthophonique, 261*, 153-173.
- COLIN, C., RADEAU, M. (2003). Les illusions Mc Gurck dans la parole : 25 ans de recherches. *L'année psychologique, 103*(3), 497-542.
- COQUET, F. (2007). Phonologie: notions complémentaires pour la pratique orthophonique. *Rééducation orthophonique, 229*, 17-26
- COQUET, F., ROUSTIT, J., JEUNIER, B. (2007). La Batterie Evalo 2-6. Évaluation du langage oral et des comportements non verbaux du jeune enfant. *Rééducation Orthophonique, 231*, 203-226.
- CONNERY, V. M. (1994). The Nuffield Dyspraxia Programme-Working on the motor programming of speech. J. Law (ed.). Before school: a handbook of approaches to intervention with preschool language impaired children. London: AFASIC.
- DAVIS, B. L., & VELLEMAN, S. L. (2000). Differential Diagnosis and Treatment of Developmental Apraxia of Speech in Infants and Toddlers. *Infant-Toddler Intervention: The Transdisciplinary Journal, 10*(3), 177-92.
- DE BOYSSON-BARDIES, B. (1999). Comment la parole vient aux enfants. Paris : Odile Jacob.
- ENGWALL, O. (2008). Can audio-visual instructions help learners improve their articulation? - an ultrasound study of short term changes. *Proceedings of Interspeech 2008: 9th annual conference of the international speech communication association, 2631-2634*.
- FAGEL, S., & MADANY, K. (2008). A 3-d virtual head as a tool for speech therapy for children. *In Proceedings of Interspeech 2008, 2643-2646*.

- FAUCHER, P., ALCALA, M. (2009). Intérêt d'un entraînement à la conscience articulatoire dans le cadre d'une dyslexie : proposition d'un protocole d'évaluation et d'un matériel de rééducation. *Mémoire pour l'obtention du certificat de capacité d'orthophoniste*. Toulouse : Université Paul Sabatier.
- FERNALD, A., & KUHL, P. (1987). Acoustic determinants of infant preference for motherese speech. *Infant behavior and development*, 10(3), 279-293.
- HUEBER, T. (2013). Ultraspeech-player: intuitive visualization of ultrasound articulatory data for speech therapy and pronunciation training. *Proceedings of INTERSPEECH 2013*, 752-753.
- GIBBON, F.E., MCNEILL, A.M., WOOD, S.E, WATSON, J.M.M. (2003). Changes in linguapalatal patterns during therapy for velar fronting in a 10-year-old with Down's syndrome. *International Journal of Language and Communication Disorders*, 38 (1), 47-64
- GUENTHER, F. H., & PERKELL, J. S. (2004). A neural model of speech production and supporting experiments. *In proceedings of conference From Sound to Sense*.
- JACQUEMOT, C., DUPOUX, E., ROBOTHAM, L., & BACHOUD-LEVI, A. C. (2012). *Specificity in rehabilitation of word production: A meta-analysis and a case study*. *Behavioural neurology*, 25(2), 73-101.
- KENT, R. D., BALL, M. J. (2000). *Voice Quality Measurement*. San Diego, Calif. : Singular Publishing Group
- KENT, R.D. (1997). *The Speech Sciences*. San Diego, Calif. : Singular Publishing Group.
- KUHL, P. K., & MELTZOFF, A. N. (1996). Infant vocalizations in response to speech: Vocal imitation and developmental change. *The journal of the Acoustical Society of America*, 100(4), 2425-2438.
- KUSHIDA, C. A., EFRON, B., & GUILLEMINAULT, C. (1997). A predictive morphometric model for the obstructive sleep apnea syndrome. *Annals of Internal Medicine*, 127, 581-587
- LEVEQUE, N., LAGANARO, M., FOUGERON, C., DELVAUX, V., PERNON, M., BOREL, S., & CATALANO, S. (2016). MonPaGe: un protocole informatisé d'évaluation de la parole pathologique en langue française. *Revue Neurologique*, 172, A162-A163.
- LIBERMAN, A. M., & MATTINGLY, I. G. (1985). The motor theory of speech perception revised. *Cognition*, 21(1), 1-36.
- LABBOK, M. H., & HENDERSHOT, G. E. (1986). Does breast-feeding protect against malocclusion? An analysis of the 1981 Child Health Supplement to the National Health Interview Survey. *American journal of preventive medicine*, 3(4), 227-232.
- MACLEOD, A. A., HEMOND, M., MEZIANE, S., & ROSE, Y. (2015). Le profil phonologique d'enfants ayant un trouble du développement des sons de la parole. *Rééducation Orthophonique*, 263, 87-104.
- MARCHAL, A., CAVE, C. (2009). L'imagerie médicale pour l'étude de la parole, Traité IC2, Série Cognition et traitement de l'information. Paris: Hermes-Lavoisier.
- MASSARO, D. W., & LIGHT, J. (2004). Using Visible Speech to Train Perception and Production of Speech for Individuals With Hearing Loss. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 47(2), 304-320.
- MENIN-SICARD, A. (2007). Visualisation des articulateurs de la parole : Intérêt de l'image IRM dans la conscience articulatoire. *Mémoire de master en Sciences du Langage*. Grenoble : Université Stendhal.
- MENIN-SICARD, A., SICARD, E., BEZARD, M. (2016). Intérêt de la visualisation de la position et du mouvement des articulateurs pour améliorer l'intelligibilité : Plate-forme Diadolab. In Joyeux, N. & Topouzkhianian, S., (Eds.). *Orthophonie et technologies innovantes*. Isbergues : Ortho-éditions.
- MONTGOMERY, D. (1981). Do dyslexics have difficulty accessing articulatory information?. *Psychological Research*, 43(2), 235-243.
- PIERCE, J. E. COTTON, S. & PERRY, A. (2013). Alternating and sequential motion rates in older adults. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 48 (3), 257-64.

- PRESTON, J. L., BRICK, N., LANDI, N. (2013). Ultrasound biofeedback treatment for persisting childhood apraxia of speech. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 22(4), 627-643.
- ROLLAND-MONNOURY, V. (2007). La prise en charge des dysarthries, aspects perceptifs et moteurs. *Rééducation Orthophonique*, 229, 87-101.
- RUSZ, J., BONNET, C., KLEMPER, J., TYKALOVA, T., BABOROVA, E., NOVOTNY, M., RULSEH, A., RUZICKA, E. (2015). Speech disorders reflect differing pathophysiology in Parkinson's disease, progressive supranuclear palsy and multiple system atrophy. *Journal of Neurology*, 262, 992-1001
- STOEL-GAMMON, C., & OTOMO, K. (1986). Babbling development of hearing-impaired and normally hearing subjects. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 51(1), 33-41.
- SENEZ, C. (2004). Hyper nauséux et troubles de l'oralité chez l'enfant. *Rééducation orthophonique*, 220, 91-101.
- SICARD, E., & MENIN-SICARD, A. (2013). Implémentation dans VOCALAB d'indicateurs objectifs de la qualité de la voix dans le cadre de l'évaluation de la voix. *Rééducation Orthophonique*, 254, 23-27.
- THIBAUT, C. (2007). Orthophonie et oralité: la sphère oro-faciale de l'enfant (Vol. 23). Paris : Elsevier Masson.
- VANNIER, S. (2008). Evaluation de la sphère oro -faciale chez l'enfant âgé de 5 à 6 ans : élaboration et validation d'un outil d'évaluation auprès de 164 enfants. *Mémoire d'orthophonie, Université de Montpellier*.
- VASHDI, E. (2013). Using VML (verbal motor learning) method techniques in treatment of prosody disorder due to childhood apraxia of speech: A case study. *International Journal of Child Health and Human Development*, 6(2), 255-260.