

# **Intérêt de la visualisation de la position et du mouvement des articulateurs dans la prise en charge des troubles phonologiques**

**Anne-Sicard, Orthophoniste, Master en Sciences du Langage,  
Etienne Sicard, Professeur à l'INSA de Toulouse,**

## **Résumé**

Les troubles phonologiques sont au cœur de la problématique orthophonique. La coordination fine de la parole répond à des exigences importantes sur le plan neurologique, physiologique et anatomique. En apparence aisée car naturelle, la parole se révèle pourtant d'une infinie complexité car un dysfonctionnement de l'une des composantes de cette chaîne élaborée peut en affecter secondairement d'autres.

Dans cet article, nous faisons une revue des travaux qui concernent le déficit phonologique puis nous évoquons les outils permettant la visualisation des articulateurs de la parole. Nous présentons dans une deuxième partie notre démarche d'élaboration d'un outil permettant de disposer de modèles articulatoires précis ainsi qu'une simulation des mouvements de la parole. L'utilisation clinique de ces simulations pour les désordres moteurs affectant le geste, la proprioception et la coordination sera abordée.

**Mots-clés :** tête-parlante, visualisation des articulateurs, conscience articulatoire, surdité, modélisation des articulateurs, troubles phonologiques

## ***Abstract***

***Keywords:*** *talking heads, visualization of articulators, articulatory awareness, modeling of articulators, phonological disorders*

# 1. Bases théoriques

Les troubles phonologiques sont des difficultés de coordination et de synchronisation des mouvements articulatoires nécessaires la réalisation d'une syllabe ou de plusieurs syllabes caractérisant un mot. Ces désordres dynamiques peuvent avoir de multiples causes. Un déficit de la programmation phonologique peut être associé ou non à un trouble phonétique. Le trouble phonologique a pour conséquence une perturbation de l'intelligibilité, de la fluence, de la prosodie et peut secondairement avoir des répercussions sur la qualité de la communication dans son ensemble (évocation, idéation, contrôle morphosyntaxique).

Une représentation sensorimotrice d'un phonème trop peu précise a des répercussions sur l'enchaînement et sur la coordination des mouvements. Selon Kent (1997), la vitesse de la parole chez un adulte est en moyenne de 6 à 7 syllabes par seconde, un peu moins chez l'enfant (5 à 6 syllabes). La coordination motrice doit être optimisée afin de répondre à des exigences d'efficacité interactive. De multiples facteurs aussi bien anatomiques (défaut de configuration et/ou de volume de la langue, frein court, divisions palatines, exérèses chirurgicales, dysmorphoses etc...) que fonctionnels (déséquilibre oro-facial, troubles de la coordination pneumo-phonique, troubles de la sensibilité buccale, lésion cérébrale, pathologies dégénératives) peuvent perturber à des degrés divers cette mécanique de haute précision.

Ces dysfonctionnements peuvent entraîner une perturbation des repères proprioceptifs intra-buccaux plus ou moins sévère. Les points de contact entre la langue et le palais sont perturbés et ne peuvent se stabiliser ni s'automatiser. Des troubles phonétiques et secondairement phonologiques sont alors retrouvés. Les troubles de la maturation neurosensorielle sont fréquents chez les grands prématurés et les enfants présentant un syndrome entraînant des malformations touchant la sphère oro-faciale. L'alimentation par voie entérale ou par sonde peut aussi perturber durablement l'oralité et entraîner par la suite d'importantes difficultés praxiques et phonologiques (Mellul & Thibaud 2004). Nous savons que lorsque la conscience articulatoire est déficitaire, c'est-à-dire que les afférences nécessaires au traitement de l'information proprioceptive sont peu ou pas fonctionnelles, le contrôle moteur est secondairement altéré.

Plusieurs études ont été menées sur la conscience articulatoire dans le cadre de la dyslexie développementale de type phonologique. L'étude d'A.W. Alexander et al. (1991) a montré qu'un entraînement associant le feedback auditif et la prise de conscience des mouvements des organes bucco-phonatoires au cours de l'articulation des phonèmes a un effet positif sur les troubles de la conscience phonologique et donc sur le déchiffrement des mots écrits chez les sujets dyslexiques. Les recherches de D. Montgomery (1981) montrent que les enfants dyslexiques présentent un déficit de la conscience articulatoire. L'auteur avance que celui-ci persiste souvent à l'âge adulte, même lorsque les habiletés en lecture ont été compensées. Il avance d'autre part que les enfants dyslexiques pourraient avoir un déficit spécifique dans le traitement des afférences autorisant la conscience articulatoire. Le processus de la parole lui-même fournit des informations proprioceptives par l'intermédiaire des points et surface de contact des parties les plus sensibles des articulateurs (pointe/base de langue, alvéoles palatales, et lèvres). L'accessibilité à ces informations peut cependant varier d'un sujet à un autre. S'il se montre capable d'accéder à ce système de repérage articulatoire, l'habileté à

programmer la séquence articulatoire en vue de la prononciation d'un mot complexe peut être améliorée. Certains sujets peuvent conserver même tardivement une élocution imprécise ou altérée et être en grande difficulté sur des épreuves de répétition de mots complexes ou de non-mots. Cependant ces difficultés sont masquées et/ou compensées par le développement du lexique. Les résultats aux tâches de traitement phonologique sont en faveur de l'hypothèse selon laquelle ces difficultés persistent à l'âge adulte, même lorsque les habiletés en lecture sont dans la moyenne (Griffiths S. & Frith U.2002). De plus, ils supposent que la connaissance de l'orthographe est nécessaire pour réussir les tâches de conscience phonologique mais qu'elle ne l'est pas pour les tâches de conscience articulatoire.

Les lois de facilitation articulatoire sont étroitement liées au geste articulatoire mais pas seulement. Si le sujet a un défaut de positionnement de la langue (antériorisation importante) le trajet d'un phonème à l'autre sera plus long. En débit normal, il aura tendance à substituer un phonème antérieur par un phonème postérieur. Si les phonèmes sont très proches (ex : S/CH) la trajectoire est plus réduite mais le passage difficile d'une configuration de langue à une autre altère le processus. Les règles de coarticulation nous apprennent que des phénomènes d'anticipation et de contamination contextuelles déplacent les points de contact de la langue. Ces modifications sont proportionnelles à la vitesse d'élocution dans un souci d'efficacité articulatoire. Il est donc difficile de séparer la phonologie de la phonétique. Une étude conduite par B. Joly-Pottuz et coll (2008) conclut à un bénéfice statistique significatif à combiner un entraînement articulatoire avec des exercices phonologiques plus classiques. Un entraînement simultané de l'audition et des composantes motrices semble aider à construire progressivement l'interface entre un message auditif contenant une information phonémique et un stimulus à caractère visuel transmettant les caractéristiques bucco-faciales du même phonème. L'entraînement articulatoire apparaît donc comme étant efficace pour améliorer et/ou renforcer une représentation phonémique aux contours imprécis. Il semble alors fondamental pour les orthophonistes de disposer de supports et d'outils permettant au sujet d'avoir accès à ce type d'information articulatoire et de visualiser en temps réel ou en différé tous les traits et caractéristiques propres à chaque phonème. A la lumière de ces résultats, nous nous pencherons sur les outils existants capables de montrer les articulateurs.

## **2. Les outils existants**

Nous situons au début des années 90 l'apparition des travaux sur la visualisation des organes de la phonation appliqués à la rééducation orthophonique. La technique de l'électropalatographie a été utilisée dans le cadre de l'université d'Alabama à Birmingham. Fletcher, Dagenais & Critz-crosby (1991) ont montré qu'un entraînement intensif avec l'électropalatographie permettait au patient d'améliorer très significativement la prononciation des consonnes chez 5 sourds profonds. Un placement de langue plus précis, acquis plus rapidement a été constaté chez tous les sujets et ce plus particulièrement pour les contacts linguo-palataux, les contacts vélares étant aussi plus facilement acquis que les contacts alvéolaires. Les résultats finaux montrent que le feed-back visuel des modèles articulatoires et notamment ceux des contacts postérieurs (linguo-palatal) est un moyen efficace pour améliorer l'intelligibilité des patients. Cette technologie de feed-back bien que complexe de mise en œuvre se révèle selon Dent (1995), être intéressante pour les pathologies de l'articulation. L'inhibition des schémas moteurs défectueux et la mise en place de nouveaux gestes articulatoires deviennent alors plus faciles. Elle est cependant limitée en clinique car invasive et contraignante.

Un peu plus tard, Wrench, Gibbon & Mac Neil (2002) à Edinburgh en Ecosse, démontrent l'intérêt de l'électropalatographie dans la rééducation des troubles d'articulation notamment pour les phonèmes postérieurs et utilisent couramment cette technique dans le cadre de la prise en charge des dysarthries et des déficits auditifs. Le patient visualise en temps réel les points d'appui de la langue sur l'écran sous la forme d'une matrice de diodes dont la couleur change en fonction de la surface de contact. Le patient peut ainsi ajuster la position de sa langue en fonction d'une cible donnée. Des calculs dits de centre de gravité ainsi qu'un index de variabilité permettent d'obtenir des informations sur le degré de justesse et de stabilité du point d'articulation. L'évolution temporelle du signal acoustique est donnée parallèlement. De nombreux auteurs sont convaincus de l'intérêt de cette technique pour la rééducation des troubles d'articulation (Gibbon, Stewart, Hardcastle 1999). Forte de ces résultats pour des pathologies classiques, l'équipe d'Edinburgh, particulièrement en avance dans le domaine, a utilisé l'électropalatographie pour des pathologies plus lourdes telles que le *Down syndrome* pour laquelle les dysarthries sont fréquentes. Gibbon, McNeill, Wood & Watson (2003) ont conduit avec succès une thérapie assistée par l'électropalatographie avec une fillette âgée de 10 ans atteinte d'un trouble d'articulation et d'un dysfonctionnement vélaire.

Le système suédois ARTUR (Articulation Tutor) fonctionne de la façon suivante : une caméra filme le locuteur, le système déduit la position des organes par inversion articulaire et affiche sur un modèle en 3D la position de la langue du locuteur (têtes parlantes). Ces données visuelles complètent efficacement l'aide auditive et celle apportée par la visualisation du signal acoustique. Celle-ci apporte déjà une aide précieuse pour le paramètre de voisement notamment et pour l'aspect rythmique et prosodique du langage. Il est nécessaire de fournir un feedback articulaire susceptible de renseigner le locuteur sur cette position correcte. Le *virtual language tutor* est développé pour l'apprentissage des langues mais pourrait tout aussi bien être utile dans le cadre de l'orthophonie. Öster (1992) a développé un projet appelé OLP (Ortho-logo-Paedia) destiné à aider les patients atteints de troubles sévères d'articulation. Ce projet est basé sur deux modules : le premier appelé OPTACIA permettant de visualiser la configuration du conduit vocal ainsi que les trajectoires des mouvements de la langue et GRIFOS, système de reconnaissance automatique de la parole capable d'analyser la parole et de juger de son degré d'intelligibilité.

La recherche est actuellement très active. Plusieurs laboratoires travaillent à l'élaboration d'outils offrant une visualisation en temps réel des articulateurs du sujet. L'équipe grenobloise MaGIC du laboratoire Gipsa-Lab a développé des modèles des articulateurs de la parole à partir de données obtenues par IRM (Imagerie par Résonance Magnétique) et vidéo stéréoscopique d'un locuteur (Badin et al, 2007; Serrurier & Badin, 2006, 2008). L'outil développé par cette équipe peut afficher les articulateurs virtuels et montrer les organes habituellement non visibles tels que la langue ou le voile du palais (Badin et al., 2007, 2008).

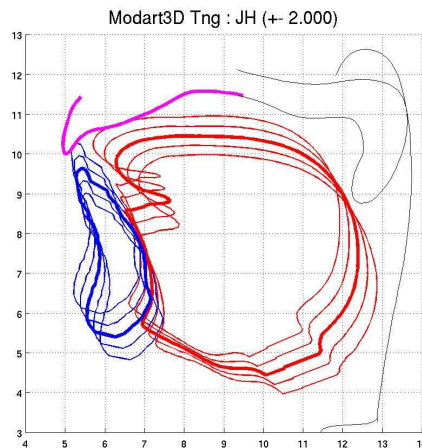


Figure 1 : Variation de deux écarts-type du degré de liberté « Hauteur de la Mâchoire » (Jaw Height JH selon Badin 2007)

Nous retenons de ces études la possibilité de modéliser la langue, les lèvres et le voile du palais avec un nombre limité de degrés de liberté. Le modèle mâchoire - langue proposé par (Badin 2007) possède six composantes. L'ensemble de ces composantes permet de représenter près de 90 % de la variance totale des données tridimensionnelles de la langue. La première, liée à l'ouverture de la mâchoire JH, correspond à une rotation globale de la masse de la langue autour d'un point situé à l'arrière (fig. 1). Les composantes corps de langue TB, et dos de langue TD correspondent respectivement à des mouvements avant/arrière et aplatissement/bombement. Les composantes hauteur d'apex TTV et avancée d'apex TTH correspondent respectivement à des mouvements verticaux et horizontaux de la pointe de la langue. D'autre part, le modèle de voile du palais comporte une composante principale VL qui correspond à un mouvement oblique haut-bas d'ouverture/fermeture du port vélopharyngé.

Une autre piste concerne aussi le système d'échographie ultrasonique permettant de visualiser en temps réel le mouvement de la langue. C'est Stone (2005) qui a publié un guide d'analyse des images ultrasoniques des mouvements de la langue et qui en a étudié les diverses configurations. Cette technique est prometteuse car moins invasive mais comporte cependant des limites que d'autres chercheurs tentent de dépasser. L'échographie ultrasonique ne permet malheureusement pas de percevoir correctement l'apex de la langue et les contours précis du voile et nécessite l'immobilisation de la tête du sujet. Un système plus sophistiqué développé par Denby et Huebert (Denby 2009) appelé Ultra-speech permet de décoder la parole et de reconstituer un signal acoustique à partir des données d'une caméra filmant la bouche du locuteur et les données provenant de l'échographe. Ce système prometteur nécessite une phase d'apprentissage préalable, ce qui en limite l'utilisation en clinique pour le moment. Ces recherches sont déterminantes pour l'avenir. Si ces outils ne sont pas utilisables en clinique à cause des contraintes techniques qu'ils imposent et de leur coût, leur adaptation clinique serait un progrès considérable. Pour être réellement utilisable à long terme, ces systèmes doivent s'ajuster finement aux contraintes et attentes du clinicien.

### 3. Le projet Diadolab

Le projet Diadolab a débuté en 2006 dans le prolongement du projet Vocalab (Menin, Sicard 2004). Le feed-back visuel de tous les paramètres de la voix en temps réel s'est révélé être un outil très utile dans la pratique orthophonique (Menin-Sicard 2009) et actuellement largement utilisé pour l'évaluation et la rééducation de la voix. Il manquait cependant une donnée fondamentale à ces données objectives : la configuration des articulateurs de la parole. La voix et la parole sont étroitement liées et il est difficile d'envisager l'une sans prendre en considération l'autre. Montrer la place, la position et le mouvement des articulateurs pour chaque phonème est une étape indispensable pour la mise en place du répertoire phonétique et phonologique. Nous avons cherché à développer un outil permettant de travailler la conscience articulatoire et de rendre explicite des données proprioceptives auxquels l'individu n'accède pas spontanément est une piste de développement particulièrement intéressante.

La spécification de l'outil a été faite en partant de la pratique clinique. Elle s'est enrichie et précisée par des recherches menées dans le cadre d'un master en Sciences du Langage à l'université Stendhal de Grenoble (Menin-Sicard 2007). Cette étape expérimentale a permis d'élaborer un protocole d'évaluation de la conscience articulatoire remanié par la suite dans le cadre d'un mémoire d'orthophonie soutenu à l'université Paul Sabatier à Toulouse (Alcala, Faucher 2009). En s'inspirant des travaux sur la tête parlante développée au laboratoire GIPSA Lab (Badin et coll 2007, Serrurier et coll 2008), nous avons conçu un programme informatique répondant aux attentes des cliniciens en ce qui concerne la visualisation des articulateurs.

Ce logiciel appelé DIADOLAB a été élaboré pour montrer la position et le mouvement des articulateurs de la parole et pour travailler spécifiquement la conscience articulatoire. Il propose un ensemble de modules et outils assistant l'orthophoniste dans le travail analytique praxique, articulatoire et diadococinésique. Une tête parlante réaliste simule tous les phonèmes et séquences articulatoires préalablement saisis au clavier suivant un code spécifique élémentaire. Il comporte quatre modules principaux respectant une progression possible de travail : Praxies, Articulation, Parole et Lecture.

Le module Praxies permet d'animer une tête parlante, de connaître et mobiliser chaque articulateur suivant ses degrés de libertés propres. Le patient découvre ainsi les articulateurs invisibles (langue et voile) leur place dans le conduit vocal, leur configuration et leur mouvement. Les modes d'articulation (occlusifs/constrictifs) ainsi que les lieux de contact possibles de la langue au palais (alvéolaires, dental, vélaire) sont aussi représentés (Fig.2). Montrer de façon symbolique tous les traits distinctifs des phonèmes est l'une de nos préoccupations majeure : ces distinctions permettent en effet de lever les ambiguïtés phonologiques : le souffle pour les constrictives, la pression pour les occlusives, la vibration laryngée pour les consonnes sonores, le passage de l'air dans les cavités nasales pour les phonèmes nasals.

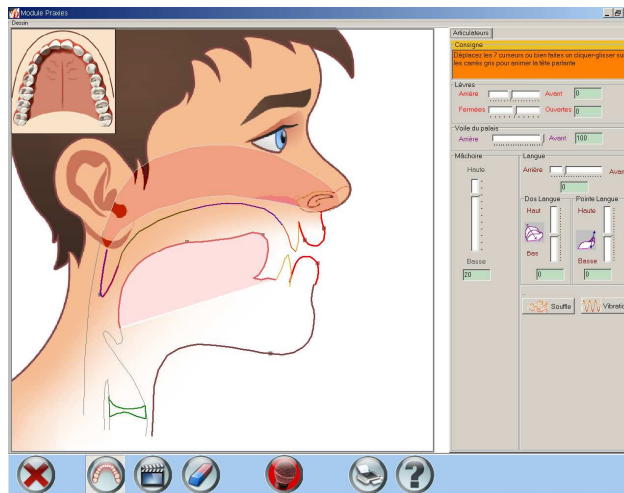


Figure 2 : Module Praxies : En déplaçant les curseurs, le sujet peut mobiliser les articulateurs suivant leurs degrés de liberté propres

Le thérapeute anime la tête parlante en déplaçant les curseurs horizontaux ou verticaux. Les 7 curseurs (Fig. 2) représentent les degrés de liberté principaux de la mâchoire, de la langue et des lèvres, inspirés des travaux de Badin 2006 et coll au laboratoire Gipsa-lab de Grenoble. Le travail praxique devient alors très précis et ciblé sur les zones de contact importantes : la zone alvéolaire et la zone vélaire et/ou la moins accessible comme la zone palatale. Le palatogramme (Fig.3) a été développé dans le but d'aider l'orthophoniste à travailler plus spécifiquement la conscience palatale. Il aide le patient fixer un articulateur pour en mobiliser un autre et lutter contre les syncinésies articulaires particulièrement fréquentes et tenaces chez les sujets atteints de dyspraxie. Il permet d'illustrer certains mouvements postérieurs de la masse linguale nécessaires à la protection des voies aériennes, au geste fonctionnel de déglutition et à l'optimisation de la résonance buccale dans un contexte de dysphonie. Un travail analytique, méthodique des praxies intra-buccales et spécifiques à la parole permet d'améliorer très significativement la coordination des mouvements indispensables à une parole fluente.

Cette représentation est utile dans les dyslalies (sigmatisme et schlintement). Les zones colorées en rose foncé correspondent à la surface de contact entre les bords latéraux de la langue et le palais. Dans le schlintement par exemple, les bords latéraux ne viennent pas en contact par excès de contact de l'apex de la langue contre le palais.

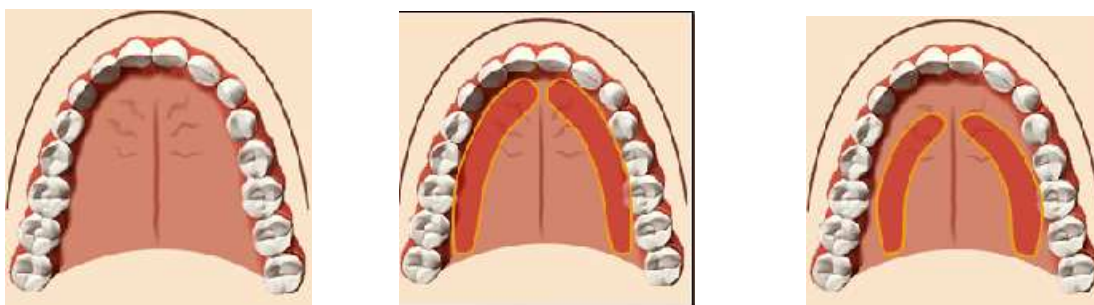
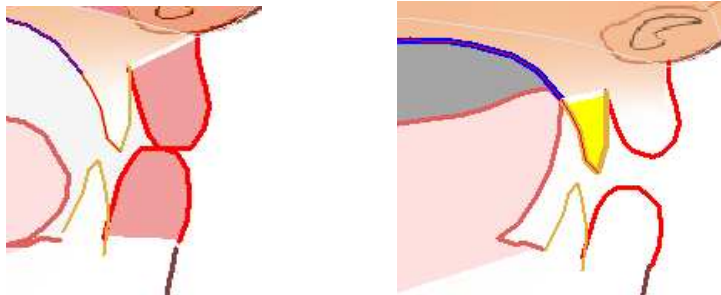


Figure 3 : Palatogrammes des phonèmes [p] [s] et [ch]

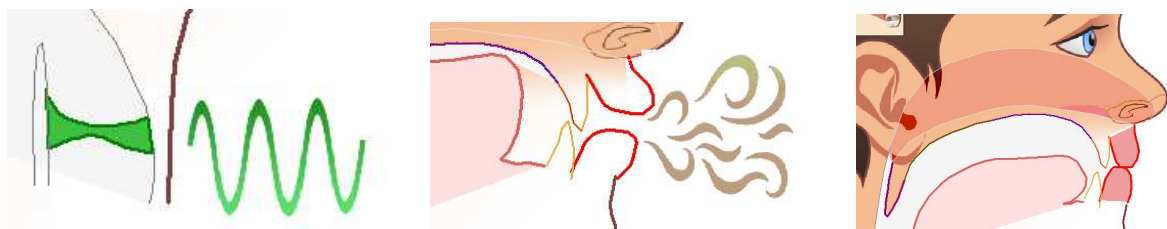
Les zones colorées et l'épaississement des traits permettent de focaliser l'attention du patient sur des points précis tels que le lieu de contact mais aussi la pression nécessaire à l'articulation d'un phonème occlusif (Fig.4).



*Fig.4: couleurs/épaississement des traits pour focaliser l'attention du sujet sur les lieux de contact.*

Il aide le sujet à développer son schéma corporel intra buccal, la proprioception fine des organes et structures impliqués dans la production de la parole.

Dans un module appelé « Phonème », des tableaux phonétiques des voyelles et des consonnes permettent d'afficher la position articulaire destinée à aider le sujet à positionner et configurer sa langue de façon précise. Ces tableaux permettent de vérifier très rapidement la constitution du son répertoire phonétique des sujets. Il contribue aussi à fiabiliser le lien entre un stimulus sonore, une représentation visuelle de la position des articulateurs et la graphie correspondante. Tous les éléments distinctifs sont représentés pour chaque phonème (Fig.5) : le lieu de contact (alvéolaire, dental, labial, vélaire ou dorsal), le mode de contact (occlusif, constrictif ou liquide), la nasalisation (non contraction du voile), la sonorisation (vibration laryngée) et enfin le souffle et sa pression dans le conduit vocal.



*Fig.5 : représentation symbolique des traits distinctifs : le voisement (vibration laryngée), le souffle (constrictive), la nasalisation (relâchement du voile du palais)*

Ce sous-module (Fig.6) aide l'enfant à mettre en place très tôt un positionnement juste, précis et optimal des articulateurs et d'éviter que ne se fixent des gestes erronés particulièrement résistants ensuite à toute modification. Avant 4 ans il est cependant préférable de passer par d'autres moyens (ex : moule en plâtre, langue en pâte à modeler, marionnette buccale etc...), le processus d'identification à la tête-parlante nécessitant une familiarisation.



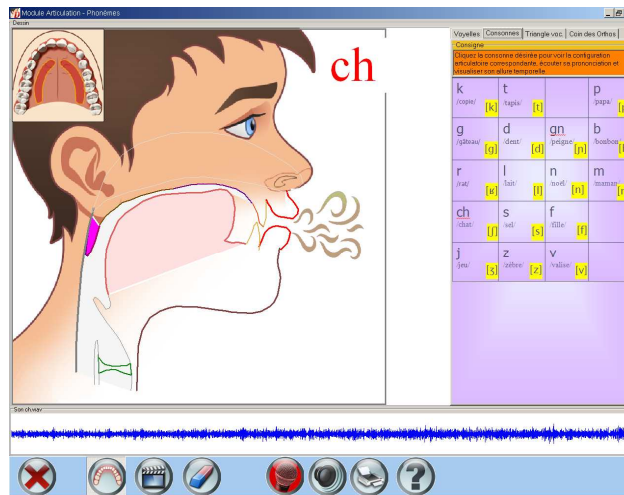


Figure 6 : Dans le module « Articulation », le sous-module appelé « Phonèmes » permet de travailler le répertoire phonétique et lien graphie-phonie

Les données visuelles articulatoires et proprioceptives guident le sujet dans son positionnement et installe de façon claire le lien graphie/phonie. Ce travail fait en amont avec des sujets dysphasiques et déficients auditifs permet de limiter au maximum le retard d'acquisition de la lecture.

Nous nous sommes attachés à élaborer un outil permettant au clinicien de proposer aussi un travail diadococinésique (Fig.7). La diadococinésie articulatoire se définit comme la capacité à exécuter alternativement des mouvements rapides et réguliers (diadokhos = qui succède) et cinésie (le mouvement). La synchronisation des mouvements est une « horlogerie » de très haute précision. Le phonème isolé peut être produit correctement mais altéré, substitué ou déplacé lorsqu'il est co-articulé soit parce que le phonème voisin est peu facilitateur, soit parce que la langue est incapable de changer rapidement de configuration (concave/convexe). La séquence subit alors des déformations plus ou moins importantes en fonction du degré d'atteinte neurologique, physiologique ou anatomique de l'ensemble du système. Cette dynamique peut être perturbée, ralentie voire laborieuse ou à l'inverse accélérée escamotée à cause d'un dysfonctionnement pouvant se situer à différents niveaux (périphériques ou centrale).

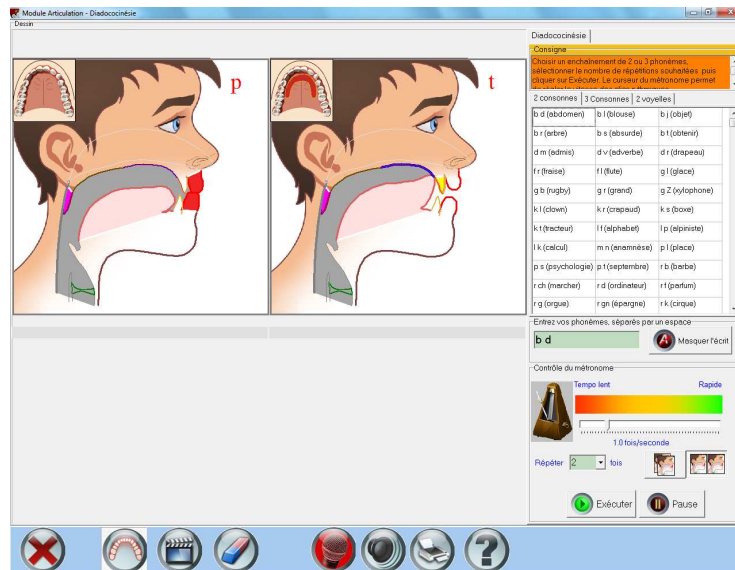


Figure 7 : Le Module « Diadococinésie » permet de travailler les séquences articulatoires avec un métronome

Cet outil permet de travailler la diadococinésie de façon méthodique, précise et adaptée aux difficultés pour un travail de coordination des articulateurs sur des transitions simples et complexes. Le métronome ainsi que la tête-parlante animée aide et contraint le sujet à une parfaite régularité. 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. Cet outil se révèle très utile dans la prise en charge des patients cérébro-lésés ayant une dysarthrie associée et/ou un trouble du contrôle phonologique ainsi que pour les sujets atteints de dysarthries (SLA, Parkinson).

Diadolab comporte un module appelé « Parler » permettant au sujet de visualiser le mouvement et l'enchaînement des positions articulatoires. Il est conçu pour aider le patient à contrôler la séquence articulatoire nécessaire à la prononciation de mots difficiles, souvent et durablement altérés comme par exemple « tracteur », « spectacle » ou encore « infarctus », (Fig.8).

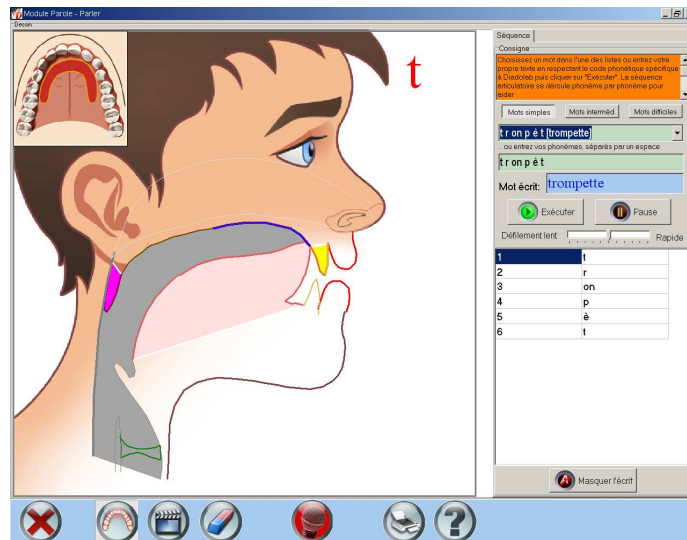


Figure 8 : Module « Parler » : exemple de la décomposition du mot « trompette »

Ce module « Parler » permet d’animer une tête parlante qui prononce lentement, phonème par phonème des séquences ou des mots préalablement saisis en respectant le code de décomposition phonémique spécifique à l’outil. Les phénomènes de coarticulation ne sont volontairement pas modélisés afin d’accentuer sciemment les composantes propres à chaque phonème. L’orthophoniste attire l’attention du patient sur les éléments pertinents des profils (voisement, nasalité, souffle, pression) et sur le palatogramme. Les listes de mots difficiles classées en trois niveaux permettent à l’orthophoniste d’être efficace dans son travail. Le sujet doit être familiarisé par un travail proprioceptif préalable. En visualisant les séquences au ralenti puis plus vite, il peut comprendre son erreur et rectifier plus facilement. Ce qui est implicite et inconscient car parfaitement automatisé chez le normo-parlant devient explicite et conscient chez le sujet atteint de troubles expressifs quel qu’il soit.

Une activité de jeu permet de voir si le patient est capable de deviner un mot parmi trois, en analysant la succession de mouvements de la langue (Fig.9). La lecture linguale requiert un bon niveau de conscience articutoire que le patient obtiendra progressivement en associant une représentation sonore avec une sensation proprioceptive précisée renforcée par l’image.

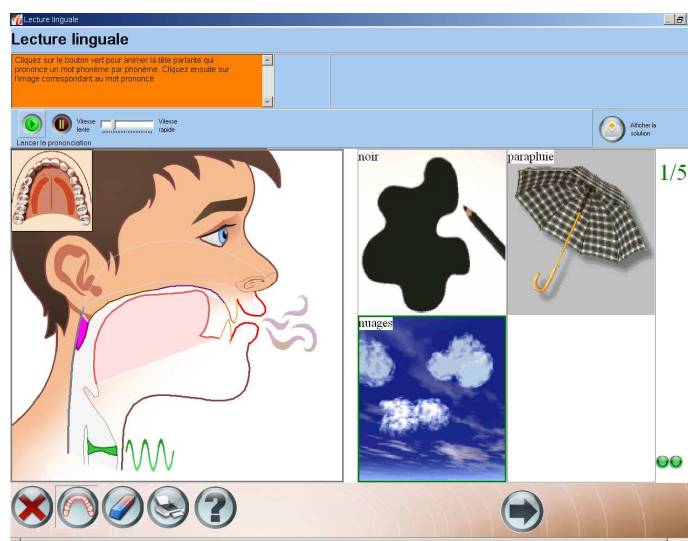


Figure 9 : Module « Lecture linguale » : le sujet doit deviner quel mot est prononcé par la tête-parlante parmi les trois proposés

Un module Lecture que nous ne détaillerons pas ici va les aider à acquérir le symbolisme de l'écrit s'appuyant sur les compétences proprioceptives préalablement travaillées. Il s'agit de montrer que le continuum sonore de type temporel peut avoir une représentation graphique de type spatiale et permet de construire, fiabiliser et automatiser le lien graphie/phonie nécessaire à la mise en place de la lecture par la voie d'assemblage. Si le sujet est entraîné très tôt à avoir une élocution précise, juste et parfaitement coordonnée, le lien graphie/phonie deviendra aisé et la lecture par voie d'assemblage se mettra en place sans stratégies de compensation inadéquates. Un travail précoce et intensif permet d'obtenir les meilleurs résultats possibles en regard des capacités de chaque sujet, de ses capacités de compensation et/ou de récupération. L'utilisation quotidienne et régulière de l'outil avec des sujets même lourdement atteints (surdité, dysphasie, dyspraxie et b galement) montre une amélioration significative et rapide de l'intelligibilité. Les perspectives sont intéressantes et ouvrent des voies de recherche et de développement où la coopération entre la recherche et la clinique prend ici tout son sens. Tout comme Vocalab, il évoluera en fonction des retours des utilisateurs et de l'avancée des technologies d'imagerie.

## Conclusion

Diadolab, un outil novateur de modélisation de la parole, élaboré pour renforcer la pratique clinique orthophonique. Dans cet article, nous avons évoqué le contexte théorique dans lequel il s'inscrit, les outils existants ainsi que la genèse du projet. Nous avons ensuite décrit les fonctionnalités du logiciel et ses applications. Diadolab a été conçu pour aider l'orthophoniste dans la prise en charge de multiples pathologies telles que le trouble d'articulation, le trouble phonologique, la dyspraxie, la déficience auditive, le b galement et la dysarthrie et peut être aussi utilisé dans le cadre du démarrage de lecture et de la dyslexie phonologique.

## Bibliographie

Alexander A.W., Anderson H.G. & Heilman P.C. (1991), *Phonological awareness training and remediation of analytic decoding deficits in a group of severe dyslexics*, *Annals of Dyslexia*, 41 : 193-206

Badin, P. & Serrurier, A. (2006). *Three-dimensional linear modeling of tongue: Articulatory data and models*. In 7th International Seminar on Speech Production, ISSP7 (H.C. Yehia, D. Demolin & R. Laboissier , Eds.), pp. 395-402. Ubatuba, SP, Brazil, (2006). UFMG, Belo Horizonte, Brazil.

Badin, P., Elisei, F., Bailly, G., Savariaux, C., Serrurier, A. & Tarabalka, Y. (2007). *T tes parlantes audiovisuelles virtuelles : données et modèles articulatoires - applications*. *Revue de Laryngologie, Otologie, Rhinologie - European Review of ENT*, 128(5), 289-295.

Badin, P., Elisei, F., Bailly, G. & Tarabalka, Y. (2008). *An audiovisual talking head for augmented speech generation: models and animations based on a real speaker's articulatory data*. In Vth Conference on Articulated Motion and Deformable Objects (AMDO 2008, LNCS 5098) (F.J. Perales & R.B. Fisher, Eds.), pp. 132-143. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer Verlag.

Dent, H., (1995) *The application of electropalatographie (EPG) to the remediation of speech disorders in school-aged and young adults*, European Journal disorders Community 30, 264-277,.

Denby, B., Huebert, T., (2009) *Analyse du conduit vocal par imagerie ultrasonore, imagerie médicale pour l'étude de la parole* , 148-171

Faucher, P., Alcalá, 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 de fin d'étude Université Paul Sabatier Toulouse

Fletcher, S., Dagenais, A., Paul, A., Critz-Crosby, P., (1991) *Teaching consonants to profoundly Hearing-Impaired speakers Using palatometry*, Journal of speech and hearing research, 34, 929-943.

Griffiths S. & Frith U., (2002), *Evidence for an articulatory awareness deficit in adult dyslexics*, Dyslexia 8 : 14-21

Gibbon, F. E., McNeill, M., A., Wood, S. E, Watson, M.M.J., (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,.

Gibbon, F., Stewart, F., Hardcastle, W., J., Crampin, L., (1999) *Access to electropalatography for children with persistent sound system disorders*, American Journal of speech language pathology, 8, 319-334,.

Joly-Pottuz B., Mercier M., Leynaud A. & Habib M. (2008), *Combined auditory and articulatory training improves phonological deficit in children with dyslexia*, Neuropsychological Re-habilitation, Psychology Press 18 (4) : 402-429

Kent D. Raymond (1997), *Speech Sciences*, Singular Publishing group, Inc, page 318-320

Lieberman A.M. & Mattingly I., (1985), *The motor theory of speech revised*, Cognition 21: 1-36

Lieberman I.Y., Shankweiler D.P., Fisher F.W. & Carter B., (1974) *Explicit syllable and phoneme segmentation in young child*, Journal of experimental child psychology, 18 : 201-202

Mellul N., Thibaud C. (2004): *l'éducation orale précoce* Rééducation orthophonique N° 220

Menin-Sicard A., Sicard E., (2004) *Evaluation et rééducation de la voix et de la parole avec Vocalab*, Glossa N°88, 62-76.

Menin-Sicard A., (2007) *Visualisation des articulateurs de la parole : Intérêt de l'image IRM dans la conscience articulatoire*, Mémoire de master. Université Stendhal, Grenoble,

Menin-Sicard A, Sicard E (2009) *Utiliser le logiciel Vocalab dans le cadre de la prise en charge des pathologies de la voix*. La voix dans tous ses maux p 37-46. Unadréo.

Montgomery D., (1981), *Do Dyslexics Have Difficulty Accessing Articulatory Information*, *Psy-chological Research* 43 : 235-243

Öster A.-M., House D, Protopapas A. & Hatzis A. (2002). *Presentation of a new EU project for speech therapy: OLP (Ortho-Logo-Paedia)*

Serrurier, A. & Badin, P. (2008). *A three-dimensional articulatory model of the velum and nasopharyngeal wall based on MRI and CT data*. *Journal of the Acoustical Society of America*, 123(4), 2335-2355.

Stone M., (2005) *A guide to analysing tongue motion from ultrasound images ; Clinical linguistics and phonetics*, 19 (6-7), 455-502,

Wrench, A., Gibbon, F., MC Neil, A., Wood, S., (2002) *An EPG therapy protocol for remediation and assessment of articulation disorders*, 7<sup>th</sup> International conference on spoken Language processing, Denver, USA

