



Analyse d'une phrase type dans le cadre du bilan orthophonique de la parole

Etienne Sicard, Anne Menin-Sicard

► To cite this version:

Etienne Sicard, Anne Menin-Sicard. Analyse d'une phrase type dans le cadre du bilan orthophonique de la parole. [Rapport de recherche] INSA Toulouse. 2020. hal-02568392

HAL Id: hal-02568392

<https://hal.science/hal-02568392>

Submitted on 9 May 2020

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.

Analyse d'une phrase type dans le cadre du bilan orthophonique de la parole

Etienne Sicard (1,2), Anne Menin-Sicard (2)

INSA-GEI, 135 Avenue de Rangueil, 31077 Toulouse (1)

Laboratoire LURCO www.lurco.unadreo.org (2)

etienne.sicard@insa-toulouse.fr

anne.sicard2@orange.fr

Résumé :

Dans cet article, nous avons tenté de donner des repères en lien avec l'acquisition des phonèmes chez les enfants, ainsi que le débit de parole et l'intonation à tous âges de la vie, illustré par des analyses comparatives entre témoins et sujets atteints de différentes pathologies. Nous détaillons ensuite l'analyse d'une phrase type, en présentant les notions de score cible, d'analyse des altérations. Enfin, nous décrivons les démarches de recherche en lien avec l'exploitation d'un corpus de parole d'enfants et d'adultes, permettant de comparer les caractéristiques de différentes phrases type, selon qu'il s'agit de témoins ou de patients atteints de troubles de la parole.

Mots clé : orthophonie, évaluation de la parole, articulation, prosodie, parole de l'enfant, évaluation objective, statistiques

Introduction

L'analyse de phrases, de discours, ou encore de « non-mots », encore appelés logatomes, est une épreuve incontournable du bilan orthophonique de la parole chez les enfants, mais aussi chez les adultes atteints de différentes pathologies. De l'analyse acoustique du discours, il est possible d'extraire les éléments saillants, notamment dans le but de distinguer ce qui est de l'ordre de la parole normale ou anormale. Pour certaines pathologies telles que le retard de parole, le bégaiement ou encore la dysarthrie, des marqueurs ciblés tels que les imprécisions de consonnes, les pauses inappropriés, la monotonie du discours se révèlent pertinents pour mesurer le degré d'atteinte du patient, mais aussi pour évaluer ses progrès dans le cadre d'une prise en charge orthophonique.

Nous avons souhaité dans cet article citer les différentes sources scientifiques qui nous ont permis de donner quelques repères sur les métriques les plus communes telles que le débit de parole ou l'acquisition des phonèmes de la langue Française, en se focalisant notamment sur les méta-analyses et publications à accès ouvert, en particulier les archives ouvertes [HAL]. Nous avons tenté de dégager des tendances, en couvrant toutes les périodes de la vie, notamment la phase d'acquisition du langage, l'âge adulte mais aussi la parole âgée. Dans une première partie, nous nous focalisons sur le débit de parole, et illustrons nos propos de différentes analyses comparatives entre témoins et sujets atteints de différentes maladies. Nous citons ensuite différentes démarches communes de bilan de l'articulation à base de répétition de logatomes. Dans la 3^{ème} partie, nous détaillons l'analyse d'une phrase type, en présentant les notions de score cible, d'analyse de la prosodie, de détection de pauses. Nous décrivons succinctement les mémoires de recherche qui ont amené à conduire différentes

statistiques sur la parole de l'enfant normale et pathologique. Nous concluons cet article par une illustration d'analyse comparative avant et après prise en charge orthophonique.

Caractéristiques type du débit de parole

Nous donnons ci-après quelques repères concernant le débit de parole, notamment pour les enfants adultes jeunes et âgés. De la méta-analyse et de la fusion des différentes sources d'information, nous tentons de déduire des repères de débit de parole pour tous âges. Nous analysons aussi quelques publications qui tentent de différencier des groupes sur la base de critères simples en lien avec l'analyse de la parole : débit, pauses, ou encore contour intonatif.

Débit de parole de l'enfant

De nombreuses publications anglophones traitent du sujet de débit de syllabes des enfants. Nous avons reporté figure 1 une méta-analyse d'une dizaine de publications. On peut dégager une tendance, bien que les contours soient assez flous, probablement en lien avec les différences de méthodologies utilisées et le type d'échantillon de discours analysé. On retrouve l'idée d'un débit autour de 4 syllabes/secondes à 5 ans.

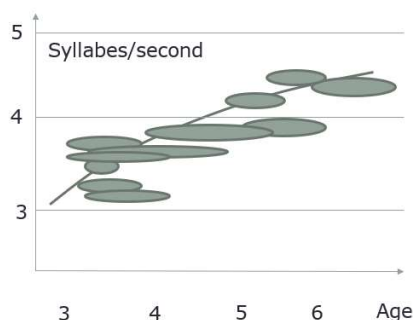


Figure 1 : Méta-analyse du débit de syllabes des enfants d'après une dizaine de publications principalement Anglophones

Par exemple, le corpus recueilli par [Coletta 2006] concerne la production verbale de 67 enfants francophones âgés de 3 ans ½ à 10 ans. Les débits d'une tâche narrative (RWG) et d'une tâche explicative (EX) sont comparés (Figure 2). La tâche narrative consiste à raconter une histoire à partir d'un extrait d'un film d'animation préalablement présenté à l'enfant. La tâche explicative consiste à répondre à des questions de l'expérimentateur. On constate un débit autour de 4 syllabes/secondes à 5-6 ans, débit qui atteint 4,4 syllabes/secondes en tâche explicative, plus élevé que la tâche narrative.

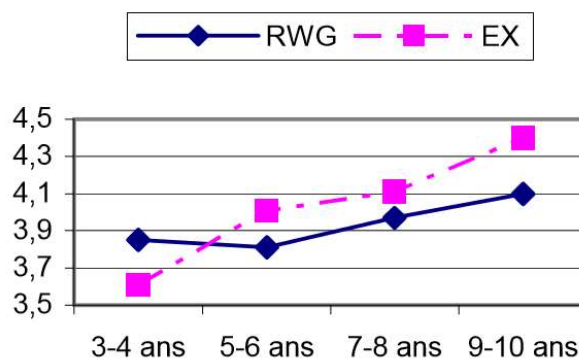


Figure 2 : Débit comparatif d'une épreuve narrative (RWG) et explicative (EX) pour des enfants de 3 à 10 ans [Coletta 2006]

Débit de parole de l'adulte

Le phénomène de régionalisation et l'influence du genre sont mis en avant par [Jacewicz 2009], montrant principalement un ralentissement du débit dans la tâche de phrase lue (RS) par rapport à la parole conversationnelle (CS). On note aussi un débit de parole un peu plus élevé dans le Wisconsin qu'en Caroline du Nord, ainsi qu'un débit légèrement plus lent chez les femmes (Figure 3).

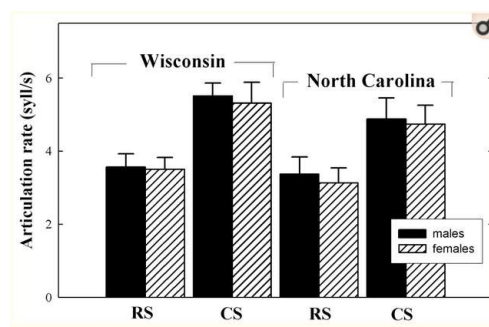


Figure 3 : Débit de deux styles de parole : texte lu (RS) et parole conversationnelle (CS) [Jacewicz 2009]

Le débit de parole légèrement plus élevé chez les locuteurs masculins est une caractéristique assez largement partagée à travers les langues [Pepiot 2013]. L'articulation est plus minutieuse chez les locutrices, les locuteurs masculins tendent à parler avec un débit légèrement plus rapide et en réalisant moins de pauses. En termes de débit de phonèmes, la voix neutre est évaluée à 13.6 phonèmes par seconde, voix émue: 11.7, voix normale 12.4 et voix âgée 10.6.

Le débit de la voix âgée est aussi brièvement étudié dans [Kent 2000], en citant une vingtaine de publications, ainsi que dans [Keller 2006]. Les durées des phonèmes, des syllabes, des phrases, s'allongent significativement avec l'âge, tandis que le *Voice-Onset-Time*, c'est-à-dire le temps d'établissement de la voyelle par rapport à la consonne a tendance à se raccourcir. Le débit est de 20 à 25% plus lent que ceux des jeunes adultes avec une grande variabilité au sein des locuteurs âgés, ce qui fait que la corrélation entre ralentissement du débit et âge du patient est relativement peu élevée. Cette même variabilité se retrouve dans l'analyse du fondamental usuel moyen, ou encore sur le débit de diadococinésie [Sicard 2020c].

Analyses comparatives

Dans [Hall 1999], le débit de syllabes d'enfants de 3-4 ans qui bégayaient depuis au moins 3 ans, ou qui ont arrêté de bégayer est comparé à un groupe contrôle. On peut noter à la figure 4 de légères différences, mais globalement le débit est assez proche de 4 syllabes/seconde à un âge médian de 3 ans 8 mois.

	Recovered	Persistent	Control
Initial visit	3.18 (0.45)	3.84 (0.52)	3.84 (0.57)
1-year visit	3.87 (0.30)	3.94 (0.44)	3.94 (0.65)
2-year visit	3.75 (0.38)	4.12 (0.47)	3.92 (0.68)

Figure 4 : enfants qui bégayaient âgés de 3 à 4 ans, débit comparatif avec le groupe contrôle [Hall 1999]

Measure	Mean	SD	Range
Articulation rate (in phones per second)	6.98	1.48	4.42–9.58
Articulation rate (in syllables per second)	2.90	0.60	1.83–4.02
Prolongation duration (in seconds)	0.63	0.21	0.37–1.09
Repetition duration (in seconds)	0.87	0.38	0.28–1.69
Single-syllable-whole word repetition duration (in seconds)	0.99	0.25	0.65–1.63
Cluster duration (in seconds)	1.78	0.97	0.78–3.59

Figure 5 : enfants qui bégaiement âgés de 2 à 5 ans [Tumanova 2011]

Une étude portant aussi sur le bégaiement d'enfants de 2 à 5 ans a été faite par [Tumanova 2011], portant sur dix-neuf enfants qui bégaiement (14 garçons et 5 filles ; âge moyen = 3 ans 9 mois). Le débit varie de 1.83 à 4.0 syllabes par secondes (Figure 5). Ici, les échantillons de voix conversationnel ont été enregistrés pendant que l'enfant jouait avec un parent. Environ 300 mots ont été analysés en moyenne pour chaque enfant.

Dans le cadre de la maladie de Wilson, [Pernon 2013] a comparé les débits de parole obtenus en condition isolée (IS), en double tâche (DT) et en condition d'accélération volontaire (AC) pour un groupe normal (5 syllabes/s) et des patients atteints de Maladie de Wilson, montrant une sévère dégradation du débit chez ces derniers (3.5 syllabes/s). Deux groupes MW-A et MW-NA sont étudiés : patients qui accélèrent significativement le débit, et ceux qui le ralentissent (Figure 6).

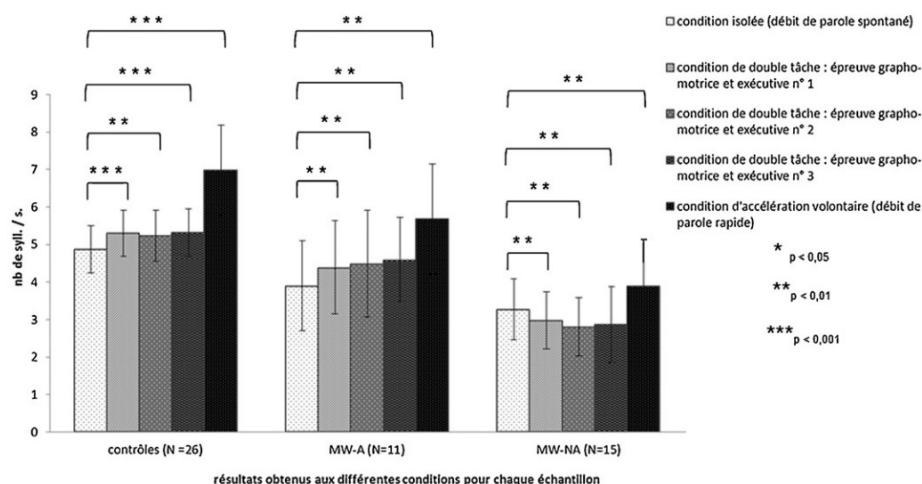


Figure 6 : Débits de parole obtenus pour de sujet contrôle, Maladie de Wilson (MW-A) et Maladie de Wilson (MW-NA) en condition isolée, en condition de double tâche et en condition d'accélération volontaire [Pernon 2013]

De son côté [Teston 2005] a comparé le contour intonatif (tracé de F0) sur la phrase « C'est une affaire intéressante, qu'en pensez vous ? » d'un sujet normal, parkinsonien et ataxique, montrant à la fois de grandes différences de contour prosodique, mais aussi un ralentissement significatif du débit, en particulier pour la dysarthrie ataxique (Figure 7).

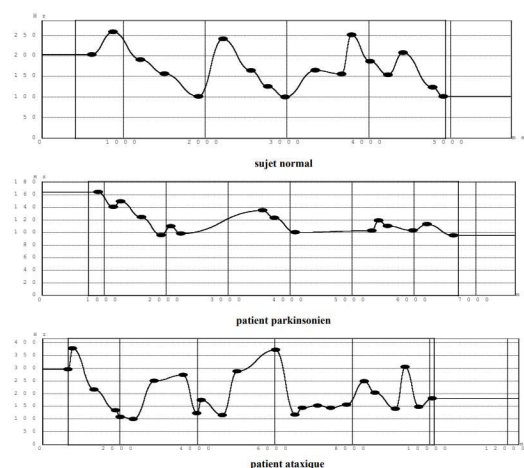


Figure 7 : Comparaison de l'intonation d'une phrase prononcée par un sujet normal, un patient Parkinsonien et Ataxique [Teston 2005]

No.	Deviant speech dimension ^a	PSP	MSA	PD
Hypokinetic				
1.	Airflow insufficiency	Common (42 %)	Common (31 %)	Common (27 %)
2.	Harsh voice	Abundant (75 %)	Frequent (69 %)	Occasional (13 %)
3.	Rapid AMR	Occasional (25 %)	Common (31 %)	Occasional (13 %)
4.	Inappropriate silences	Abundant (83 %)	Frequent (69 %)	Common (27 %)
5.	Reduced loudness	Occasional (25 %)	Occasional (23 %)	Occasional (13 %)
6.	Monopitch	Frequent (50 %)	Common (31 %)	Frequent (53 %)
7.	Imprecise vowels	Abundant (75 %)	Frequent (62 %)	Common (33 %)
8.	Dysfluency	Frequent (58 %)	Occasional (15 %)	Occasional (13 %)
Spastic				
9.	Strained-strangled voice	Common (42 %)	Frequent (62 %)	Rare (0 %)
10.	Slow AMR	Frequent (50 %)	Frequent (54 %)	Rare (0 %)
11.	Slow rate	Common (42 %)	Occasional (23 %)	Rare (0 %)
Ataxic				
12.	Excess pitch fluctuations	Common (33 %)	Frequent (69 %)	Rare (0 %)
13.	Vocal tremor	Common (33 %)	Frequent (54 %)	Rare (0 %)
14.	Irregular AMR	Common (33 %)	Common (31 %)	Rare (0 %)
15.	Prolonged phonemes	Occasional (25 %)	Frequent (54 %)	Rare (0 %)
16.	Excess intensity variations	Occasional (25 %)	Frequent (54 %)	Rare (0 %)

Tableau 1 : Critères étudiés par [Rusz 2015] pour l'analyse différentielle des syndromes Parkinsoniens

Le débit de parole, les silences inappropriés, mais aussi la monotonie du discours sont au cœur de l'évaluation comparative des syndromes Parkinsoniens dans le cadre du diagnostic différentiel précoce [Rusz 2015]. Certains indicateurs (Tableau 1) ont des valeurs très différentes selon la pathologie, comme la prolongation des phonèmes, courante chez les patients MSA, ou encore les silences inappropriés qui sont systématiques pour PSP. Il est intéressant de noter que les pauses inappropriées sont aussi à la base de l'évaluation du *speech index of rhythmicity* « SPIR » étudié par [Rektorova 2016], considéré comme un des marqueurs les plus significatifs du déclin cognitif dans le cadre de la maladie de Parkinson.

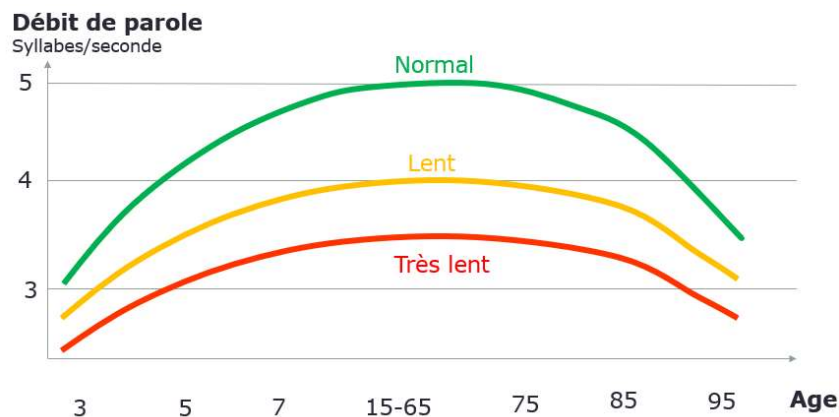


Figure 8 : Evolution du débit de parole, courbe de débit normal, lent et très lent, d'après la méta-analyse de 20 sources bibliographiques.

Proposition de normes de débit de parole

Nous avons tenté de résumer à la figure 8 l'ensemble des valeurs de débit dans le cadre spécifique de la répétition d'une phrase, en se basant sur les méta-analyses et publications que nous venons de citer, afin de dégager une tendance dite « normale » en fonction de l'âge, puis en considérant le débit « lent » (parole altérée) et « très lent » (parole pathologique).

Acquisition des phonèmes

L'acquisition normale des phonèmes en fonction de l'âge portant notamment sur les consonnes a été étudié par de nombreux auteurs dont [Sander 1972], [Coquet 2004] et [Shipley 2015]. Dans ce dernier ouvrage figurent aussi les normes de développement en lien avec les différents processus de parole. Si l'on tente de compiler les différentes sources, en subdivisant l'âge en tranches de 6 mois, on obtient le Tableau 2. L'acquisition du /a/ par exemple démarre à 2 ans et se termine (pour 9 enfants sur 10) avant 3 ans. Certaines consonnes sont acquises assez tardivement, jusqu'à 6 ans ½.

Phonèmes	1 an	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans	6 ans	7 ans
a							
i							
ou							
o							
é							
e							
u							
eu							
an							
in							
on							
un							
p							
t							
k							
b							
d							
g							
m							
n							
gn							
f							
v							
s							
z							
ch							
j							
l							
r							
Voyelles	0	0	11	12	12	12	12
Consonnes	0	0	0	9	9	13	13

Tableau 2 : Repères d'acquisition des phonèmes en fonction de l'âge, par tranches de 6 mois d'après [Sander 1972], [Coquet 2004] et [Shipley 2015]

On trouvera dans [Canault 2017] une description détaillée des mécanismes de production des voyelles et des consonnes illustrés en 2D et 3D ainsi que des détails sur la phonétique combinatoire et les différentes structures syllabiques du français.

Analyse des logatomes

La répétition de logatomes est une épreuve très commune dans le bilan orthophonique. Elle consiste à faire répéter au patient une liste de « non-mots », le plus éloigné possible des mots de la langue Française. Dans [Borel-Maisonny 1969], un ensemble de 6 listes est proposé (Tableau 3), de difficulté croissante. De l'analyse de la production des syllabes, on peut déduire les difficultés du patient, ce qui oriente les axes thérapeutiques.

Nous avons listé dans le tableau 4 quelques exemples de listes de logatomes proposés dans ODEDYS [Jacquier-Roux 2005], EVALO [Coquet 2009] et NEEL [Chevrie Muller 2001]. Ce dernier ne propose pas de logatomes mais des mots assez complexes de la langue Française. Le protocole MonPaGe [Fougeron 2016, 2017, 2018] repose sur des pseudo-mots respectant la phonotactique du français, de complexité phonétique et phonologique croissante (Tableau 5). L'évaluation se base sur la détection des erreurs via une grille perceptive ciblée. Il est possible via une interface informatique (Figure 9) de décrire le type d'erreur et sa nature, pour chaque voyelle et consonne : omission, distorsion, substitution, voisement, nasalité, etc.

La principale limitation de l'approche exhaustive en clinique orthophonique est la durée de passation et d'analyse, ainsi que la possible fatigabilité du patient au fil de l'épreuve, voire une situation d'échec dès le début de l'épreuve. L'avantage d'un crible phonologique variant un grand nombre de positions et d'enchaînements articulatoires est de détecter de manière fiable les altérations, ce qui permet d'orienter les axes thérapeutiques.

Liste I 1. esp 2. stur 3. ert 4. olp 5. spli 6. spic 7. blist	Liste IV 1. rikapé 2. nuronli 3. sizado 4. favi ker 5. jifazeu 6. koguchi 7. dimanko 8. moluné 9. bimindal 10. todonkin
Liste II 1. ortis 2. igzo 3. adzi 4. obju 5. ajdo 6. crouo 7. tsui	Liste V 1. mandumalo 2. otrudiré 3. ibapedu 4. esantaldi 5. moenulivou 6. sinchanchuzon 7. goutiduran 8. akoutebo
Liste III 1. mouko 2. fanvé 3. yéroi 4. linou 5. chanedou 6. gontra 7. zulseu 8. bartin 9. lurir 10. panbi	Liste VI 1. vafitaruder 2. sanzibidélou 3. pudounurital 4. munignameso 5. pulblagoritel 6. anslingelital 7. zoliduseltor 8. varduostivar

Tableau 3 : Liste de logatomes publiée dans l'ouvrage de [Borel-Maisonny 1969]

Batterie Nom et auteurs	Tranche d'âge	Liste de mots
OEDYS [Jacquier-Roux 2005]	CE1 jusqu'en 3ème	Panbi / linou / channedu / gontra / zulseu lurir / bartin / yéroï / nuronli / rikapé moluné / favikèr / jifazeu / koguchi / todonkin fanvéreti / bimindal / moukorido / farvikéru / mandurlanoti
EVALO [Coquet 2009]	2 ans 6 mois à 6 ans 6 mois	Fanvé / Linou / Panbi / Bartin Gontra / zulseu Sozisson / todonkin / faviker Bimindal / chorkoutan / goutiduran / akoutebo Sinzanchujon / essartaldi Mandurnalo /fostikavur Sanzibidélu / vafitarudé Mulinamésou / varduostiva Zoltidusseltor / pulblagoritel.
NEEL forme P [Chevrie Muller 2001]	3 ans, 7 mois À 6 ans et 6 mois	Girandole Arrimeur Pélagique Antécédent Comminatoire Pathologie Délibératif Habilitation dilapideur

Tableau 4 : Liste de logatomes proposés dans différents tests de langage

(a) peripheral vowels	(b) bisyllabic pseudowords	(c) Syllable frequency (occurrence per million)	(d) long pseudowords
Pa,pa,pa /papapa/ Pou,pou,pou /pupupu/ Pép, pép,pép /pepepe/ Pi,pi,pi /pipipi/ Pop,pop,pop /popopo/ Pé,pé,pé /pepepe/ Pau,pau,pau /popopo/	CV.CV Tabon /tabõ/ Magou /magu/ Padan /padã/ Rafau /Rafõ/ Sajau /saço/ Bayeu /baje/ Ganain /ganẽ/ Zassain /zasẽ/ Yatu /jaty/ Ouaneu /wane/ CV.CVC Nazor /nazoR/ Yaoud /jawid/ Damette /damet/ Jaruz /ʒaRyz/ Faposse /fapos/	CV.CCV Laspé /la.spe/ Laspi /la.spi/ Kablan /ka.blã/ Kablon /ka.blõ/ Spéla /spe.la/ Spila /spi.la/ Blanka /blã.ka/ Blonka /blõ.ka/ CV.CCCV Vastré /va.stre/ Chaspili /ʃa.spli/ Chaspilé /ʃa.splẽ/ Stréva /stre.va/ Strava /stRa.va/ Splicha /spli.ʃa/ Splécha /splẽ.ʃa/	CV.CV.CVC Dadada /dadada/ Tatata /tatata/ Kitoukitou /kitukitu/ GV.GV.GV Oui-oui-oui /wiwiwi/ CV.GV.CV Dayaza /dajaza/ CV.CV.CV.CV Takadacha /takadaja/ CV.CV.CV Fichoussu /ʃifusy/ CV.CV.CV.CV Ménabainban /menabẽbã/
(e) Coarticulation			
Laspu /laspy/ Laspi /laspi/ Laspa /laspa/ tessi /tesi/ tessu /tesy/ maba /maba/ mabi /mabi/			

Tableau 5 : Liste de logatomes et épreuves de diadococinésie du protocole MonPaGe [Fougeron 2018]

Figure 9 : Interface de cotation du module Pseudomots du protocole MonPaGe [Fougeron 2016]

cram pant	fevo	quinfant	flaspou	plouniant
troucha	suptu	vabla	baillu	ratri
rougli	nougu	touflant	griti	ninrtin
dibro	yango	zucrou	quebo	gavi
pufriu	scuchu	psoussa	chanjin	bijo
blouillu	fampsi	madin	lupou	tanli
niascu	pimprant	climbou	storquin	brori
chansin	jindou	spucou	glima	prinrmo
gomou	droto	yezant	vefin	zelin
jezant	dorba	nioniou	mera	frina
lina	siaui			

Tableau 6 : Exemple d'une série unique de 52 pseudo-mots puisés dans une base de 90.000 items [Ghio 2016]

Une approche assez différente défendue par [Ghio 2016] a été utilisée dans des projets de recherche nationaux tels que [C2SI] et [Voice4PD]. Il s'agit de construire une très grande base de pseudos-mots aléatoires générés par logiciel selon une structure (C/V/C2/V2), puis de sélectionner pour chaque patient une série unique dans le but de réduire le phénomène d'attraction de familiarité. Dans le cadre de [C2SI], 52 pseudo-mots ont été choisis dans une base de 90.000 pseudo-mots (Exemple Tableau 6). Les sons sont enregistrés puis analysés par des auditeurs qui recodent en langage phonétique ce qu'ils ont perçu. La comparaison entre le logatome perçu et logatome voulu permet d'évaluer le score d'intelligibilité.

Analyse d'une phrase type

Introduction

La répétition de phrase, en plus des logatomes, fait partie intégrante de nombreux corpus, protocoles et programmes de recherche. Une quantité extraordinaire d'indicateurs a été publiée dans la littérature scientifique concernant l'analyse acoustique de la voix et de la parole. A notre connaissance, seul [Kent 2000], dans son monumental chapitre 9 « Mesure acoustique de la qualité de la voix : un répertoire des algorithmes 1902-1990 » s'est attelé à une tâche d'inventaire des indicateurs publiés. Depuis cette date, d'autres indicateurs, de plus en plus sophistiqués sont apparus, parmi lesquels on peut citer l'AVQI [Ben Barsties 2019]. Pour notre part, nous avons proposé 5 indicateurs dans le cadre de l'analyse de la voix dans le contexte spécifique de l'orthophonie clinique [Sicard 2013], puis plus récemment 4 indicateurs pour l'analyse de la diadococinésie [Sicard 2020c].

De l'analyse des phrases, plusieurs paramètres pertinents peuvent être extraits :

- La trajectoire du fondamental F0, dont on déduit le contour prosodique, l'histogramme du fondamental, l'intonation, les accents intonatifs.
- La durée des mots, syllabes, phonèmes, dont on déduit le débit de parole.
- Les pauses entre les mots, les reprises inspiratoires, permettant l'analyse des hésitations, répétitions, omissions, pauses inappropriées.
- Les caractéristiques des voyelles : valeur des formants, aire du triangle vocalique, degré de voisement, bruit parasite, etc.
- Les caractéristiques des consonnes : extrêmes consonantiques, temps d'établissement, degré de constriction et de voisement, etc.

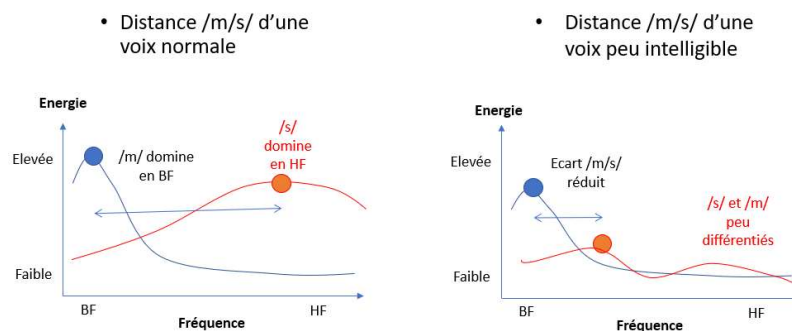


Figure 10 : Analyse des extrêmes consonantiques [Sicard 2017]

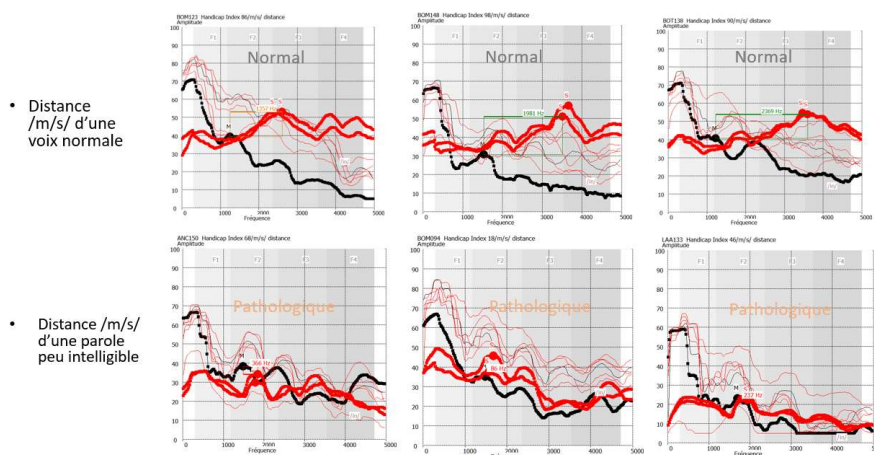


Figure 11 : Illustration des extrêmes consonantiques /m/ (noir) et /s/ (rouge) pour 3 cas de parole normale (en haut) et 3 cas de parole pathologique (en bas) [Sicard 2017]

Dans le cadre du projet [C2SI][Ghio 2017] [Astesano 2018] [Balaguer 2020], quelques phrases extraites de la « Chèvre de Monsieur Seguin » [Daudet 2009] ont été notamment enregistrées, en plus d'un nombre conséquent d'autres épreuves. Nous nous sommes focalisés plus particulièrement sur la 1^{ère} phrase « Monsieur Seguin n'avait jamais eu de bonheur avec ses chèvres » [Sicard 2007]. La segmentation manuelle et l'analyse du spectre moyen ont permis de mettre en évidence une corrélation significative entre l'intelligibilité du patient et la distance entre les extrêmes consonantiques /m-s/, comme illustré figure 10 : le /m/ devrait être constitué principalement d'un voisement à basse fréquence, très pauvre en harmonique, sans constriction, le /s/ devrait avoir un contenu basse fréquence négligeable, mais une énergie à très haute fréquence en lien avec la constriction.

Une comparaison entre spectre moyen de /m-s/ pour 3 témoins (forme en X horizontal) et 3 patients dont l'intelligibilité est faible (/m-s/ peu différenciés) est reporté Figure 11. L'espace vocalique est aussi une métrique qui a donné lieu à de très nombreuses études (Figure 12), dont nous avons extrait une synthèse dans [Sicard 2020b].

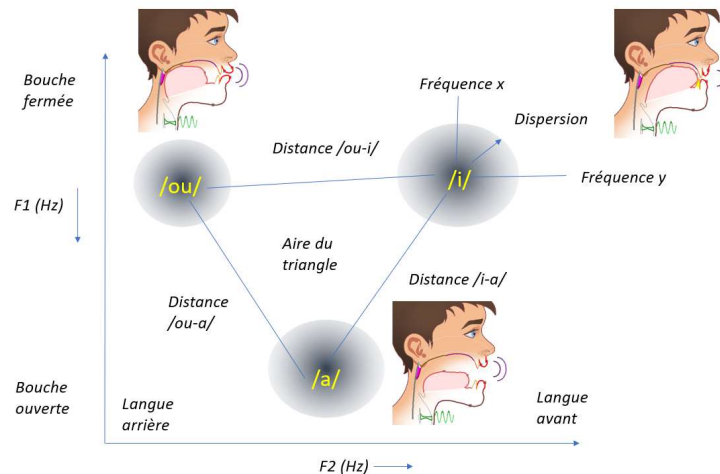


Figure 12 : Principe de l'extraction de l'aire vocalique [Sicard 2020b]

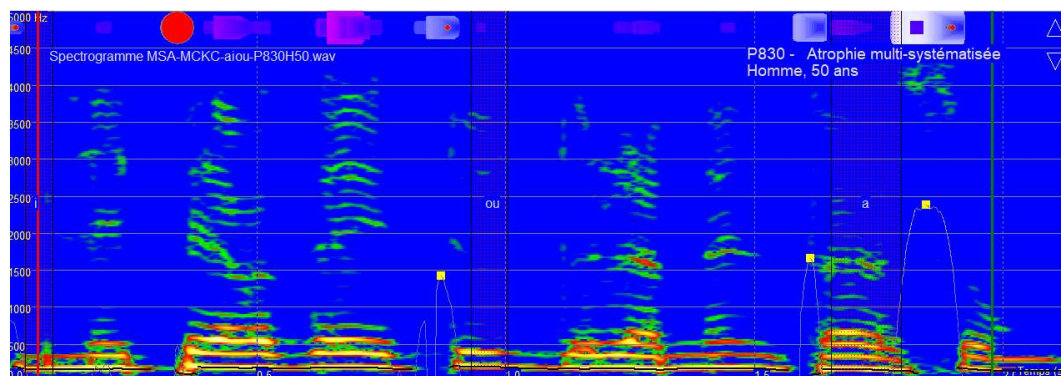


Figure 13 : Segmentation du /i,ou,a/ de « Il les perdait toutes de la même façon », position des 3 voyelles dans le spectrogramme, pour un homme atteint d'atrophie multi-systématisée [Voice4PD]. En haut du spectrogramme apparaissent l'explosion (rond rouge), la constriction (blanc) et la richesse harmonique (rouge).

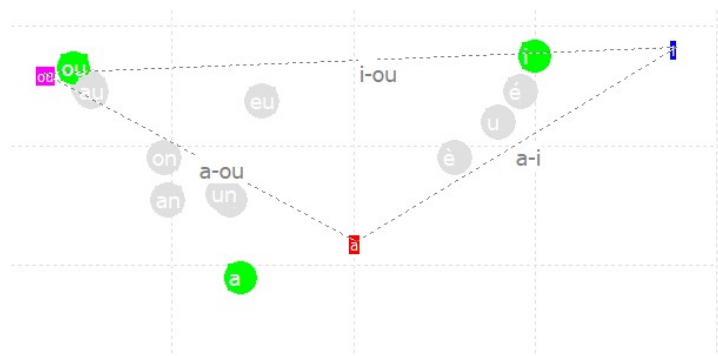


Figure 14 : Triangle vocalique extrait d'un patient AMS montrant une déformation du /a/ et /i/ par rapport aux cibles correspondant au genre et à l'âge [Voice4PD]

Par exemple, la phrase suivante « Il les perdait toutes de la même façon » [Daudet 2009] intègre les extrêmes du triangle vocalique /a,i,ou/ avec une grande facilité de segmentation : /i/ en position initiale, /ou/ entre deux plosives et /a/ entre deux fricatives (Spectrogramme de la figure 13). Cette phrase a notamment été ciblée dans le cadre du projet [Voice4PD][Das 2019] pour comparer les espaces vocaliques [Sicard 2020b] entre témoins et patients atteints de syndromes Parkinsoniens. On peut noter une déformation du triangle vocalique par rapport aux valeurs standard (/i/ et /a/) dans la figure 14 pour ce cas d'Atrophie Multi-systématisée, déformation assez récurrente dans ce type de syndrome.

Phrase recommandée en clinique orthophonique

Dans le cadre du bilan de la parole en clinique orthophonique, nous avons défendu la proposition d'enregistrer et analyser une seule phrase courte « *Bonjour Monsieur Tralipau* » [Sicard 2019]. Les arguments en faveur de cette phrase sont discutés dans [Sicard 2019b], en combinant différents critères objectifs tels que l'occurrence des phonèmes, la faible redondance, la simplicité, le respect de la phonotactique, la couverture vocalique, consonantique, ainsi que les processus de parole et la richesse du contour intonatif (Figure 15).

Le mot */Bonjour/* est écologique, inclut un accent intonatif sur le */ou/* et inclut la nasale */on/*. Le mot */Monsieur/* inclut les extrêmes de la banane vocalique (*/m/* et */s/*) [Sicard 2017], et le mot */Tralipau/*, traité comme un logatome, permet de parcourir les extrêmes du triangle vocalique et d'augmenter la couverture des différents processus de parole. La phrase reste de complexité raisonnable, et sa structure permet une segmentation assez aisée, en vue d'identifier différentes imprécisions ou erreurs d'articulation.



Figure 15 : Analyse de la qualité de la phrase dans le contexte de la clinique orthophonique [Sicard 2019b]

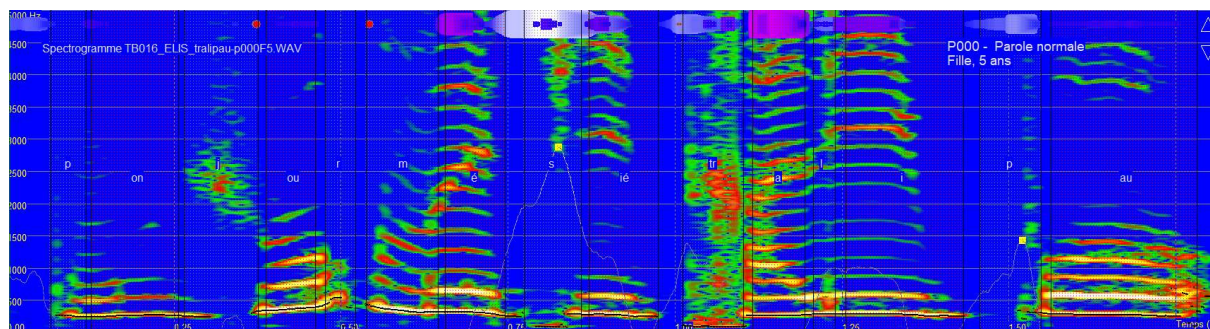


Figure 16 : Spectrogramme de la phrase « *Bonjour Monsieur Tralipau* » prononcé par une fille de 5 ans (Cas TB016)

Un exemple de production de phrase par un enfant de 5 ans est donné à la figure 16. La structure harmonique est représentée par des traits horizontaux. La richesse harmonique est particulièrement marquée sur le */é/* et le */a/*. La constriction apparaît sous forme de traces aléatoires dans le */j/* et le */s/*. Enfin, la déstructuration est assez marquée ici avec le cluster */tr/*. La segmentation correspond non pas à la liste de phonèmes cible, mais aux phonèmes perçus par le clinicien, avec au besoin ré-écoute sélective de portions de consonnes/voyelles/consonnes (CVC) ou VCV du signal. On peut noter ici un */p/* au lieu du */b/* initial, */é/* au lieu de */eu/* puis */ié/* au lieu de */ieu/*.

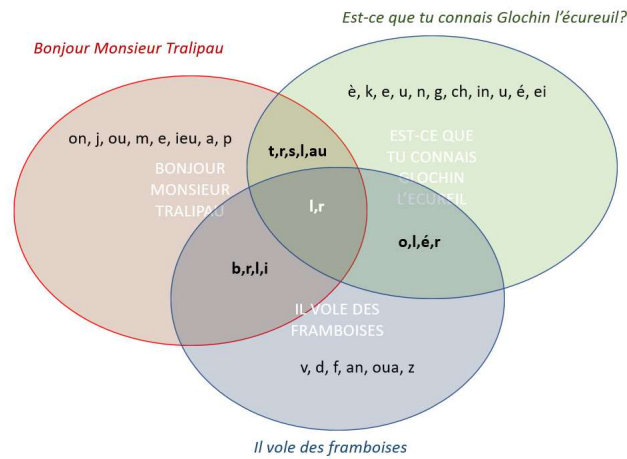


Figure 17 : Phrases complémentaires analysées dans le cadre des mémoires d'orthophonie de [Bardelang 2020][Grenier 2020]

Nous nous différencions donc d'approches exhaustives, en tentant de donner à l'orthophoniste clinicienne un maximum d'indices permettant d'orienter les axes thérapeutiques, sans toutefois être aussi précis que l'analyse d'un nombre important de logatomes telle que présentée au chapitre précédent. L'analyse de phrases complémentaires [Bardelang 2020][Grenier 2020] telles que « Est-ce que tu connais Glochin l'écureuil ? » ou « Il vole des Framboises (Figure 17) ou de logatomes spécifiques peut s'avérer nécessaire pour confirmer l'altération de certains processus et donc de préciser les contours d'une rééducation ciblée et efficace.

Evaluation du score d'articulation

Nous considérons dans « *Bonjour Monsieur Tralipau* » 15 phonèmes. Chaque phonème compte 2 points, soit un total de 30. Une prononciation parfaite donne un score de 30/30. Pour chaque phonème se pose la question de la bonne réalisation de la production sonore.

Analyse perceptive

L'orthophoniste procède à une analyse acoustique perceptive ciblée, en passant en revue chaque phonème afin de déterminer si le phonème a été correctement prononcé ou non. Différents indicateurs fréquentiels et temporels aident à placer les frontières des segments, mais surtout renseigner le phonème perçu. Dans la figure 18 ci-dessous, ni le spectrogramme, ni l'allure temporelle, ni l'écoute n'ont permis d'identifier la vibration laryngée préalable à l'explosion : il s'agit donc d'un /p/ et non d'un /b/. A noter que la précision des frontières n'a pas d'impact sur le score d'articulation, seul le codage du phonème compte. Cependant, une segmentation précise permettra d'évaluer le temps d'établissement de la voyelle (*Voice-Onset-Time*) en vue de le comparer à des valeurs de référence.

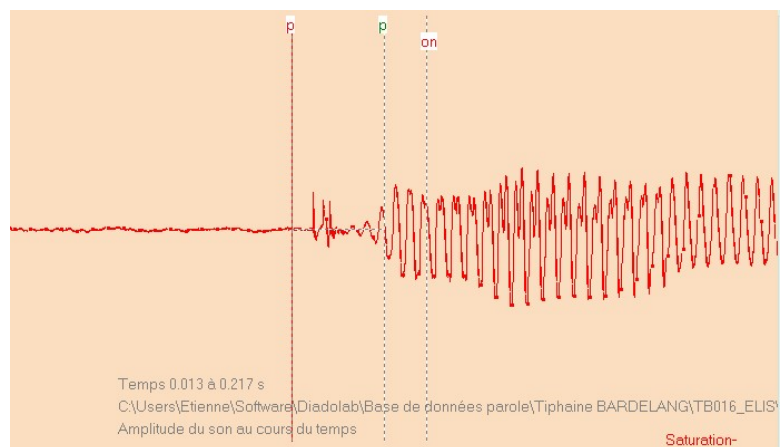


Figure 18 : Allure temporelle du /b/ de /bonjour/, perçu comme /p/ (TB016)

Segmentation attendue /b/on/j/ou/r/m/eu/s/ieu/tr/a/l/i/p/au						
Segment N°	Début (s)	Fin (s)	Phonèmes	3 Altérations	Coefficient	Répétition
1	0.0632	0.1206	p	désonorisation t	-1	
2	0.1240	0.2591	on			
3	0.2626	0.3776	j			
4	0.3858	0.4635	ou			
5	0.4745	0.5232	r			
6	0.5353	0.6477	m			
7	0.6540	0.7472	é	imprécis. eu>é	-1	
8	0.7716	0.8618	s			
9	0.8693	0.9768	ié	imprécis. ieu	-1	
10	1.0098	1.1047	tr			
11	1.1135	1.1961	a			
12	1.2043	1.2415	l			

Figure 19 : Evaluation des erreurs du cas TB016

En comparant la segmentation de référence /b on j ou r m eu s ieu tr a l i p au/ et la segmentation de l'orthophoniste : /p on j ou r m é s ié tr a l i p au/, nous relevons 3 erreurs :

- Une désonorisation du /b/ qui est perçu comme /p/,
- Une imprécision /é/eu/ qui ne peut être mis sur le compte de la régionalisation,
- Une imprécision /ié/ieu/.

Le coefficient est de -1 pour chaque erreur. Ce coefficient peut aller jusqu'à -2 pour une omission ou une substitution où deux traits sont concernés. Au total, le score est de 27/30, ce qui est supérieur à la norme selon l'âge (24/30). Donc le score d'articulation correspond ici à une parole normale pour l'âge.

Cotation automatisée

Le module « Phonologie » du logiciel DIADOLAB [Diadolib 2019] dispose d'une fonction « Evaluer les confusions » qui tente de reproduire les cotations que ferait l'orthophoniste face aux situations de non concordance entre la segmentation cible et l'analyse perceptive. Les détails de la cotation sont donnés au Tableau 6.

Type d'altérations	Symbole spécifique	Cotation	Exemples
Omission/suppression		-2	Onjour Tralip Alipau
- Voyelle			
- Consonne			
- Cluster			
Phonème difficile à identifier ou imprécis	?	-1	Phonème imprécis, à peine ébauché, confus
Phonème impossible à identifier	??	-2	Phonème incompréhensible, coup de glotte, bruits étrange
Substitution 2 traits		-2	Bonsour Kalipau
- Consonnes			
- Voyelles			
- Clusters			
- Diphtongues			
Substitution 1 trait		-2	Tralipi i/au glochu u/in
- voyelles éloignées			
Ajout de phonèmes	+	-2	Golochin Tralkipau
- Voyelles (hors régionalisation)			
- Consonnes			
- Syllabe			
Substitution 1 trait		-1	Bojour Bonchour tralimon Bojour Bonjonr
- Oralisation			
- Assourdissement			
- Nasalisation			
- Assimilation			
Imprécision	?	-1	
- Voyelles			
- Consonnes			
- Sigmatisme			
- Schlintement			
- Diphtongue			
Inversion		-1	Tarlipau, Trapilau
Répétition	2	0	(Sanctionné dans la fluence)
- Phonèmes			
- Syllabes			
- Mots			
Régionalisation		0	é/è, o/au, eu/e, in/un, ajout d'un e final
Pauses inappropriées			(Sanctionné dans la fluence)

Tableau 6 : Cotation des différentes altérations de l'articulation

Score cible

Le score cible de la phrase « *Bonjour Monsieur Tralipau* » est évalué en considérant le tableau d'acquisition des phonèmes selon l'âge, tel que décrit au chapitre « Acquisition des Phonèmes ». Par tranches de 6 mois, le score normal évolue rapidement, atteignant 50 % du total vers 3 ans et 80 % vers 5 ans. Nous pouvons donc définir le score d'articulation cible, en dessous duquel la performance sera jugée « limite », ainsi que le seuil où le score sera considéré comme « faible » (Figure 20). Cette information doit impérativement être fournie au logiciel d'analyse pour une reconfiguration des scores à chaque changement de patient.

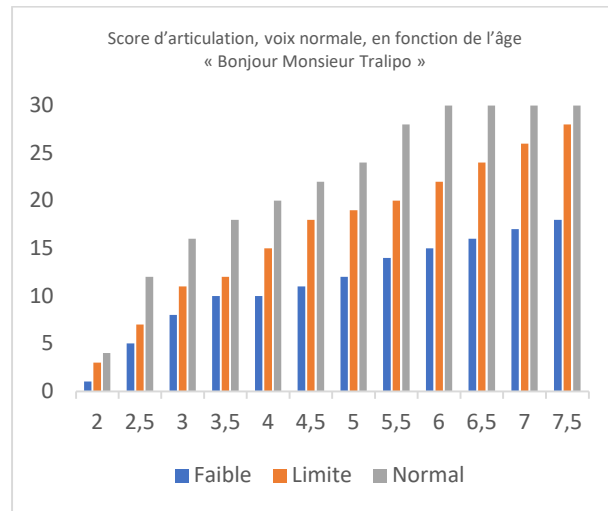


Figure 20 : Score d'articulation cible de la phrase « Bonjour Monsieur Tralipo » en fonction de l'âge

Analyse de la prosodie

Sur la base de l'enregistrement d'une phrase, différents paramètres peuvent être mesurés

- Le débit de syllabes
- L'intonation
- Le fondamental usuel moyen en Hz
- Les pauses inappropriées
- Le contour mélodique
- Les accents intonatifs

Débit de syllabes

Le débit de syllabes est évalué d'après la segmentation de la phrase. Il peut être comparé aux normes de débit d'un texte lu tel qu'étudié au chapitre « Débit de Parole ». Dans le cas de la figure 21 (cas TB016 [Bardelang 2020]), le débit de 4.3 syllabes/sec est au-dessus de la norme, fixée à 3.8 syllabes/sec à 5 ans.

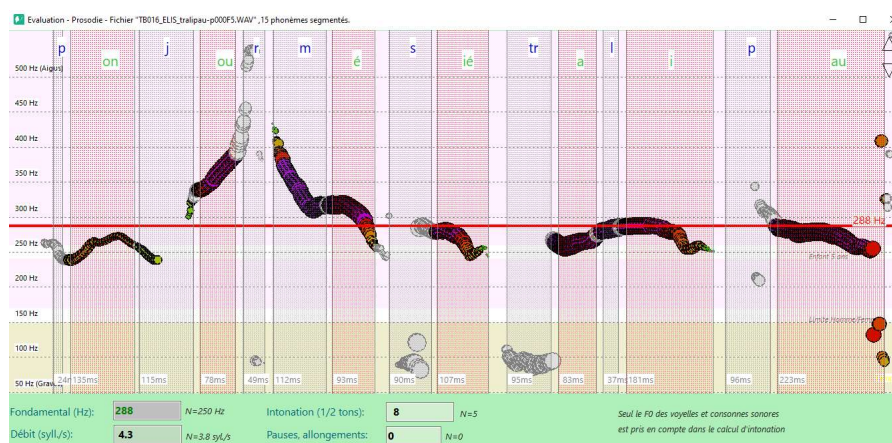


Figure 21 : Débit de syllabes plus élevé que la norme, cas TB016, fille de 5 ans

Intonation

Ce que nous appelons « intonation » est l'amplitude moyenne ce que [DiCristo 2013] ou [Canault 2017] décrivent comme « courbe mélodique ». L'intonation est calculée en ½ tons d'après l'histogramme des valeurs du fondamental instantané F0, qui apparaissent comme une série de ronds dans les figures 21 (courbe mélodique normale) et figure 22 (mélodie monotone).

L'accentuation correspond selon [Canault 2017] à une modification de hauteur, d'intensité ou de durée. Sur la figure 21, on note au niveau du /ou/ principalement :

- Une augmentation très importante de la hauteur, suivi d'une décroissance rapide
- Une augmentation de l'intensité (ronds de diamètre plus grand)
- Cependant, la durée du /ou/ n'est pas significativement allongée ici

La segmentation permet d'éliminer de l'histogramme des valeurs non pertinentes dans les consonnes non voisées (/p,s,ch../) ou des clusters tels que /tr/. Sur la figure précédente, on note un contour intonatif riche, approprié avec notamment une élévation du fondamental sur le /ou/ puis une redescente sur le /m/. Un exemple de d'intonation peu marquée, donnant à la prosodie un aspect monotone, est reporté figure 22, correspondant à un enfant de 4 ans. L'intonation en ½ tons est autour de 4, un peu en dessous de la norme à 5 ½ tons. On ne note aucun accent prosodique significatif.

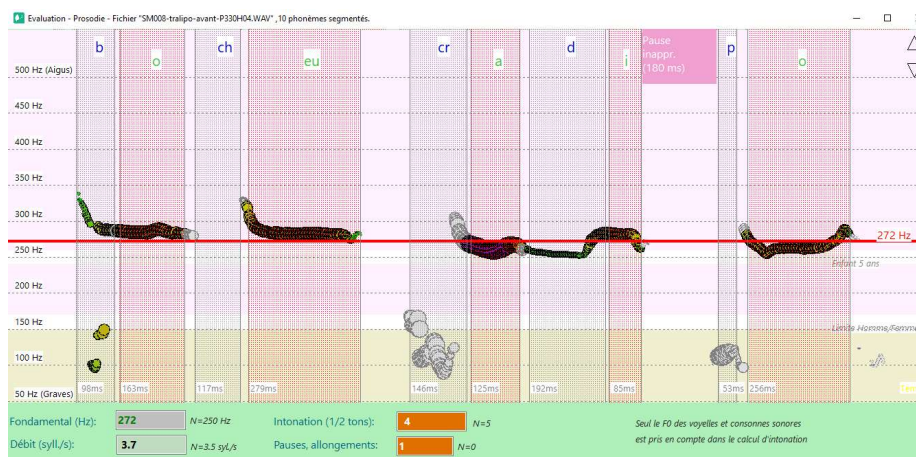


Figure 22 : Intonation monotone, cas SM008, garçon de 4 ans

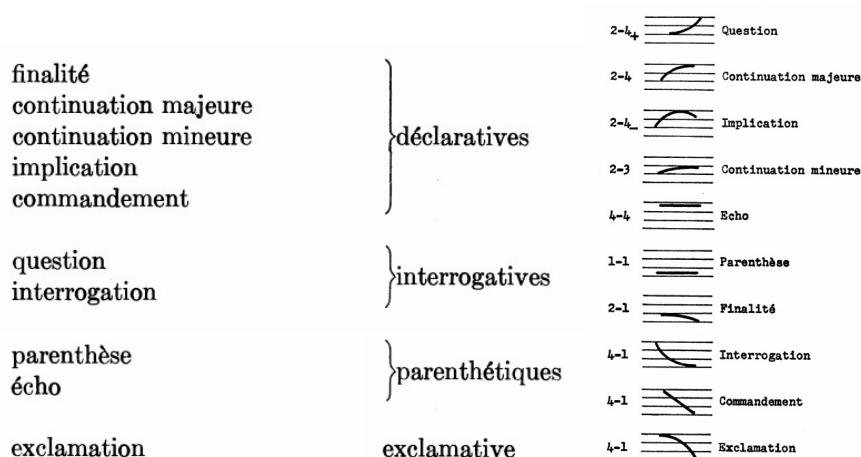


Figure 23 : Les dix intonations françaises les plus fréquentes selon [Delattre 1966]

Différents types d'annotation existent pour caractériser l'intonation. L'une des références les plus citée est [Delattre 1966], qui propose de distinguer 10 intonations différentes (Figure 23). De son côté, [Di Cristo 2013] décrit le système INTSINT (International Transcription system for Intonation) [Hirst 1999] en distinguant les unités intonatives (UI) correspondant à des portions des phrases, comme par exemple « La jeune chanteuse », et les unités tonales (UT) comme ici « La jeune » et « chanteuse ». Différentes lettres codent les trajectoires du fondamental : « H » signifie un maximum local tel que le phonème « ou » de Bonjour (Figure 21), « U » signifie une augmentation de F0, qui peut caractériser une question (Proche de la structure 2-4 de Delattre).

Pauses inappropriées

En parole spontanée, sur la phrase « *Bonjour Monsieur Tralipau* », l'espacement entre les phonèmes est en général inférieur à 100 ms. Le silence souvent observé avant le /tr/ est en général inférieur à 150 ms. Quand l'espacement entre les phonèmes devient significatif, on le considère une pause inappropriée. Les 3 pauses détectées dans la phrase prononcée par un garçon de 12 ans (Figure 24), suivi pour bégaiement, peuvent évoquer un trouble de la fluence.

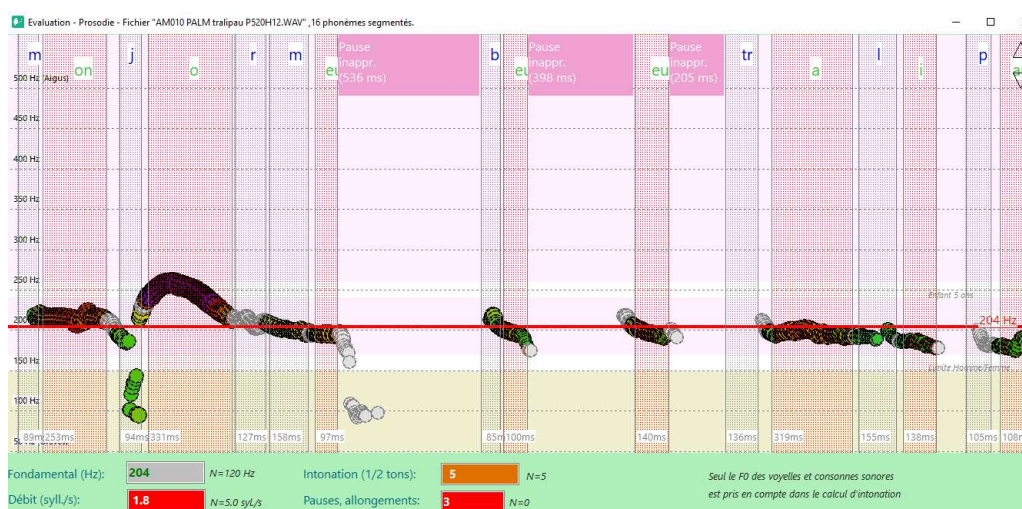


Figure 24 : Trois pauses détectées dans la phrase prononcée par un garçon de 12 ans avec bégaiement sévère (AM010)

Démarche de recherches

Dans le cadre de l'équipe ERU 46 du laboratoire LURCO de la société savante UNADREO, nous avons animé une action de recherche visant à enregistrer un nombre significatif de parole normale, altérée et pathologique, en ciblant principalement les enfants dans la tranche d'âge de 3 à 8 ans. Plusieurs mémoires d'orthophonie ont été co-dirigés sur ce sujet. Nous donnons ci-après quelques éléments sur le travail effectué.

Mémoire de Tiphaine BARDELANG

Le mémoire de Tiphaine Bardelang [Bardelang 2020] a porté sur la caractérisation des processus articulatoires dans le cadre de l'évaluation acoustique de la parole. Le protocole du logiciel DIADOLAB se base en effet sur l'évaluation des processus de parole (occlusion, constriction, nasalisation, voisement) et non du répertoire phonétique, contrairement à l'évaluation pratiquée aujourd'hui en cabinet d'orthophonie. L'objectif était alors de comparer deux approches : une approche exhaustive et une approche ciblée. La question était la suivante : dans le cadre l'évaluation acoustique, analyser la réalisation des processus articulatoires est-il aussi pertinent que de tester l'intégralité du répertoire phonétique tel qu'il est habituellement réalisé ?

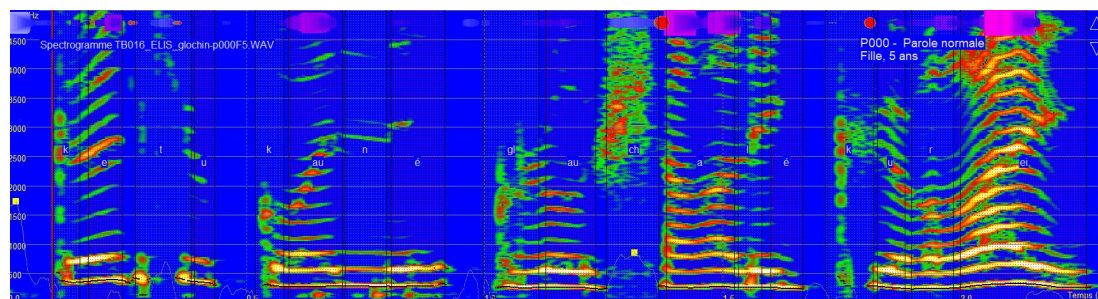


Figure 25 : Segmentation de la phrase « Est-ce que tu connais Glochin l'écureuil ? » cas TB016, fille de 5 ans, parole normale. Score de 36/40, norme à 32/30.

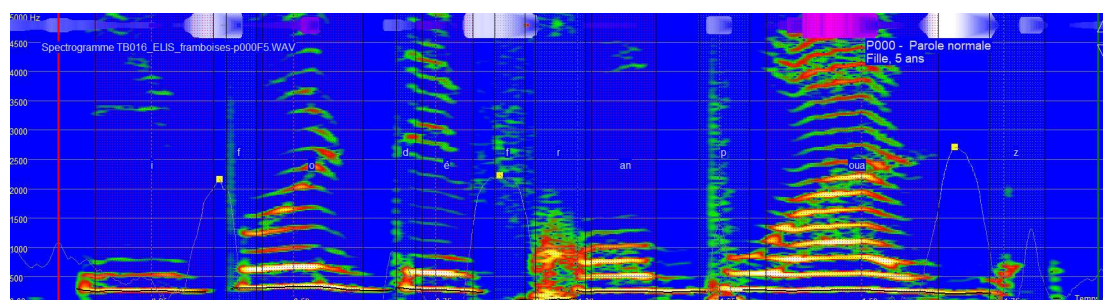


Figure 26 : Segmentation de la phrase « Il vole des framboises » cas TB016, fille de 5 ans, parole normale. Score de 22/26, norme à 21/26.

Afin de répondre à cette question, l'enregistrement d'une centaine d'enfants avec et sans trouble de la parole a été réalisé, « Bonjour Monsieur Tralipau », « Est-ce que tu connais Glochin l'écureuil ? » (Figure 25), « Il vole des framboises » (Figure 26). L'analyse de ces productions a permis de corréler l'évaluation phonologique basée sur une phrase seule ou avec les trois phrases.

Mémoire de Marie LEMAITRE

Le mémoire de Marie Lemaître [Lemaître 2020] a porté sur la voix et la parole des adultes sourds implantés cochléaires. L'objectif était d'élaborer un outil d'évaluation de la voix et de la parole des adultes sourds implantés cochléaires. Les hypothèses étaient que le score total obtenu à l'échelle perceptive est corrélé à l'évaluation acoustique, que l'auto-évaluation du patient et l'évaluation acoustique diffèrent et que les scores de l'évaluation perceptive et de l'auto-évaluation ne sont pas concordants. L'outil d'évaluation se présente sous la forme de deux échelles composées de quatre items chacune (intensité, timbre, intelligibilité, prosodie) : une échelle d'évaluation perceptive à coter par l'orthophoniste et une échelle d'auto-évaluation. À cette évaluation s'est ajouté l'enregistrement d'échantillons de voix et parole (/a/ tenu, « Bonjour Monsieur Tralipau », /pataka/) afin de réaliser une analyse quantitative au moyen du logiciel Diadolab 3. Une dizaine de cas ont été étudiés. Un exemple de phrase « Bonjour Monsieur Tralipau » d'un homme de 70 ans avec déficience auditive et implant cochléaire est donné Figure 27.

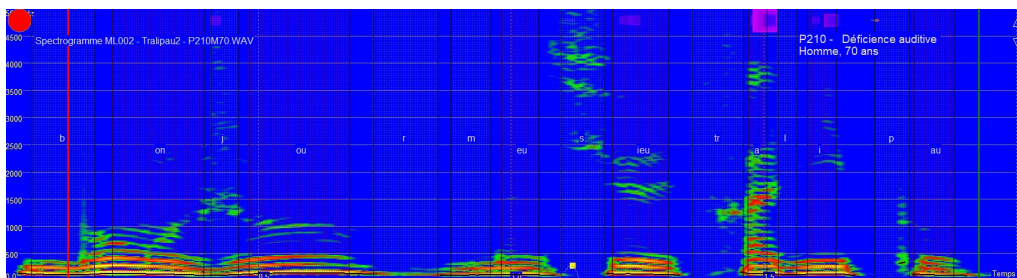


Figure 27 : Segmentation de la phrase « Bonjour Monsieur Tralipau » cas ML002, homme sourd implanté, 70 ans. Score de 30/30. On note une pauvreté harmonique marquée, correspondant à une voix sourde.

Mémoire de Caroline GRENIER

Le mémoire de Caroline Grenier [Grenier 2020] a porté sur la possibilité d'élaborer des hypothèses diagnostiques à partir de Diadolab dans le cadre de trouble du langage oral chez des enfants âgés de 3 à 7 ans. L'objectif était de trouver de possibles marqueurs du trouble du langage oral à partir de scores d'intelligibilité et de fluence obtenus par Diadolab. Ces scores sont basés sur l'enregistrement de trois phrases « *Bonjour Monsieur Tralipau* » « *Connais-tu Glochin l'écureuil ?* » « *Il vole des framboises* » et de la diadococinésie /pataka/. Les hypothèses émises étaient que l'évaluation de l'intelligibilité et la fluence varie peu en fonction de l'orthophoniste, qu'il est possible de trouver une corrélation entre les scores d'intelligibilité et de fluence de Diadolab et les hypothèses diagnostiques émises par l'orthophoniste, et enfin que les trois phrases proposées par Diadolab ont des capacités diagnostiques similaires pour des groupes d'enfants ayant des pathologies de la parole.

L'étude a porté sur une soixantaine de cas, issus de 6 orthophonistes cliniciens différents. La figure 28 donne l'exemple d'un spectrogramme de « *Bonjour Monsieur Tralipau* » avec un score significativement en dessous de la norme, proche de la « bouillie articutoire ».

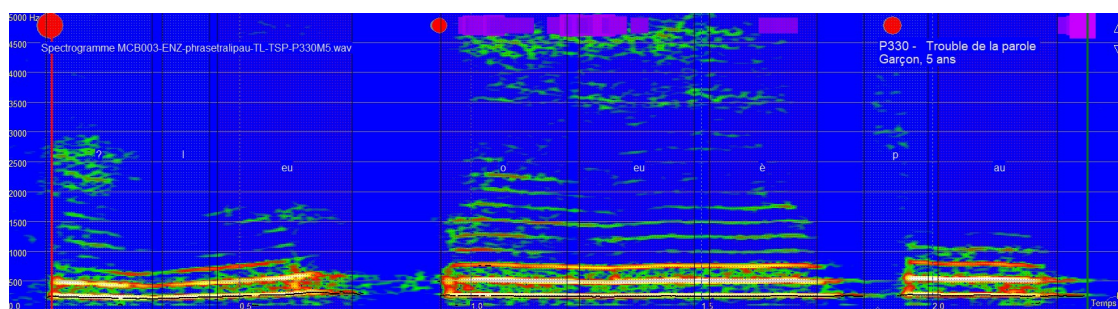


Figure 28 : Segmentation de la phrase « Bonjour Monsieur Tralipau » cas MBC003, garçon de 5 ans avec trouble de la parole, score de 19/30 en dessous de la norme (24/30). Beaucoup de consonnes n'ont pu être identifiées.

Analyses statistiques de la parole de l'enfant

Parole normale

Les différents corpus constitués en lien avec la parole de l'enfant normo-phonique permettent d'extraire des statistiques intéressantes sur les altérations de la parole sur la base de l'analyse comparative entre les phonèmes attendus et les phonèmes perçus sur la phrase /*Bonjour Monsieur Tralipau*/. Nous disposons de 15 à 25 échantillons de parole par tranche d'âge, ce qui donne quelques indications mais ne représente pas une force statistique suffisante pour remettre en question les repères d'acquisition des phonèmes traités précédemment.



Figure 29 : Erreurs constatées sur les phonèmes de la phrase « Bonjour Monsieur Tralipau » par tranche d'âge, enfants normo-phoniques.

tralipau 5 ans Normal, 15 confusions, 16 fichiers

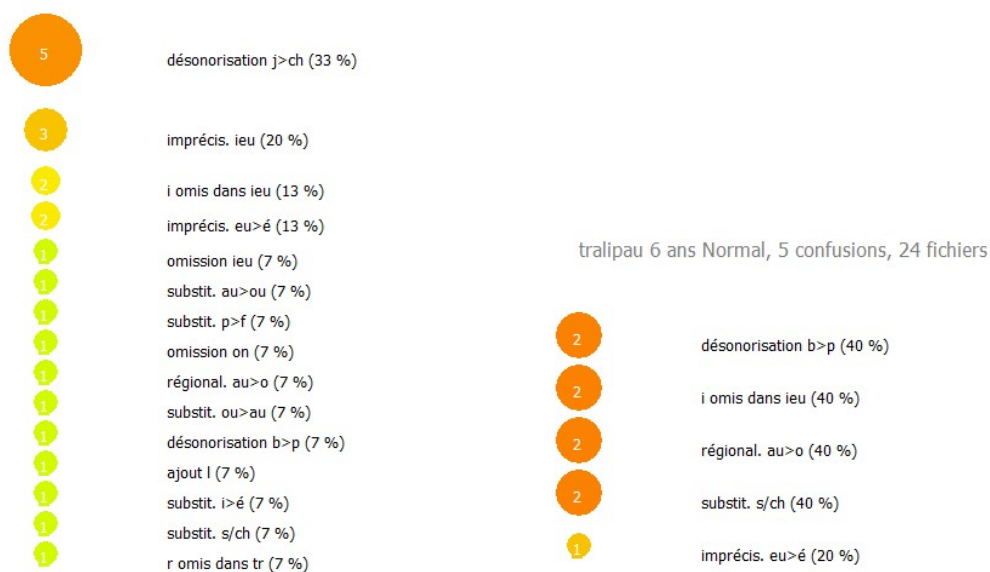


Figure 30 : Types d'erreurs constatées sur les phonèmes de la phrase « Bonjour Monsieur Tralipau » à 5 et 6 ans, enfants normo-phoniques.

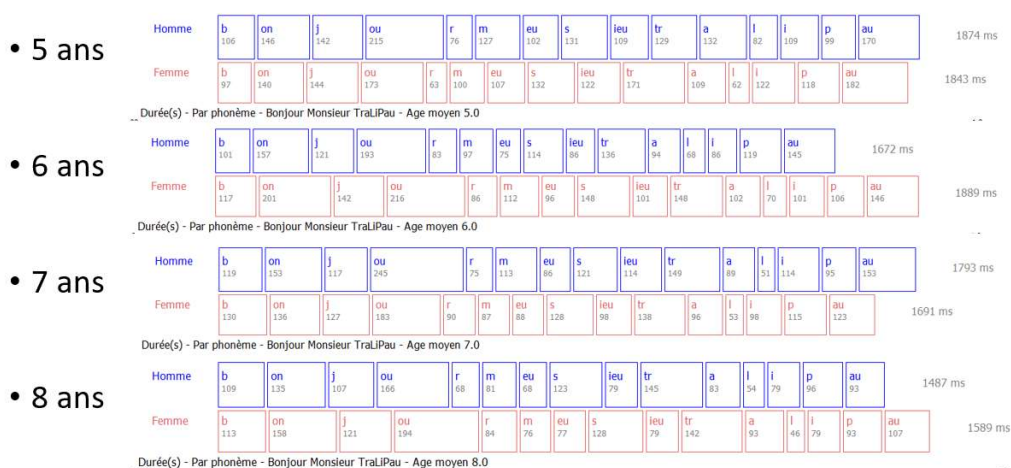


Figure 31 : Durée moyenne des phonèmes de la phrase « Bonjour Monsieur Tralipau » de 5 et 8 ans, enfants normo-phoniques.

Dans la figure 29, on note une coloration significative de la phrase à 5 ans, synonyme d'erreurs fréquentes, dont la liste par ordre de récurrence est donnée figure 30. Parmi les imprécisions les plus courantes, on note la désonorisation /j>ch/, l'imprécision de la diphtongue /ieu/, l'altération du /b/ ou du /p/. Très peu d'erreurs sont constatées à partir de 7 ans.

Concernant la durée des phonèmes (Figure 31), on note une légère tendance à la réduction de la durée moyenne de phonation. On note pour tous âges l'allongement du /ou/ conformément au modèle prosodique fourni qui correspond à l'accentuation de la phrase.

Parole pathologique

Dans le cadre de la parole altérée et pathologique, nous pouvons aussi étudier les phonèmes altérés, et nous constatons un nombre élevé d'imprécisions, de confusions et d'omissions bien au-delà de 5 ans (Figure 32). Le contraste est assez évidant avec la parole normale (Figure 29), où la quasi-totalité des phonèmes était correctement prononcée par la grande majorité des sujets testés dès 6 ans. Le nombre de sujets analysé par tranche d'âge varie entre 6 et 30 enfants. Une exploitation détaillée des statistiques ne sera possible qu'en relevant le nombre de cas pour lesquelles les tranches d'âge sont encore peu représentées.



Figure 32 : Erreurs constatées sur les phonèmes de la phrase « Bonjour Monsieur Tralipau » par tranche d'âge, enfants ayant différents troubles de la parole.

Analyse avant/après prise en charge

Nous donnons ci-après deux exemples d'analyse de phrase avant et après prise en charge orthophonique. Dans la figure 33, le score d'articulation est faible principalement du fait de l'omission du mot /Monsieur/. Les omission et imprécisions sont nombreuses.

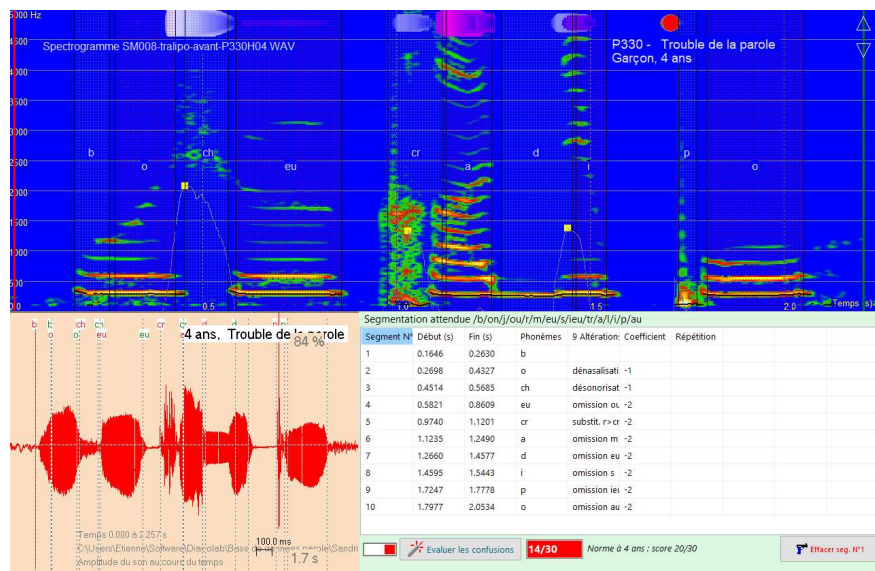


Figure 33 : Phrase « Bonjour Monsieur Talipau » prononcée par un garçon de 4 ans avec troubles de la parole, avant prise en charge (SM008)

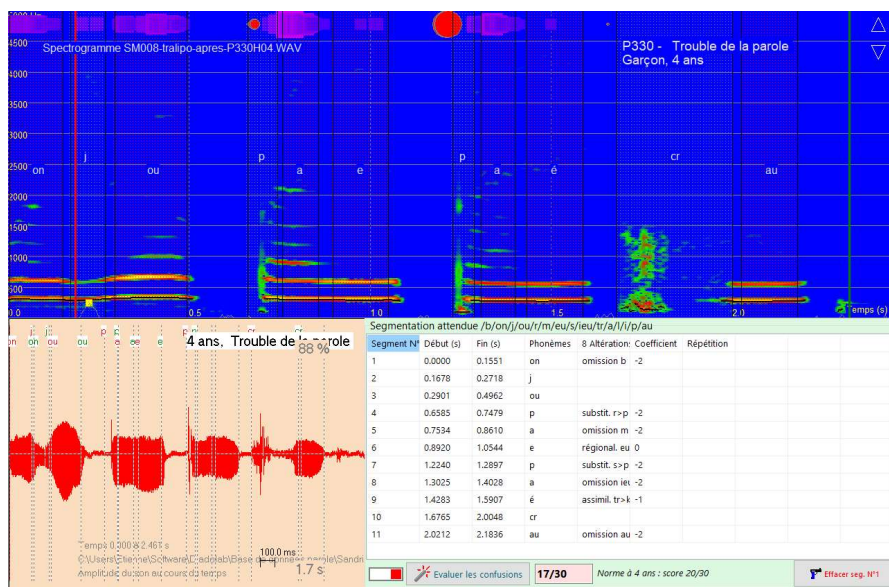


Figure 34 : Phrase « Bonjour Monsieur Talipau » prononcée par un garçon de 4 ans avec troubles de la parole, après prise en charge (SM008)

Après quelques séances, le réenregistrement et la segmentation de la phrase montrent quelques progrès (Figure 34) mais un score toujours faible pour l'âge, avec encore de nombreuses imprécisions et omissions. Des progrès plus notables sont observés pour le cas SM011, où la rééducation a permis de passer d'un score très bas (Figure 35) à un score de 22/30 (Figure 36), qui s'approche de la norme évaluée à 24/30 à 5 ans.

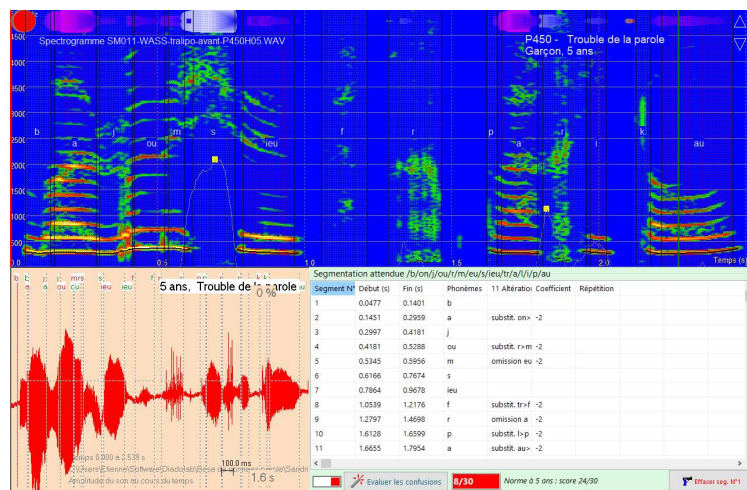


Figure 35 : Phrase « Bonjour Monsieur Tralipau » prononcée par un garçon de 5 ans avec troubles de la parole, avant prise en charge (SM011)

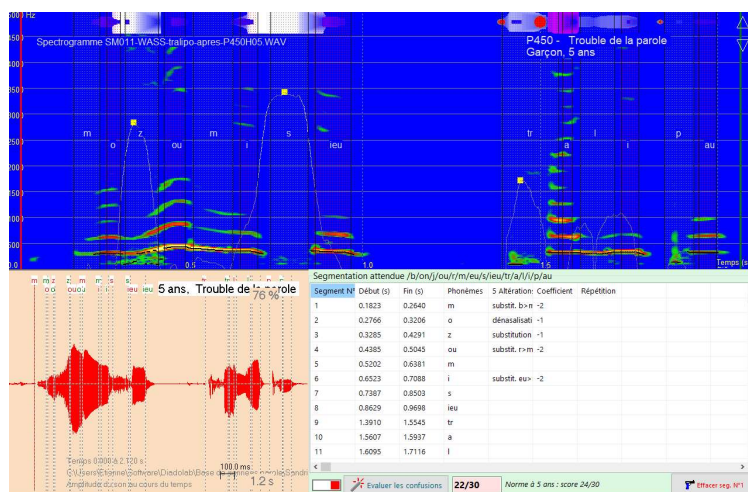


Figure 36 : Phrase « Bonjour Monsieur Tralipau » prononcée par un garçon de 5 ans avec troubles de la parole, après prise en charge (SM011)

Conclusion

Après avoir exposé les tendances issues des méta-analyses et publications scientifiques sur différentes notions en lien avec la parole, nous avons proposé des repères pouvant servir de référence pour l'évaluation de patients atteints de différents troubles de l'articulation et de la parole dont on souhaite, soit évaluer la gravité, soit mesurer les progrès avant/après prise en charge orthophonique.

Nous avons plus particulièrement étudié le débit de parole en fonction de l'âge et des conditions de passation, en citant différents travaux comparatifs entre parole normale et parole pathologique. Nous avons approfondi l'analyse d'une phrase type, en détaillant les principes de calcul des scores cible, avant d'illustrer les notions d'intonation et de pauses inappropriées avec divers exemples, notamment de la parole de jeunes enfants. Sur la base de différents travaux de recherche conduits dans le cadre de mémoires de Master d'orthophonie, nous avons pu donner quelques tendances sur l'acquisition des phonèmes, en comparant les enfants normaux et avec pathologies en lien avec la parole. Enfin, la

réévaluation de la phrase après prise en charge orthophonique a permis d'évaluer les progrès accomplis et identifier les axes thérapeutiques à l'issue du bilan de renouvellement.

Remerciements

Nous tenons à remercier les orthophonistes contributrices à l'ERU 46 du laboratoire LURCO Sandrine Michel, Amélie Armessen et Océane Barbera, les nombreuses orthophonistes qui ont accepté d'enregistrer des témoins et des patients, ainsi que A. Papazian, C. Grenier, T. Bardelang et M. Lemaitre qui ont enregistré et exploité les données de parole dans le cadre de leur mémoire d'orthophonie. Nous remercions aussi V. Woisard et K. Daoudi de nous avoir permis d'analyser de grands corpus dans le cadre des projets ANR C2SI et Voice4PD. 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. 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 MICROWIND et IC-EMC en lien avec les 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

Email : 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

Références

[Astesano 2018] Astésano C. et. al. (2018). Carcinologic Speech Severity Index Project: A Database of Speech Disorder Productions to Assess Quality of Life Related to Speech After Cancer. LREC 2018), May 2018, Miyazaki, Japan. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01770168>

[Baken 2000] Baken, R. J., & Orlikoff, R. F. (2000). Clinical measurement of speech and voice. Cengage Learning.

[Balaguer 2020] Balaguer M., et al. (2020). Functional impact of speech disorders in patients treated for oral or oropharyngeal cancer, assessed by perceptual and automatic measurements. 2020 Motor Speech Conference, Feb 2020, Santa Barbara, United States <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02505380>

[Bardelang 2020], Bardelang T. (2020) L'apport d'une phrase supplémentaire au protocole de DIADOLAB3, Mémoire d'orthophonie de l'Université de Lyon, encadrant A. Menin-Sicard, Juin 2020.

[Ben Barsties 2019] Ben Barsties L. et al. (2019). Diagnostic accuracy of dysphonia classification of DSI and AVQI. The Laryngoscope, 129(3), 692-698.

[Ben-David 2017] Ben-David, B. M., & Icht, M. (2017). Oral-diadochokinetic rates for Hebrew-speaking healthy ageing population: non-word versus real-word repetition. International journal of language & communication disorders, 52(3), 301-310

[Borel 2019] Borel S. (2019). Apport de l'orthophonie pour la mise en évidence de marqueurs d'évolution de l'Ataxie de Friedreich, CCFUO, Nice, Avril 2019.

[Borel-Maisonny 1969] Borel-Maisonny S. (1969). Perception et éducation. La parole et la perception des sons. Neufchâtel, Paris : Delachaux et Niestlé.

[C2SI] C2SI: Carcinologic Speech Severity Index Project ;
<https://www.irit.fr/SAMOVA/site/pagec2si.html>

[Coquet 2004] Coquet, F., & Ferrand, P. (2004). *Troubles du langage oral chez l'enfant et l'adolescent: méthodes et techniques de rééducation*. Ortho édition.

[Coquet 2009] Coquet, F., Ferrand, P., Roustit, J. (2009). Batterie EVALO 2-6. Isbergues (France) : Ortho Editions

[Chevrie Muller 2001] Chevrie Muller C., M.Plaza, "N-EEL NOUVELLES EPREUVES POUR L'EXAMEN DU LANGAGE", 2001, <https://www.ecpa.fr>

[Das 2019] Das B., Daoudi K., Klempir J., Ruzs. J. (2019) Towards disease-specific speech markers for differential diagnosis in Parkinsonism. ICASSP 2019 - IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, May 2019, Brighton, United Kingdom. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02103829>

[Delattre 1966] Delattre, P. (1966). Les dix intonations de base du français. French review, 1-14.

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

[Di Cristo 2013] Di Cristo, A. (2013). La prosodie de la parole. De Boeck Supérieur.

[Fougeron 2016] Fougeron C., et al. Chapitre 14. MonPaGe : un protocole informatisé d'évaluation de la parole pathologique en langue française. Actes du colloque UNADREO «Orthophonie et technologies innovantes », Dec. 2016

[Fougeron 2017] Fougeron, C., et al. (2017). MonPaGe, un protocole informatisé d'évaluation de la parole à destination des cliniciens et des chercheurs francophones. In 7èmes Journées de Phonétique Clinique. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02437340>

[Fougeron 2018] Fougeron C. (2018). The MonPaGe_HA Database for the Documentation of Spoken French Throughout Adulthood, 2018, In Proceedings of the Eleventh International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2018).

[Ghio 2016] Ghio, A. et al. (2016). Quels tests d'intelligibilité pour évaluer les troubles de production de la parole ? JEP 2016, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01372037>

[Grenier 2020] Grenier C. (2020), Etude comparative de tests phonologiques existants et du protocole d'analyse objective de la parole avec Diadolab : intérêt et limites d'un test court et des mesures objectives d'intelligibilité et de fluence. Mémoire de Master d'orthophonie. Co-encadrants S. Michel, E. Sicard, Université de Toulouse.

[Hall 1999] Hall, K. D., Amir, O., & Yairi, E. (1999). A longitudinal investigation of speaking rate in preschool children who stutter. Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 42(6), 1367-1377.

[HAL] <https://hal.archives-ouvertes.fr>

[Hirst 1999] Hirst, D. (1999). The Symbolic Coding of Segmental Duration and Tonal Alignment: an Extension to the INTSINT System. In Sixth European Conference on Speech Communication and Technology.

[Jacewicz 2009] Jacewicz, E., Fox, R. A., O'Neill, C., & Salmons, J. (2009). Articulation rate across dialect, age, and gender. Language variation and change, 21(2), 233-256.

[Jacquier-Roux 2005] Jacquier-Roux M. (2005), "ODÉDYS 2, Outil de DÉpistage des DYSlexies", Laboratoire des Sciences de l'Education UPMF, en ligne <http://circo89-sens2.ac-dijon.fr>

[Keller 2006] Keller, B. Z. (2006). Ageing and speech prosody. Speech Prosody 2006.

[Kent 2000] Kent, R. D., & Ball, M. J. (Eds.). (2000). Voice quality measurement. Singular.

[Lemaitre 2020] Lemaitre M. (2020). Élaboration d'une échelle d'évaluation vocale des adultes implantés cochléaires, CFUO de Tours. Co-encadrants S. Borel, E. Sicard, Juin 2020.

[Pépiot 2013] Pépiot E. (2013) Voix de femmes, voix d'hommes : différences acoustiques, identification du genre par la voix et implications psycholinguistiques chez les locuteurs anglophones et francophones. Linguistique. Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis, 2013. Français. <tel-00821462>

[Pernon 2013] Pernon, M., et al. (2013). Le débit de parole du patient wilsonien dysarthrique peut-il être amélioré en condition de double tâche? Revue neurologique, 169(6-7), 502-509.

- [Praat] Boersma, Paul & Weenink, David (2019). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.1.06, retrieved 8 November 2019 from <http://www.praat.org/>
- [Rektorova 2016] Rektorova, I. (2016). Speech prosody impairment predicts cognitive decline in Parkinson's disease. *Parkinsonism & related disorders*, 29, 90-95.
- [Rusz 2015] Rusz, J., et al. (2015). Speech disorders reflect differing pathophysiology in Parkinson's disease, progressive supranuclear palsy and multiple system atrophy. *Journal of neurology*, 262(4), 992-1001
- [Sander 1972] Sander, E. K. (1972). When are speech sounds learned?. *Journal of speech and hearing disorders*, 37(1), 55-63.
- [Shipley 2015] Shipley, K. G., & McAfee, J. G. (2015). *Assessment in speech-language pathology: A resource manual*. Nelson Education.
- [Sicard 2013] 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, Ortho édition, 2013, pp.23-27. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00836912/>
- [Sicard 2017] Sicard, E., Mauclair, J., & Woisard, V. (2017). Etude de paramètres acoustiques des voix de patients traités pour un cancer ORL dans le cadre du projet C2SI. JPC 2017, Paris, Juin 2017. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01510418/>
- [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, Mai 2019, Mons, Belgique. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02127039>
- [Sicard 2019b] Sicard E., Menin-Sicard A. (2019). Analyse de la qualité des phrases pour un bilan objectif de la parole. [Rapport de recherche] INSA Toulouse. 2019. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02389764>
- [Sicard 2020] Sicard E., Menin-Sicard A. (2020). DIADOLAB: bilan court et objectif de la dysarthrie dans le cadre de la prise en charge orthophonique. Journées Nationales de Neurologie en langue Française, Avril 2020, Lyon, France. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02396136>
- [Sicard 2020b] Sicard E., Menin-Sicard A. (2020) Le triangle vocalique et son application en contexte orthophonique. [Rapport de recherche] INSA Toulouse. 2020, Archives Ouvertes <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02504513>
- [Sicard 2020c] Sicard E., Menin-Sicard A. (2020). La diadococinésie et son application en orthophonie clinique. [Rapport de recherche] INSA Toulouse. 2020. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02512856>
- [Teston 2005] Teston B., Viallet F. (2005). La dysprosodie parkinsonienne. Ozsancak C. Les troubles de la parole et de la déglutition dans la maladie de Parkinson, Solal, pp.161-193, 2005. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00241547>

[Tumanova 2011] Tumanova, V., Zebrowski, P. M., Throneburg, R. N., & Kayikci, M. E. K. (2011). Articulation rate and its relationship to disfluency type, duration, and temperament in preschool children who stutter. *Journal of communication disorders*, 44(1), 116-129.

[Voice4PD] Voice4PD-MSA: Differential diagnosis between Parkinson's disease and Multiple System Atrophy using digital speech analysis <https://www.irit.fr/SAMOVA/site/pagevoice4pd-msa.html>

[Van Brenk 2009] Van Brenk, F., Terband, H., van Lieshout, P., Lowit, A., & Maassen, B. (2009). An analysis of speech rate strategies in ageing. *Interspeech 2009*, 792-795.