Apports des approches d'évaluation perceptive, acoustique et cognitive des locuteurs présentant une apraxie de la parole et/ou une dysarthrie

Michaela Pernon

▶ **To cite this version:**

Michaela Pernon. Apports des approches d'évaluation perceptive, acoustique et cognitive des locuteurs présentant une apraxie de la parole et/ou une dysarthrie. Linguistique. Université de la Sorbonne nouvelle - Paris III, 2022. Français. NNT : 2022PA030088 . tel-04573087

HAL Id: tel-04573087
https://theses.hal.science/tel-04573087

Submitted on 13 May 2024

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.

UNIVERSITE SORBONNE NOUVELLE

Ecole Doctorale 622 : Sciences du Langage

Laboratoire de Phonétique et de Phonologie, CNRS UMR 7018

Thèse de doctorat en Phonétique, Phonologie et Sciences de la Parole

Michaela PERNON

APPORTS DES APPROCHES D'ÉVALUATION PERCEPTIVE, ACOUSTIQUE ET COGNITIVE DES LOCUTEURS PRÉSENTANT UNE APRAXIE DE LA PAROLE ET/OU UNE DYSARTHRIE

Thèse dirigée par

Mme Cécile FOUGERON

Soutenue le 25 novembre 2022

Jury :

David GRABLI, PU-PH, HDR, Institut du Cerveau, HU Pitié-Salpêtrière, Paris, Rapporteur ;

Serge PINTO, DR, HDR, CNRS-LPL, Université Aix-Marseille, Rapporteur ;

Lise CREVIER-BUCHMAN, PH, CRHC, HDR, CNRS-LPP, Université Sorbonne Nouvelle, Paris, Examinatrice ;

Marina LAGANARO, PR, Université de Genève, Examinatrice ;

Vincent MARTEL-SAUVAGEAU, PR Agrégé, Chercheur régulier, Université Laval, Québec, Examinateur ;

Cécile FOUGERON, DR, HDR, CNRS-LPP, Université Sorbonne Nouvelle, Paris, Directrice de thèse.

2022

APPORTS DES APPROCHES D'ÉVALUATION PERCEPTIVE, ACOUSTIQUE ET COGNITIVE DES LOCUTEURS PRÉSENTANT UNE APRAXIE DE LA PAROLE ET/OU UNE DYSARTHRIE.

Michaela PERNON

Apports des approches d'évaluation perceptive, acoustique et cognitive des locuteurs présentant une apraxie de la parole et/ou une dysarthrie.

Résumé

Cette thèse examine les apports d'approches d'évaluation perceptive globale, acoustique et cognitive, pour le diagnostic et la caractérisation de la parole des locuteurs présentant un trouble moteur acquis de la parole (MSD), dysarthrie et/ou apraxie de la parole (AoS).

Pour cela, trois études ont été menées chez quatre groupes de locuteurs: neurotypiques, pathologiques présentant une AoS, ou une dysarthrie hypokinétique dans la maladie de Parkinson, ou une dysarthrie mixte flasque-spastique dans la sclérose latérale amyotrophique. Ces études, partiellement basées sur le corpus MonPaGe-2.0.s, portaient respectivement sur chaque approche: (i) une tâche de classification auditivo-perceptive multijuges des MSDs, (ii) une analyse phonético-acoustique discrète par dimension de parole des locuteurs aux taux de précision les plus bas et les plus élevés en (i), (iii) un paradigme de double tâche évaluant chez des locuteurs neurotypiques les effets d'une demande attentionnelle et exécutive sur des tâches de parole et non verbales.

Cette thèse montre que les approches d'évaluation perceptive globale et acoustique diffèrent peu pour le diagnostic des MSDs, ne permettant pas de diagnostiquer les MSDs très légers. L'approche acoustique permet une caractérisation quantifiée des profils des MSDs en moyenne sur trois dimensions de parole. Les effets de double tâche s'avèrent prometteurs pour une application clinique. Ces trois études objectivent des différences selon les tâches de parole. Leur demande cognitivo-motrice, dont l'examen permettrait d'affiner le diagnostic différentiel des MSDs et leur caractérisation, constitue l'approche cognitive de l'évaluation de la parole à part entière.

Mots clés** : **évaluation, diagnostic, dysarthrie, apraxie de la parole, acoustique, perceptif, cognitif, tâche de parole, double tâche.

Contributions of perceptual, acoustic and cognitive assessment approaches to speakers with apraxia of speech and/or dysarthria

Abstract

This thesis examines the contribution of perceptual, acoustic and cognitive assessment approaches to the diagnosis and characterization of speech in speakers with acquired motor speech disorder (MSD), dysarthria and/or apraxia of speech (AoS).

For this purpose, three studies were conducted in four groups of speakers: neurotypical, pathological with AoS, or hypokinetic dysarthria in Parkinson's disease, or mixed flaccid-spastic dysarthria in amyotrophic lateral sclerosis. These studies, partially based on the MonPaGe-2.0.s corpus, focused respectively on each approach: (i) a multi-judge auditory-perceptual classification task of MSDs, (ii) a discrete phonetic-acoustic analysis by speech dimension of the speakers with the lowest and highest accuracy rates in (i), (iii) a dual-task paradigm assessing in neurotypical speakers the effects of an attentional and executive demand on speech and non-verbal tasks.

This thesis shows that the global perceptual and acoustic assessment approaches differ little for the diagnosis of MSDs, not allowing the diagnosis of very mild MSDs. The acoustic approach allows a quantified characterization of MSD profiles averaged over three speech dimensions. The dual-task effects show promise for clinical application. These three studies show differences across speech tasks. Their cognitive-motor demand, which could be examined to refine the differential diagnosis of MSDs and their characterization, constitutes the cognitive approach to speech assessment in its own right.

Keywords: assessment, diagnosis, dysarthria, apraxia of speech, acoustic, perceptual, cognitive, speech task, dual task.

Aux Julia et aux Igor

À mes patient.e.s

En souvenir de Catherine Cousin, qui m'a ouvert la voie aux troubles moteurs acquis de la parole.

« We shall not cease from exploration

And the end of all our exploring

Will be to arrive where we started

And know the place for the first time. »

T.S. Eliot, *Little Gidding, Four Quartets*, 1942.

«Tienes mucho que hacer, de modo que deja de compadecerte, toma agua y empieza a escribir»»

Isabel Allende, *La casa de los espíritus,* 1982.

« … je regardais la mer qui, à cette heure, se soulevait à peine d'un mouvement épuisé et je rassasiais les deux soifs qu'on ne peut tromper longtemps sans que l'être se dessèche, je veux dire aimer et admirer. »

Albert Camus, *L'Eté*, « Retour à Tipasa », 1954.

Remerciements

Je remercie tout d'abord vivement Cécile FOUGERON, pour la direction de mon travail. Cécile, je te suis reconnaissante de tes enseignements, de ta confiance et de ton soutien, de ta générosité et de ton dynamisme communicatif au cours de ce chemin (montagneux) du doctorat. Merci de m'avoir initiée aux principes de la recherche en Phonétique, de m'avoir poussée jusqu'au bout à améliorer mon travail.

Mes remerciements s'adressent aussi très sincèrement à Marina LAGANARO et à Frédéric ASSAL de m'avoir donné l'opportunité au cours de ces années de doctorat de travailler respectivement au sein du Laboratoire de Psycholinguistique et du Département des Neurosciences cliniques de l'Université de Genève. Cette expérience enrichissante fut l'occasion de découvrir d'autres disciplines et laboratoires de recherche. Je remercie également Marina LAGANARO pour le suivi et l'attention portés à ma thèse, son accompagnement vers davantage de rigueur et de synthèse ainsi que pour sa confiance.

J'exprime toute ma gratitude à l'ensemble des membres de mon jury de soutenance de thèse : David GRABLI, Serge PINTO, Lise CREVIER-BUCHMAN, Marina LAGANARO et Vincent MARTEL-SAUVAGEAU, qui ont accepté de donner de leur temps pour lire et évaluer ce travail.

Je tiens aussi à remercier mes collègues de l'Hôpital Fondation A. de Rothschild et mes ex-collègues de l'Hôpital Lariboisière, avec lesquel.le.es, les échanges cliniques stimulants, pluridisciplinaires et sympathiques, sont venus nourrir mes réflexions. Je remercie particulièrement le Dr France Woimant et le Dr Aurélia Poujois du CRMR Wilson de m'avoir encouragée dans la réalisation et la finalisation de cette thèse. Je les remercie également de soutenir plus largement les dynamiques de recherche non médicale/paramédicale.

Mes remerciements vont également à mes compagne.on.s de route doctorale : Maryll, Nathalie L., Daria, Angelina, Alexis, Grégoire, Eric, Giulia, et aux membres des projets MonPaGe et MoSpeeDi avec qui j'ai eu plaisir à collaborer et apprendre sur les troubles moteurs acquis de la parole. Dans ce cadre, merci aux locuteurs qui ont prêté leur parole et aux étudiants qui ont participé aux études de cette thèse.

Je remercie aussi les membres du Laboratoire de Phonétique et de Phonologie de l'Université Sorbonne Nouvelle, du DUEFO de Sorbonne Université, de Neuroformations et de l'Association Parole Bégaiement (APB), pour votre accueil, toujours chaleureux, nos échanges, vos conseils et encouragements.

Merci à Elisabeth C. et à Anne C. également.

Un grand merci à mes ami.e.s pour leur présence, leur écoute, leur joie, qui n'ont eu de cesse de croire en moi tout au long de ces années de doctorat, malgré, souvent, la distance géographique : Anne M., Camille L., Francis, Gilles, qui m'ont aussi aidée dans mes relectures, Mitsou & Aurel, David S., Elodie J., Mekyu, Laeti, Camille F., Laurent, Isa P., Marion Ba., Sophie L., K2, Sonia, Julie S., Jenny S., Hélène, Nathalie R., Christine, Yohan, les « copines d'ortho » et toutes celles et ceux qui ne sont pas cités ici.

Mes remerciements sont aussi destinés à mes parents pour m'avoir transmis, à travers les arts, le goût de créer des liens là où ils n'apparaissent pas de prime abord, à Galouche et à Alex, et plus largement aux membres de ma famille proche ou plus lointaine, notamment à Julia H.

Sommaire

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION GÉNÉRALE 1

1.1. APRAXIES DE LA PAROLE ET DYSARTHRIES, TROUBLES MOTEURS ACQUIS DE LA PAROLE : QUELS SIGNES POUR LEUR CARACTERISATION ET LEUR DIAGNOSTIC ? 1

1.1.1. Définitions des troubles moteurs acquis de la parole 1

1.1.2. Modélisation des niveaux de production motrice de la parole atteints dans les MSDs (Van der Merwe, 1997, 2021) 3

1.1.3. Sémiologie pour le diagnostic et la caractérisation des apraxies de la parole 6

1.1.4. Sémiologie pour le diagnostic et la caractérisation des dysarthries 13

1.2. EVALUATION CLINIQUE DE LA PAROLE DES LOCUTEURS PRESENTANT UN TROUBLE MOTEUR ACQUIS DE LA PAROLE : QUELLES APPROCHES ET QUELS OUTILS ? 24

1.2.1. Objectifs et composantes de l'évaluation de la parole des locuteurs avec un MSD 24

1.2.2. Approche auditivo-perceptive globale d'évaluation de la parole des locuteurs avec un MSD 25

1.2.3. Approche phonético-acoustique discrète par dimension de parole des locuteurs avec un MSD 29

1.2.4. Approche cognitive exploratoire de la demande attentionnelle et exécutive de parole en condition de double tâche 32

1.2.5. Tâches de parole pour l'évaluation des locuteurs avec un MSD 44

1.3. OBJECTIFS DE LA THESE 48

CHAPITRE 2 : CLASSIFICATION AUDITIVO-PERCEPTIVE DES TROUBLES MOTEURS ACQUIS DE LA PAROLE : RÔLE DE LA SÉVÉRITÉ, DE LA TÂCHE DE PAROLE ET DE L'EXPERTISE DE L'AUDITEUR 51

CHAPITRE 3 : APPROCHE PHONETICO-ACOUSTIQUE DISCRÈTE PAR DIMENSION DE PAROLE DANS L'ÉVALUATION DES MSDS 73

- ANALYSES ACOUSTIQUES ET PERCEPTIVES DE LA PAROLE DES LOCUTEURS CORRECTEMENT ET INCORRECTEMENT CLASSES DE L'EXPERIENCE DE CLASSIFICATION PERCEPTIVE, ISSUES DE MONPAGE-2.0.S - 73

3.1. INTRODUCTION 73

3.2. METHODE 78

3.2.1. Locuteurs 78

3.2.2. Données et mesures 80

3.2.3. Procédures d'analyse 92

3.3. RESULTATS 92

3.3.1. Comparaison globale des groupes TPB et TPE à partir des données démographique, médicales, cognitive, parole/voix 93

3.3.2. Analyse des profils MonPaGe en fonction du type de MSD 96

3.4. DISCUSSION 113

3.4.1. Différences de degré de sévérité du MSD entre locuteurs TPB et TPE 113

3.4.2. Profils MonPaGe-2.0.s des locuteurs des groupes TPB et TPE par type de MSD 113

3.4.3. Diagnostic des locuteurs pathologiques du groupe TPB avec MonPaGe-2.0.s 117

3.5. CONCLUSION 119

CHAPITRE 4 : APPROCHE COGNITIVE DE L'EVALUATION DE LA PAROLE 121

- ETUDE EXPLORATOIRE DE L'EFFET BIDIRECTIONNEL DE DOUBLE TACHE CHEZ DES LOCUTEURS NEUROTYPIQUES EN FONCTION DE LA NATURE ET DES PROPRIETES DES TACHES DE PAROLE ET NON VERBALES - 121

4.1. INTRODUCTION 121

4.1.1. Données préliminaires sur l'effet de double tâche sur la gestion temporelle de la parole 122

4.1.2. Problématique et objectifs 125

4.2. METHODE 127

4.2.1. Sujets 127

4.2.2. Procédure expérimentale 127

4.2.3. Tâches 129

4.2.4. Déroulement des passations 136

4.2.5. Matériel *137*
4.2.6. Prétraitement des données *137*
4.2.7. Mesures *141*
4.2.8. Analyses statistiques *141*
4.3. RESULTATS 143
4.3.1. Expérience 1 ..... *143*
4.3.2. Expérience 2 ..... *146*
4.4. DISCUSSION ET CONCLUSION 148

CHAPITRE 5 : DISCUSSION GENERALE 151

5.1. RESUME DES PRINCIPAUX RESULTATS 151
5.2. IMPLICATIONS THEORIQUES 154
5.2.1. Complémentarité des approches d'évaluation de la parole pour le diagnostic et la caractérisation des MSDs *154*
5.2.2. Contributions de l'évaluation de la demande attentionnelle et exécutive chez les locuteurs présentant un MSD *156*
5.2.3. Spécification des propriétés des tâches de parole : prise en compte de la demande cognitivo-motrice *161*
5. 3. IMPLICATIONS CLINIQUES ET DIDACTIQUES 163
5.3.1. Structuration de l'évaluation de la parole selon les approches et les propriétés des tâches de parole *163*
5.3.2. Raisonnement clinique guidé pour le diagnostic différentiel de MSDs *166*
5.3.3. Entraînement perceptif à l'écoute de la parole pathologique et neurotypique : *169*
5.3.4. Propositions pour des développements ultérieurs de MonPaGe-2.0.s : *171*

CHAPITRE 6 : CONCLUSION 175

BIBLIOGRAPHIE 178

ANNEXES 210

Table des Figures

FIGURE 1 : SCHEMA SIMPLIFIE DES SOUS-TYPES DE DYSARTHRIES (DARLEY, 1969A, 1969B, 1975 ; DUFFY, 2005) EN RAPPORT AVEC LEUR SYSTEME NEUROPHYSIOLOGIQUE ATTEINT. 3
FIGURE 2 : MODELISATION DE LA PRODUCTION MOTRICE DE LA PAROLE ET DES NIVEAUX D'ATTEINTE DES TROUBLES MOTEURS DE LA PAROLE, ADAPTEE SELON LE FL MODEL DE VAN DER MERWE (1997, 2021) PAR PERNON (2022). 4
FIGURE 3 : ILLUSTRATION DE LA CONSIGNE DU MODULE « INTELLIGIBILITE » DE MONPAGE. 84
FIGURE 4 : MODULATION DE L'INTENSITE VOCALE DANS LE MODULE « PNEUMO-PHONATOIRE » DE MONPAGE-2.0.S. 86
FIGURE 5 : PROFILS DES SCORES DE DEVIANCE DES RAPPORTS MONPAGE-2.0.S DES LOCUTEURS DES GROUPES TPE ET TPB AVEC HD LEGERE-MODEREE 101
FIGURE 6 : SOUS-SCORES DE DEVIANCE DU SCORE « COMPOSITE VOIX » DU RAPPORT MONPAGE-2.0.S DES LOCUTEURS AVEC HD LEGERE-MODEREE DES GROUPES TPB ET TPE. 102
FIGURE 7 : PROFILS DES SCORES DE DEVIANCE DES RAPPORTS MONPAGE-2.0.S DES LOCUTEURS AVEC AOS LEGERE-MODEREE DES GROUPES TPE ET TPB. 105
FIGURE 8 : SOUS-SCORES DE DEVIANCE DU SCORE « COMPOSITE VOIX » DU RAPPORT MONPAGE-2.0.S DES LOCUTEURS AVEC AOS LEGERE-MODEREE DES GROUPES TPB ET TPE. 106
FIGURE 9 : SOUS-SCORES DE DEVIANCE DU SCORE « COMPOSITE DDK » DU RAPPORT MONPAGE-2.0.S DES LOCUTEURS AVEC AOS LEGERE-MODEREE DES GROUPES TPB ET TPE. 107
FIGURE 10 : PROFILS DES SCORES DE DEVIANCE DES RAPPORTS MONPAGE-2.0.S DES LOCUTEURS DYSARTHRIQUES AVEC MD-FLSP DES GROUPES TPE ET TPB. 110
FIGURE 11 : SOUS-SCORES DE DEVIANCE DU SCORE « COMPOSITE VOIX » DU RAPPORT MONPAGE-2.0.S DES LOCUTEURS AVEC MD-FLSP DES GROUPES TPB ET TPE. 111
FIGURE 12 : SOUS-SCORES DE DEVIANCE DU SCORE « COMPOSITE DDK » DU RAPPORT MONPAGE-2.0.S DES LOCUTEURS AVEC MD-FLSP DES GROUPES TPB ET TPE. 112
FIGURE 13 : DESIGN ET CONTREBALANCEMENTS DES ORDRES DES EXPERIENCES 1 ET 2. 128
FIGURE 14 : DEROULEMENT TEMPOREL DE LA TACHE NON VERBALE DE GO DE L'EXPERIENCE 1 EN CONDITION ISOLEE. 134
FIGURE 15 : DEROULEMENT TEMPOREL DE LA TACHE NON VERBALE DE GO-NOGO DE L'EXPERIENCE 1 EN CONDITION ISOLEE 135
FIGURE 16 : ILLUSTRATION DE LA SEGMENTATION ET DE L'ANNOTATION DE LA TACHE DE PAROLE COMPTAGE. 140
FIGURE 17 : ILLUSTRATION DE LA SEGMENTATION ET DE L'ANNOTATION DE LA TACHE DE PAROLE REPETITION D'UN ENONCE. 140
FIGURE 18 : DEBITS DE PAROLE MOYENS (NB DE SYLL. / SEC.) ET ECARTS TYPES OBTENUS PAR LES PARTICIPANTS (N=27) AUX TACHES DE PAROLE COMPTAGE ET DE REPETITION D'ENONCE DE L'EXPERIENCE 1 POUR LES 3 CONDITIONS : ISOLEE, DOUBLE TÂCHE - GO, DOUBLE TÂCHE - GO-NOGO (<0.05 : * ; <0.01 : ** ; <0.001 : ***). 143
FIGURE 19 : TEMPS DE REACTION MOYENS (MS) ET ECARTS TYPES OBTENUS PAR LES PARTICIPANTS (N =27) DANS LES TACHES NON VERBALES DE GO ET DE GO-NOGO DE L'EXPERIENCE 1 POUR LES 3 CONDITIONS : ISOLEE, DOUBLE TÂCHE - COMPTAGE, DOUBLE TÂCHE - REPETITION D'ENONCE (<0.05 : * ; <0.01 : ** ; <0.001 : ***). 144
FIGURE 20 : TAUX MOYENS DE REPONSES CORRECTES ET ECARTS TYPES PAR LES PARTICIPANTS (N =27) OBTENUS DANS LES TACHES NON VERBALES DE GO ET DE GO-NOGO DE L'EXPERIENCE 1 POUR LES 3 CONDITIONS : ISOLEE, DOUBLE TÂCHE - COMPTAGE, DOUBLE TÂCHE - REPETITION D'ENONCE (<0.05 : * ; <0.01 : ** ; <0.001 : ***). 145
FIGURE 21 : DEBITS DE PAROLE MOYENS (NB DE SYLL. / SEC.) ET ECARTS TYPES OBTENUS PAR LES PARTICIPANTS (N=27) AUX TACHES DE PAROLE COMPTAGE ET REPETITION D'ENONCE DE L'EXPERIENCE 2 POUR LES 3 CONDITIONS : ISOLEE, DOUBLE TÂCHE - GO, DOUBLE TÀCHE - GO-NOGO (< 0.05 : * ; < 0.01 : ** ; < 0.001 : ***). 146
FIGURE 22 : NOMBRES MOYENS DE STIMULI CORRECTEMENT TRAITES ET ECARTS TYPES MOYENS DES PARTICIPANTS (N=27) POUR LES TACHES DE GO ET DE GO-NOGO DE L'EXPERIENCE 2 DANS LES 3 CONDITIONS : ISOLEE, DOUBLE TÂCHE-COMPTAGE, DOUBLE TÂCHE -REPETITION D'ENONCE (< 0.05 : * ; < 0.01 : ** ; < 0.001 : ***). 147
FIGURE 23 : PROPRIETES DES TACHES DE PAROLE : DIMENSIONS DE PAROLE EN FONCTION DE LA DEMANDE COGNITIVO-MOTRICE DE PAROLE. 163
FIGURE 24 : EVALUATION CLINIQUE DES TROUBLES MOTEURS DE LA PAROLE : MISE EN JEU D'APPROCHES D'EVALUATION, DE PROPRIETES DES TACHES DE PAROLE (DIMENSION DE PAROLE ET DEMANDE COGNITIVO-MOTRICE DE PAROLE), D'OUTILS, DE MARQUEURS ET MESURES. 164
FIGURE 25 : SIGNES DISTINCTIFS ENTRE LES MSDS POUR LE DIAGNOSTIC DIFFERENTIEL. 166
FIGURE 26 : ARBRE DECISIONNEL POUR LE DIAGNOSTIC DIFFERENTIEL DES MSDS (ADAPTE DE DUFFY, 2013). 168

Liste des tables

TABLEAU 1 : CRITERES DIAGNOSTIQUES RETENUS POUR L'AOS (ALLISON ET AL., 2020 ; JONKERS ET AL., 2017 ; MOLLOY & JAGOE, 2019 ; STRAND ET AL., 2014 ; VAN DER MERWE, 2021) 10
TABLEAU 2 : CRITERES PERCEPTIFS COTES PAR DARLEY ET AL. (1969A, 1969B, 1975) LORS DE LA CLASSIFICATION DES SOUS-TYPES DE DYSARTHRIES. 14
TABLEAU 3 : CLUSTERS PERCEPTIFS ET LEUR CRITERES PERCEPTIFS DEVIANTS DES DYSARTHRIES, DEFINIS PAR LA CLASSIFICATION DE DARLEY ET AL. (1969A, 1969B, 1975). 15
TABLEAU 4 : CLUSTERS PERCEPTIFS, CRITERES PERCEPTIFS DEVIANTS (COTATIONS MOYENNES ET RANGS DE LA COTATION PAR DEGRE DE SEVERITE) DE LA DYSARTHRIE HYPOKINETIQUE DECRITE PAR DARLEY ET AL. (1969A, 1969B, 1975). 16
TABLEAU 5 : CLUSTERS PERCEPTIFS, CRITERES PERCEPTIFS DEVIANTS (COTATIONS MOYENNES ET RANGS DE LA COTATION PAR DEGRE DE SEVERITE) DE LA DYSARTHRIE MIXTE (ALS : FLASQUE-SPASTIQUE) DECRITE PAR DARLEY ET AL. (1969A, 1969B, 1975). 17
TABLEAU 6 : MESURES / MARQUEURS ACOUSTIQUES PAR DIMENSION DE PAROLE COURAMMENT UTILISES EN CLINIQUE ET OUTILS FRANCOPHONES LES INTEGRANT (LISTE NON EXHAUTIVE) (ADAPTE DE FORREST & WEISMER, 2009 ; FOUGERON, 2013 ; MELUZZI, 2021 ; PAPAKYRITSIS, 2021). 31
TABLEAU 7 : TACHES DE PAROLE (LISTE NON EXHAUSTIVE) ET EVALUATION DES DIMENSIONS DE PAROLE. 45
TABLEAU 8 : CALCUL DES SCORES DE DEVIANCE DE MONPAGE-2.0.S (TRADUCTION ET ADAPTATION DU TABLEAU 2, ISSU DE LAGANARO ET AL. (2021)). 91
TABLEAU 9 : MARQUEURS ET SCORES DE DEVIANCE POUR CHACUNE DES 7 DIMENSIONS DE PAROLE (TRADUCTION ET ADAPTATION DU TABLEAU 3, ISSU DE LAGANARO ET AL. (2021)) (DEVS = SCORE DE DEVIANCE). 91
TABLEAU 10 : TABLEAU 10 : DONNEES DEMOGRAPHIQUES, MEDICALES ET D'INCLUSION DES LOCUTEURS PATHOLOGIQUES AYANT REÇU LES TAUX DE PRECISION LES PLUS BAS (N=9) ET DE CEUX AYANT REÇU LES TAUX DE PRECISION LES PLUS ELEVES (N=6) A LA CLASSIFICATION PERCEPTIVE (MOYENNE DES TAUX DE PRECISION OBTENUS AUX TACHES DE PAROLE « TEXTE » ET « PAROLE SPONTANEE » 94
TABLEAU 11 : REPARTITION DES TAUX OBTENUS POUR CHAQUE LOCUTEUR AVEC HD LEGERE DU GROUPE TPB AVEC DYSARTHRIE TRES LEGERE PAR GROUPE LORS DE LA CLASSIFICATION PERCEPTIVE. 97
TABLEAU 12 : REPARTITION DES TAUX OBTENUS POUR CHAQUE LOCUTEUR DU GROUPE TPB (N = 2) ET DU GROUPE TPE (N = 2) AVEC HD LEGERE-MODEREE PAR GROUPE LORS DE LA CLASSIFICATION PERCEPTIVE. 100
TABLEAU 13 : REPARTITION DES TAUX OBTENUS POUR CHAQUE LOCUTEUR DU GROUPE TPB (N = 2) ET DU GROUPE TPE (N = 2) AVEC AOS LEGERE-MODEREE PAR GROUPE LORS DE LA CLASSIFICATION PERCEPTIVE 104
TABLEAU 14 : REPARTITION DES TAUX OBTENUS POUR CHAQUE LOCUTEUR DU GROUPE TPB (N = 1) AVEC MD-FLSP TRES LEGERE ET LOCUTEURS DU GROUPE TPE (N = 2) AVEC MD-FLSP MODEREE-SEVERE PAR GROUPE LORS DE LA CLASSIFICATION PERCEPTIVE. 109
TABLEAU 15 : CARACTERISTIQUES DEMOGRAPHIQUES DES 27 SUJETS INCLUS. 127
TABLEAU 16 : STRUCTURE SYLLABIQUE DES MOTS DE LA TACHE DE PAROLE COMPTAGE. 131
TABLEAU 17 : NOMBRE ET POURCENTAGES D'ITEMS EXCLUS PAR CONDITION POUR CHAQUE TACHE NON VERBALE DE L'EXPERIENCE 1. 138
TABLEAU 18 : RESUME DES PRINCIPAUX RESULTATS ET APPORTS DES TROIS ETUDES SUR LES APPROCHES D'EVALUATION PERCEPTIVE GLOBALE, PHONETICO-ACOUSTIQUE DISCRETE PAR DIMENSION DE PAROLE ET COGNITIVE EXPLORATOIRE (DEMANDE ATTENTIONNELLE ET EXECUTIVE EN DOUBLE TACHE). 153

Liste des abréviations

ALS : sclérose latérale amyotrophique

AoS : apraxie de la parole

AVC : accident vasculaire cérébral

DDK : diadococinésies verbales

DDK AMRs : diadococinésies verbales de type répétitive (AMR pour alternating motion rates)

DDK SMRs : diadococinésie verbale de type séquentielle (SMR pour sequential motion rates)

E.T. : écart-type

f0 : fréquence fondamentale

F2 : deuxième formant

FL model : Four-Level model (Van der Merwe, 2021)

HD : dysarthrie hypokinétique

MD-FlSp : dysarthrie mixte flasque-spastique

Mdn : Médiane

Moy. : moyenne

MSD(s) : trouble(s) moteur(s) acquis de la parole

PD : maladie de Parkinson idiopathique

Post-AVC : post accident vasculaire cérébral

TPB : taux de précision bas

TMP : temps maximum de phonation

TPE : taux de précision élevé

TotalDevS : score total de déviance calculé par MonPaGe-2.0.s : TotalDevScore

VOT : voice onset time

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'Introduction générale de cette thèse met l'accent sur les approches d'évaluation des troubles moteurs acquis de la parole (MSDs), regroupant les dysarthries et les apraxies de la parole (AoS). Les enjeux de leur évaluation quant aux choix des approches, des tâches de parole, des outils disponibles et mesures, restent majeurs à l'heure actuelle. En effet, le diagnostic des MSDs se révèle peu aisé du fait de l'association fréquente de ces troubles, de signes partagés et de l'absence de consensus sur le noyau dur des critères diagnostiques des AoS.

Dans une première partie, les apraxies de la parole et les dysarthries seront tout d'abord définies en précisant les niveaux et processus de production motrice de la parole atteints. Les signes permettant leur diagnostic, leur diganostic différentiel ainsi que leur caractérisation, seront ensuite exposés. Dans un second temps, seront successivement développés les approches permettant d'évaluer ces MDSs : (i) perceptive globale, (ii) acoustico-phonétique discrète par dimension de parole, (iii) cognitive, ici exploratoire et centrée sur la demande attentionnelle et exécutive de la parole à travers un paradigme de double tâche. Enfin, les tâches de parole, sur lesquelles ces approches reposent et qui fournissent le corpus nécessaires aux analyses, seront abordées en fonction (i) des dimensions de parole impliquées et (ii) de leur demande cognitivo-motrice.

L'ensemble de ces éléments permettront d'amorcer la réflexion faisant l'objet des études menées dans le cadre de cette thèse (chapitres 2, 3 et 4), à savoir chercher à déterminer et/ou à préciser les apports des différentes approches d'évaluation de la parole au diagnostic et à la caractérisation de locuteurs présentant des troubles moteurs acquis de la parole.

Une partie de l'Introduction générale et de la Discussion générale de cette thèse a été reprise au sein du chapitre d'un ouvrage dans le domaine de la Neurologie en Orthophonie (Pernon, 2022). Ce chapitre traite à la fois des données théoriques sémiologiques des dysarthries et des AoS ainsi que des aspects cliniques de leur évaluation.

1.1. Apraxies de la parole et dysarthries, troubles moteurs acquis de la parole : quels signes pour leur caractérisation et leur diagnostic ?

1.1.1. Définitions des troubles moteurs acquis de la parole

Les troubles moteurs de la parole (dorénavant MSDs), traduction de l'entité anglo-saxonne des (acquired) « motor speech disorders » (Darley et al., 1975 ; Kent, 2000 ; Duffy, 2013), regroupent les dysarthries et les apraxies de la parole (dorénavant AoS). Ces troubles sont secondaires à des lésions du système nerveux central et/ou périphérique et peuvent être de différentes étiologies (vasculaire, neurodégénérative, traumatique, tumorale, infectieuse, métabolique, etc.). Les MSDs représentent 56,7% des troubles de la communication orale d'étiologie neurologique selon la cohorte de la Mayo Clinic, Rochester (Duffy, 2013). Ils peuvent avoir des répercussions sur la communication quotidienne ainsi que sur la qualité de vie des locuteurs sur les versants émotionnels, sociaux et professionnels, en fonction de leur sévérité, du vécu du trouble et des besoins communicationnels des locuteurs (Yorkston et al., 1996).

Apraxies de la parole

Les AoS ont été associées à une altération de la récupération et/ou de l'assemblage des plans moteurs de la parole (Blumstein, 1990 ; Code, 1998 ; Darley et al., 1975 ; Guenther, 2016 ; Miller & Guenther, 2021 ; Van der Merwe, 1997, 2021 ; Ziegler, 2009), à une translation inefficace ou perturbée entre des représentations phonologiques intactes et des paramètres spatiotemporels appropriés nécessaires à la réalisation des mouvements articulatoires (McNeil et al., 2008, in Jacks et al., 2010 ; Ballard et al., 2016). Les AoS ont été attribuées à des troubles de la planification motrice dans le modèle de Van der Merwe (1997, 2021) détaillé dans la section suivante et schématisé au sein de la **figure 2,** niveau encore appelé programmation motrice dans d'autres modèles de contrôle moteur de la parole tels les modèles computationnels DIVA/GODIVA (Guenther, 2016 ; Miller & Guenther, 2021).

Les étiologies prédominantes sont majoritairement vasculaires (80% des cas selon la cohorte de la Mayo Clinic, Duffy, 2013), puis tumorales, traumatiques et neurodégénératives.

Les données d'imageries cérébrales décrivent des lésions cérébrales qui concernent le plus souvent des aires et réseaux cérébraux situés au niveau de l'hémisphère gauche : le gyrus frontal inférieur (pars opercularis), le cortex préfrontal dorso-latéral, le cortex prémoteur latéral supérieur, l'aire motrice supplémentaire et l'insula (Gorno-Tempini et al, 2011 ; Duffy, 2013 ; Ballard et al, 2014). Les modèles DIVA/GODIVA (Guenther, 2016 ; Miller & Guenther, 2021) viennent préciser que les lésions se situeraient au niveau de la « carte des sons de la parole » (« speech sound map ») intégrée au cortex pré-moteur ventral gauche, au niveau du « buffer de contenu phonologique » localisé dans le sulcus frontal inféro-postérieur, ou encore au niveau des faisceaux qui relient ces deux régions.

Ces diverses atteintes donneraient lieu à des sous-types d'AoS. Combinés aux différents sous-types d'AoS neurodégénératives décrits par Josephs et Duffy (2012), Josephs et al. (2013), Utianski et al., (2018), ils viennent justifier le choix du pluriel pour les AoS.

En pratique clinique, les AoS seraient peu fréquentes, constituant 3,7 % des troubles moteurs des troubles de la communication acquis d'origine neurologique selon les données de la Mayo Clinic (Duffy, 2013).

Dysarthries

Les dysarthries, quant à elles, sont définies comme un déficit du contrôle moteur et de l'exécution des commandes neuromusculaires impliquées dans la production de la parole, secondaire à une atteinte du système nerveux central et/ou périphérique (Darley et al., 1969a, 1969b, 1975 ; Duffy, 2005, 2013 ; Guenther, 2016 ; Van der Merwe, 1997, 2021).

Six sous-types de dysarthries, déterminées selon le système neurophysiologique atteint sous-jacent, ont été initialement établis par l'équipe de Darley à la Mayo Clinic (1969a, 1969b, 1975). Il s'agissait des dysarthries : flasque, spastique, ataxique, hypokinétique, hyperkinétique (choréique et dystonique) et mixte, auxquels ont été ultérieurement ajoutées par Duffy (2005) : les dysarthries par atteinte unilatérale du premier motoneurone et les dysarthries d'étiologie indéterminée. Cette

classification fait actuellement réference. **La figure 1** ci-après illustre les différents systèmes neurophysiologiques atteints selon le sous-type de dysarthrie.

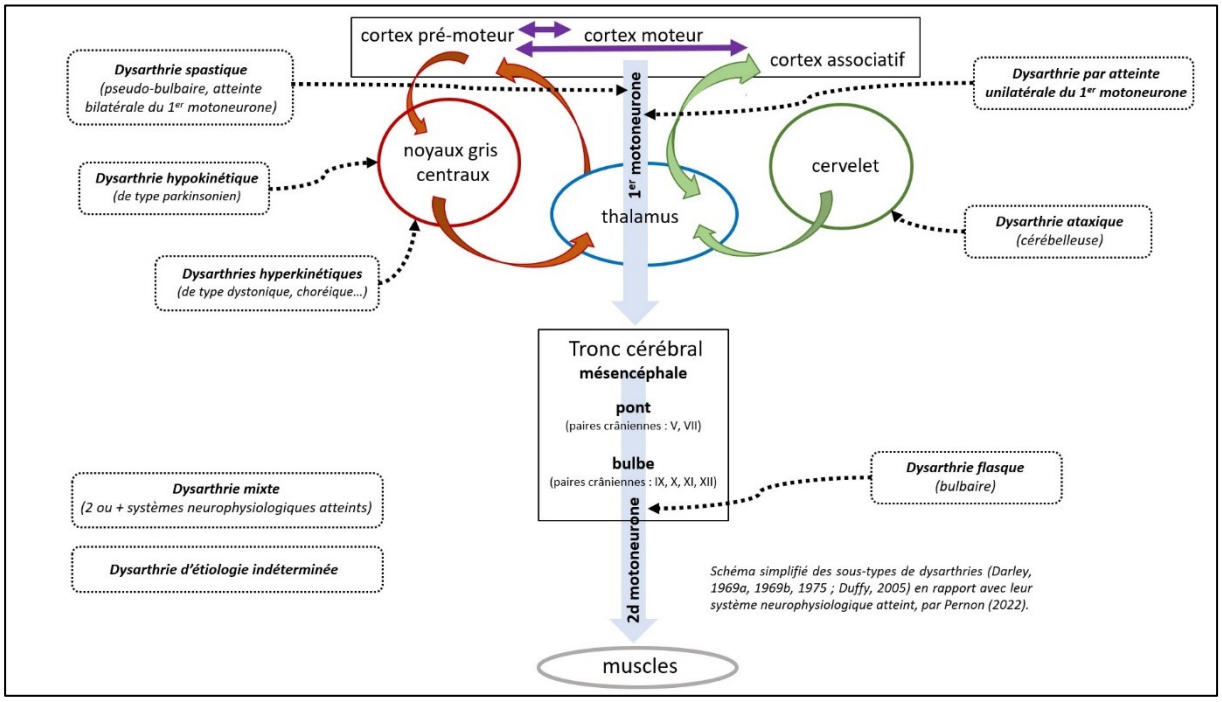


Figure 1 : *Schéma simplifié des sous-types de dysarthries (Darley, 1969a, 1969b, 1975 ; Duffy, 2005) en rapport avec leur système neurophysiologique atteint.*

Les 8 sous-types de dysarthries définis par la classification de Darley et al. (1969a, 1969b, 1975) complétée par Duffy (2005), ont été attribuées à des troubles de la programmation motrice (pour les dysarthries hypokinétique, hyperkinétique, ataxique) et/ou de l'exécution motrice (spastique, flasque, et dans une moindre mesure les autres dysarthries du fait des répercussions des atteintes du niveau de programmation motrice sur le niveau d'exécution motrice) au sein des modèles de contrôle moteur de la parole (Guenther, 2016 ; Van der Merwe, 2021) (voir **figure 2**). Nous détaillerons dans la section suivante les niveaux de production motrice de la parole atteints dans les dysarthries dans le cadre du FL- model de Van der Merwe (2021).

En pratique clinique, les dysarthries représentent le troubles de la communication acquis primaire le plus fréquent, représentant 53% des troubles de la communication acquis d'origine neurologique selon les données de la Mayo Clinic (Duffy, 2013).

1.1.2. Modélisation des niveaux de production motrice de la parole atteints dans les MSDs (Van der Merwe, 1997, 2021)

Dans cette thèse, nous adopterons le modèle, peu connu, à quatre niveaux « Four-Level model » (FL model) proposé par Van der Merwe (2021) (représentation simplifiée en **figure 2**). Il constitue une récente mise à jour de son modèle initial le « Four-Level Framework », publié en 1997 dans l'ouvrage collectif édité par McNeil et al. Nous avons choisi de nous y référer dans la mesure où il présente

l'intérêt de distinguer les MSDs selon l'atteinte de trois niveaux distincts de production motrice de la parole (planification, programmation et exécution motrices), développés ci-dessous. Ses hypothèses relatives au contrôle moteur de la parole et aux étapes de production motrice de la parole ont en grande partie été définies à partir de données issues d'études portant sur les dysarthries et les AoS. Van der Merwe (2021), à travers cette conceptualisation/modélisation, a souhaité que le FL model constitue un cadre pour optimiser l'évaluation clinique et la thérapie des MSDs par l'association de chacun d'entre eux à un niveau spécifique et à des processus déficitaires. De plus, ce modèle prend appui sur des facteurs contextuels (effet des tâches de parole et de variables psycholinguistiques) et mentionne la participation de processus attentionnels, aspects traités dans cette thèse dans le cadre de l'approche cognitive de l'évaluation de la parole.

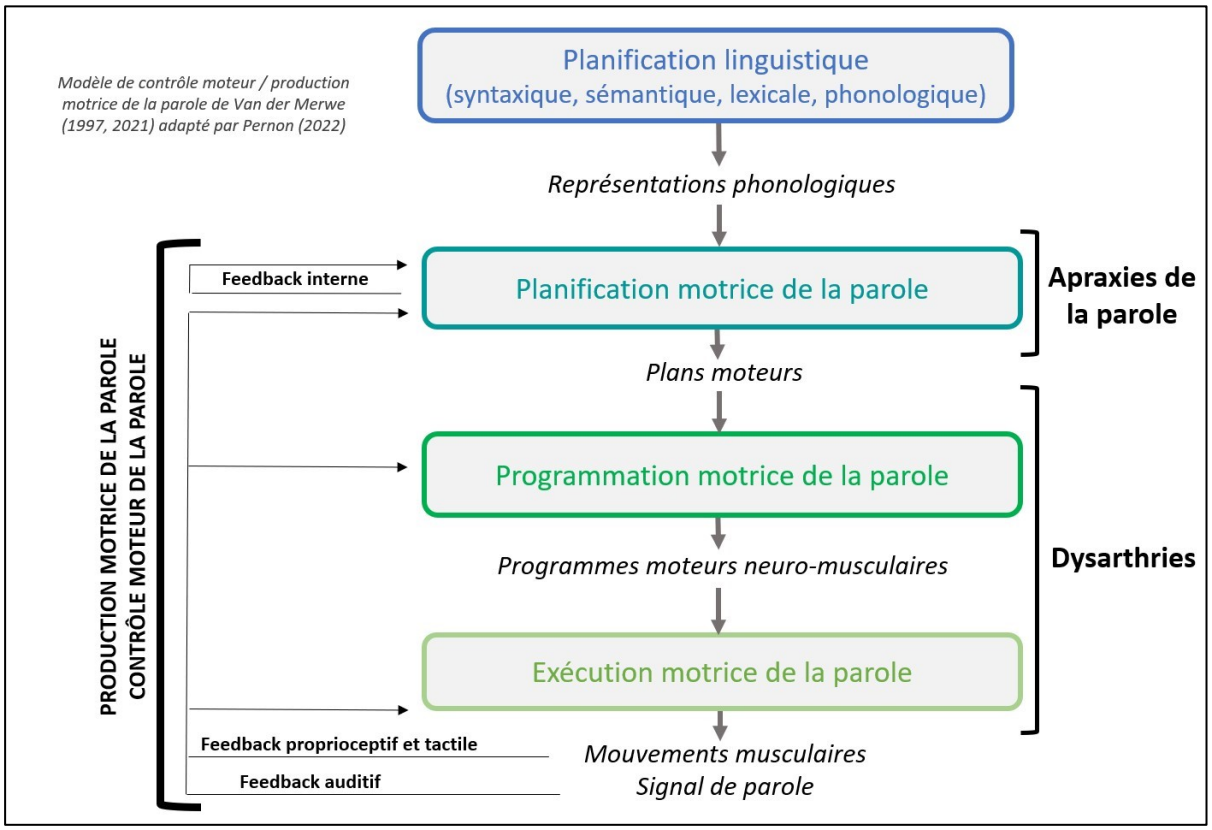


Figure 2 *: Modélisation de la production motrice de la parole et des niveaux d'atteinte des troubles moteurs de la parole, adaptée selon le FL model de Van der Merwe (1997, 2021) par Pernon (2022).*

Ce modèle intègre des concepts dérivés de la neuroanatomie, de modélisations computationnelles et de théories relatives au contrôle moteur issues de la neurophysiologie. L'auteure détaille ainsi les structures et réseaux cérébraux impliqués pour chaque processus.

Pour rappel, le contrôle moteur de la parole fait ici référence à l'ensemble des systèmes, des processus et des stratégies sensori-moteurs qui régulent la production motrice de la parole. La sélection, le séquençage, la régulation de plans et de programmes sensori-moteurs sont en jeu tout comme l'activation de muscles permettant la respiration, la phonation, la résonance, et l'articulation.

L'ensemble de ces processus doit s'effectuer à des moments appropriés pour une articulation adéquate en fonction de paramètres spatio-temporels de façon à ce que le signal acoustique généré soit fidèle aux buts de ces plans et programmes moteurs (Duffy, 2013 ; Kent, 2000 ; 2004). Dans ce cadre, la production motrice de la parole, dont les niveaux décrits par Van der Merwe (1997, 2021) sont présentés ci-après, est considérée comme une fonction motrice, cognitive et sensorielle (Kent, 2004 ; Rahilly & Lowry, 2021).

Planification motrice de la parole

Ce niveau de la planification motrice de la parole, atteint dans les AoS, correspond au plus haut niveau du contrôle moteur dans le FL model et se situe entre la planification linguistique (phonologique impliquant la sélection et le séquençage des phonèmes) et la programmation motrice.

Ce niveau introduit la notion de modèles inverses (« inverse model ») correspondant aux « plans moteurs de base » (« core motor plans ») encodés/stockés durant l'acquisition de la parole. Ils contiennent les spécifications spatiales (modes et lieux d'articulation) et temporelles (synchronisation inter-articulateurs, coarticulation) des mouvements impliqués dans la production d'un son permettant de générer les commandes motrices (« motor commands ») au niveau de la programmation motrice.

Chaque transformation de phonème en plan moteur est bidirectionnelle et contient un modèle inverse (« inverse model ») et également un modèle interne de transmission (« forward internal model »). Le modèle inverse convertit les intentions en commandes motrices. Le modèle interne de transmission prédit l'état futur du système et estime le feedback sensoriel, effectuant ainsi une forme de monitoring interne du mouvement à partir de copies efférentes du modèle inverse (« internal feedback of efference copy »).

Il est à noter que Van der Merwe (1997, 2021) considère qu'à ce niveau, l'unité principale traitée peut être variable, pouvant être de la taille du phonème, de la syllabe ou de l'énoncé (court : équivalent à un groupe prosodique, lorsqu'il est fortement automatisé ou surappris).

Ce niveau serait géré par des aires motrices corticales et les aires de planification cognitivo-motrices et associatives de l'hémisphère dominant.

Programmation motrice de la parole :

Ce niveau, intermédiaire, perturbé dans certaines dysarthries (hypokinétique, hyperkinétique, ataxique), se situe entre les niveaux de planification et d'exécution motrices. Les programmes moteurs (« motor programs ») nécessaires à la respiration, à la phonation et à l'articulation, sont spécifiées à partir des plans moteurs définis lors de l'étape précédente.

Sont ici précisés les paramètres spatio-temporels de force, d'amplitude, de vélocité, de contraction, pour un contrôle segmental et suprasegmental (paramètres d'amplitude, de f0, de

durée, débit de parole/fluence de la parole), intégrant également l'intention émotionnelle et affective de la parole.

Cette étape fait appel à des modèles de transmission (« forward model ») et s'appuie sur des feedbacks internes tactile, proprioceptif et auditif pour générer des programmes moteurs compensatoires en cas de perturbation. La programmation motrice ne repose pas, selon l'auteure, sur les modèles inverses décrits pour le niveau précédent de planification motrice.

Il existe à ce niveau des effets contextuels liés aux conditions (besoin de parler plus fort ou plus lentement) et aux facteurs d'ordre suprasegmentaux, temporels, et prosodiques.

Une fois constitués, les programmes moteurs vont modeler le signal final descendant transmis aux muscles pour la réalisation de l'exécution du mouvement.

Les régions cérébrales sous-corticales (noyaux gris centraux, cervelet…) et les circuits cérébraux cortico-sous-corticaux, qui permettent la sélection et l'activation de programmes moteurs adaptés à un contexte spécifique et leur automatisation, sont mis en jeu à ce niveau.

Exécution motrice de la parole

Ce niveau, perturbé dans certaines dysarthries (flasque, spastique, et également, hypokinétique, hyperkinétique et ataxique en raison en partie des répercussions de l'atteinte de la programmation motrice sur le niveau de l'exécution motrice), concerne la mise en action des muscles en termes de force, de tonus et de coordination pour la réalisation des mouvements, produits notamment en réponse à des feedbacks de type tactile et proprioceptif.

Cette étape active l'aire motrice supplémentaire, le cortex moteur, le thalamus, le cervelet, les noyaux gris centraux, le tronc cérébral, les nerfs périphériques et les unités motrices au niveau des muscles (premier et second motoneurones).

Les niveaux de production motrice de la parole atteints dans les MSDs restent à ce jour encore discutés dans les dysarthries et les AoS et s'avèrent difficiles à différencier en pratique clinique (Van der Merwe, 2021). Nous verrons ainsi dans les sections suivantes portant sur la sémiologie des AoS et des sous-types de dysarthries au sein de la classification de Darley et al. (1969a, 1969b, 1975), que les signes pour leur caratérisation et leur diagnostic différentiel, qui présentent une validité insuffisante, sont aussi débattus.

1.1.3. Sémiologie pour le diagnostic et la caractérisation des apraxies de la parole

Diagnostic délicat des AoS

Le diagnostic des AoS, rarement pures, s'avère difficile du fait de l'existence de signes communs aux apraxies de la parole et aux dysarthries, associées par ailleurs dans 30% des cas (données issues de la cohorte de la Mayo Clinic, Duffy, 2019), ainsi que par l'absence de consensus au niveau international

sur le noyau dur des critères diagnostiques des AoS, comme récemment souligné dans la méta-analyse de Allison et al. (2020) et la revue de littérature de Molloy et Jagoe (2019). Les AoS sont aussi souvent associées à des troubles aphasiques, ce dans plus de 65% des cas (Duffy, 2019). Les signes aphasiques relatifs aux troubles phonologiques post-lexicaux de type paraphasie phonémique peuvent se révéler difficile à distinguer des distorsions de sons des AoS (Duffy, 2013 ; Laganaro, 2012, 2015).

A cela viendrait s'ajouter l'existence de plusieurs sous-types d'apraxies de la parole, dont il reste difficile de faire la part. Elles seraient fonction de leur étiologie et des processus de planification motrice perturbés (Van der Merwe, 2021), demeurant hypothétiques.

Dans ce contexte, les critères diagnostiques des AoS restent controversés. Molloy et Jagoe (2019) sont venues le confirmer en montrant des divergences entre les critères diagnostiques retenus par les données issues de la recherche et ceux utilisés par les orthophonistes en pratique clinique, sans doute en partie une conséquence du manque de validité de la plupart des critères (Allison et al., 2020 ; Molloy et Jagoe, 2019).

En pratique, cet état de fait conduit souvent à des retards de diagnostic ou à des diagnostics imprécis, voire erronés (Allison et al., 2020 ; Mumby et al., 2007). L'AoS serait probablement ainsi sous-diagnostiquée. Par ailleurs, en l'absence de biomarqueurs définis, les données d'ordre comportemental / symptomatologique de parole, que nous allons à présent aborder, demeurent le « gold standard » pour le diagnostic de l'AoS.

Caractérisation des AoS relevant de critères de diagnostic différentiel

La plupart des études ayant porté sur les AoS ont inclus des patients qui étaient également aphasiques. Elles ont ainsi souvent fait appel à une méthodologie comparant ces patients avec AoS et aphasie à des patients avec une aphasie isolée. Ces études incluaient parfois un groupe de locuteurs neurotypiques contrôles. En revanche, peu d'études ont comparé des locuteurs avec AoS à des locuteurs dysarthriques (D'Alessandro et al., 2019 ; Jonkers et al., 2017 ; Lancheros et al., 2022 ; Melle et Gallego, 2012 ; Ziegler et al., 2002). Elles seront détaillées plus bas.

Au vu de ces éléments, les signes retenus pour l'AoS relèvent davantage du diagnostic différentiel (signes qui n'appartiendraient pas à d'autres troubles, notamment, ni aux dysarthries, ni aux aphasies) que de sa caractérisation (présence de signes qui décriraient l'AoS par rapport à la parole de locuteurs neurotypiques).

Le **tableau 1** propose une synthèse et un classement des signes recensés au sein de 9 références précisées par des symboles, à savoir :

- les **signes (présents ou absents) proposés par McNeil et al. (1997, 2004, 2009), Wertz et al. (1984), Duffy (2013) et Darley et al. (1975), compilés et comparés par Molloy et Jagoe (2019) dans leur revue de littérature.** Molloy et Jagoe (2019) les ont retenus dans la mesure où les critères proposés par ces

auteurs ont été fréquemment considérés comme une référence pour le diagnostic et l'inclusion des locuteurs avec une AoS dans les études ;

- les **signes issus des résultats de la revue de littérature (N = 157) et de l'enquête auprès d'orthophonistes (N =264) menées par Molloy et Jagoe (2019),** fournissant deux sources de valeurs. Elles sont indiquées en pourcentages relatifs à la fréquence des signes au sein des études incluses et et des réponses à l'enquête. Parmi les études incluses publiées entre 1997 et 2017, 34 critères diagnostiques de l'AoS ont été retrouvés, dont 14 partagés par 7 études que nous avons repris dans le **tableau 1** ;

- les **signes retenus dans la méta-analyse de Allison et al. (2020) (N = 90 études)** portant sur la validité des critères / marqueurs pour le diagnostic différentiel des AoS basés sur les sous-catégories : signes perceptifs, mesures quantifiées de parole (acoustique), processus linguistique-moteurs (processus et niveaux de production motrice la parole) et neuroimagerie (profils spécifiques). Les auteurs ont exclus les études de cas uniques / ne comportant pas un design de groupe et/ou une comparaison à un groupe de locuteurs neurotypiques, les études qualitatives, et celles ne portant pas sur des questions diagnostiques ;

- les **signes proposés dans le cadre d'outils /échelles destinées au diagnostic de l'AoS créés par Strand et al. (2014) : ARSR 1, et par Jonkers et al. (2017) : DIAS (Feiken & Jonkers, 2012).** Pour leur validation, les auteurs ont comparé des locuteurs aphasiques, dysarthriques et des locuteurs avec une AoS prédominante (tous étaient aussi aphasiques), qui présentaient des étiologies neurodégénératives pour Strand et al. (2014) et une étiologie vasculaire (post-AVC) pour Jonkers et al. (2017). A partir de ces données comparatives, les auteurs ont défini pour ces tests/échelles une liste de signes spécifiques aux AoS.

Les 16 items de l'ASRS 1 (Strand et al., 2014) sont ainsi organisés de sorte à permettre au clinicien d'établir un diagnostic différentiel entre les signes de l'AoS et les signes aphasiques et/ou dysarthriques. Des items sont distinctifs / spécifiques des AoS, d'autres items spécifiques des AoS seulement si une dysarthrie n'a pas été diagnostiquée, d'autres items spécifiques des Aos seulement si une aphasie n'est pas aussi associée, et enfin, d'autres items spécifiques des AoS seulement si une dysarthrie et une aphasie ne sont pas également objectivées.

Dans la batterie DIAS validée en néerlandais, Jonkers et al. (2017) proposent, quant à eux, 8 signes spécifiques de l'AoS issus d'une analyse phonétique perceptive discrète. Ces signes pouvaient être retrouvés dans 3 subtests sur 4 de cet outil (répétition de phonèmes, DDK AMRs et SMRs, répétition de mots de longueur croissante) permettant de distinguer l'AoS de la dysarthrie et de l'aphasie.

Bien que ces outils ne soit pas validés en langue française, les signes retenus dans ces outils ont été intégrés au tableau de synthèse dans la mesure où une distinction avec les dysarthries était proposée;

- les **signes générés par des perturbations de processus (modèle inverse, modèle interne de transmission et transmission des commandes motrices) intervenant au niveau de la planification motrice de la parole du FL model de Van der Merwe (2021).** Il faut rappeler toutefois que les groupe de signes proposés par processus, élaborés à partir des données de la littérature par l'auteure, demeurent hypothétiques. Ils ont toutefois le mérite de souligner l'existence de divers types d'AoS relatifs aux perturbations de différents processus.

Il est à noter que la langue parlée par les locuteurs avec une AoS au sein des études disponibles, majoritairement l'anglais et dans une moindre mesure l'allemand, ne semblent pas venir impacter les signes relevés au vu des résultats des analyses réalisées sur ces aspects par Molloy et Jagoe (2019).

Nous tenions à émettre une proposition de signes pour l'AoS dans cette thèse, qui, nous l'avons vu, constituent davantage des critères de diagnostic différentiel, puisque déterminés principalement à travers leur comparaison avec des troubles aphasiques. Cela n'est pas sans poser la question de leur validité. Leur manque de spécificité et de sensibilité a été confirmé par la méta-analyse de Allison et al. (2020) et la revue de littérature de Molloy et Jagoe (2019). Comme souligné, ces signes mêlent, de plus, des étiologies neurodégénératives et non neurodégénératives, majoritairement vasculaires. Nous n'avons pas détaillé par ailleurs les signes spécifiques distinctifs proposés pour les sous-types d'AoS neurodégénératives (phonétique, prosodique, mixte) (Duffy, 2020 ; Duffy & Josephs, 2012 ; Josephs et al., 2013 ; Utianski et al., 2018), dans la mesure où ils se trouvaient déjà figurer parmi les signes retenus dans le tableau.
Malgré ces limites, nous discuterons ci-après des signes/critères, de nature très diverse, susceptibles de pouvoir être retenus pour le diagnostic des AoS.

Critères diagnostiques	Références bibliographiques									
	McNeil et al. (1997, 2004, 2009)*	Wertz et al. (1984)*	Duffy (2013)*	Darley et al. (1975)*	Molloy & Jagoe (2019) études (N = 157) %*	Molloy & Jagoe (2019) orthophonistes (N= 264) %*	Allison et al. # (N= 90 études) (2020)%	Strand et al. § (2014) ASRS1	Jonkers et al.$ (2017) DIAS	Van der Merwe (2021) FL model
SEGMENTAUX										
(données perceptives et acoustiques)										
Distorsions de sons * # (coarticulation")	X		X		**62**	74	**67**			MI, MIT
Substitutions distordues # § (coarticulation ")							**60**	X		MI
Additions distordues # §							33	X		
Substitutions apparentes (coarticulation) "										MI
Erreurs consonnes > voyelles $									X	
Segmentation des groupes consonantiques $									X	
Allongement des segments * # " (*aussi temporel*)	X		X		32	47	**48**			MI
SUPRASEGMENTAUX / TEMPORELS										
(données perceptives et acoustiques)										
Déficits prosodiques / dysprosodie * #		X	X		**52**	60	31			
Débit de parole ralenti * "	X		X		42	44	**67**			MI, MIT
Syllabation # $ "							**48**		X	MI
Allongement des pauses #							**48**			
Allongement des durées intersegmentales * "	X		X		**43**	45				MI
Répétitions #							33			
Egalisation de l'accent *	X									
ARTICULATOIRES-MOTEURS (en rapport avec le perceptif / feedback)										
Tâtonnement moteur * # $		X		X	**47**	**87**	43		X	MIT
Tâtonnement articulatoire $ "									X	MI, MIT (TMC)
Difficultés d'initiation de la parole (faux-départ) * $ "		X			24	**76**			X	MI, MIT (TMC)
Augmentation distorsions avec accélération débit §								X		
Feedback retardé des commandes motrices "										TMC
Liés aux EFFETS de VARIABLES PSYCHOLINGUISTIQUES										
(données perceptives et acoustiques)										
Consistance des erreurs * #	X		X		18	13	17			
Variabilité des erreurs * # $		X		X	23	75	5		X	
Effet de longueur * § "				X	11	**84**		X		MI
Effet de complexité syllabique #							38			
Effet de complexité articulatoire $								X	X	
Effet de fréquence syllabique #							29			
Effet de familiarité "										MI
Réduction de la longueur des énoncés #							26			
Réduction du nb de mots par grpe souffle // TMP §								X		
Liés aux EFFETS de TÂCHE DE PAROLE										
DDK SMRs irrégulières *			X		7	56				
Performances DDK SMRs < DDK AMRs # $							33		X	
Imprécision des DDK AMRs # §							26	X		
Effet de dissociation automatico-volontaire *				X	3	**81**				
AUTRES (déficit non verbal associé)										
Apraxie bucco-faciale *			X		1	46				

Note. DDK SMRs = diadococinésies verbales séquentielles ; DDK AMRs = diadococinésies verbales répétitives ; * : issus de Molloy & Jagoe (2019) ; # : critères de Allisson et al. (2020) ; § : critères distinctifs de Strand et al. (2014) issus de l'ASRS 1 ; $: critères de Jonkers et al. (2017) issus du DIAS ; " : critères en rapport avec des perturbations de processus de planification motrice de la parole du FL-model de Van der Merwe (2021) ; MI : Modèle Inverse (FL-model, Van der Merwe, 2021) ; MIT : modèle interne de transmission (FL-model, Van der Merwe, 2021) ; TMC : transmission des commandes motrices (FL-model, Van der Merwe, 2021).

Tableau 1 *: critères diagnostiques retenus pour l'AoS (Allison et al., 2020 ; Jonkers et al., 2017 ; Molloy & Jagoe, 2019 ; Strand et al., 2014 ; Van der Merwe, 2021)*

Diversité de la nature des signes de l'AoS

La diversité des signes de l'AoS, relative à leurs différentes natures, est illustrée dans le **tableau 1**. Ils sont à la fois d'ordre segmental, suprasegmental / temporel(relevant de la gestion temporelle de la parole), articulatoires-moteurs, liés aux effets de variables psycholinguistiques ou aux effets de tâche de parole, ou encore relatifs à des déficits non verbaux associés telle l'apraxie bucco-faciale. Les signes retenus sont par ailleurs issus d'études ayant fait appel majoritairement à des approches perceptive et acoustique, plus rarement articulatoire-motrice.

Si nous considérons le nombre total de mentions de ces signes parmi les 9 références, pour n'en retenir que quelques-uns, nous pourrions, à ce stade, dégager (si N ≥ 6) :

- les distorsions de sons (relatives en partie à la coarticulation) (7 mentions) ;
- les allongements des segments (pouvant être d'ordre segmental et temporel) (6 mentions) ;
- le ralentissement du débit de parole (6 mentions) ;
- le tâtonnement moteur (7 mentions) ;
- la variabilité des erreurs (6 mentions).

Cette proposition présente toutefois quelques limites dans la mesure, par exemple, où les effets des variables psycholinguistiques / phonétiques et liés aux tâches de parole ont été peu étudiés et où nous ne tenons pas compte de la fréquence des signes (%) fournie par Molloy et Jagoe (2019) et Alisson et al. (2020).

Données issues des études comparant les deux types de MSDs : AoS versus dysarthries

Comme souligné plus haut, peu d'études se sont penchées sur la comparaison de la parole de locuteurs avec une AoS avec celle de locuteurs dysarthriques. Elle permettrait de dégager des critères de diagnostic différentiel entre ces deux MSDs sur lesquels notre thèse est centrée.

De plus, dans ces rares travaux, les sous-types de dysarthries varient, ce qui les rend peu comparables. Les études comparatives entre AoS et dysarthries ont porté notamment sur des paramètres suprasegmentaux, temporels et segmentaux. Nous les détaillons ci-dessous.

<u>Paramètres suprasegmentaux / temporels</u>

En 2002, Ziegler a montré que les locuteurs présentant une **AoS** présentaient plus d'isochronie syllabique (moins de variabilité de la durée syllabique) et plus de disfluences que des locuteurs dysarthriques (**dysarthries ataxique, mixte, et hypokinétique**) en tâche de répétition de phrases.

Melle et Gallego (2012) ont montré que le débit articulatoire mesuré sur la base des mouvements de F2 de diadococinésies verbales séquentielles (DDK SMRs) vocaliques [i-u] et de DDK SMRs [pataka] était significativement plus lent et les durées inter-syllabiques plus longues chez des locuteurs avec AoS que chez ceux avec une **dysarthrie spastique.**

Les critères de ces deux études, incluses dans la méta-analyse de Allison et al. (2020), sont considérés comme insuffisamment sensibles et spécifiques.

Plus récemment, Lancheros et al. (2022) ont également retrouvé un ralentissement du débit articulatoire en DDK SMRs chez des locuteurs présentant une **AoS** par rapport à des locuteurs présentant une **dysarthrie mixte flasque-spastique**, ou une **dysarthrie hypokinétique** ou des **locuteurs neurotypiques**. A l'inverse des résultats de Melle et Gallego (2012), leur débit articulatoire en diadococinésies verbales répétitives ne différait pas de celui des locuteurs neurotypiques.

L'ensemble de ces résultats iraient dans le sens de l'atteinte de la planification motrice des locuteurs AoS telle que décrite par Van der Merwe (1997, 2021), la tâche de parole DDK SMRs étant coûteuse en termes de planification syllabique, de demande cognitivo-motrice de parole.

<u>Paramètres segmentaux :</u>

Au niveau segmental, D'Alessandro et al. (2019) ont comparé une métrique de coarticulation anticipatoire voyelle-à-voyelle dans le mot /papi/, c'est-à-dire de la voyelle 2 (V2) /i/ à la voyelle 1 (V1) /a/, basée sur la mesure de la différence F2-F1(F= formant vocalique) chez 4 groupes de locuteurs pathologiques avec un trouble moteur acquis de la parole : i) avec **AoS**, ii) avec **dysarthrie mixte flasque-spastique** dans le cadre d'une ALS, iii) avec **dysarthrie hypokinétique** dans le cadre d'une PD, iv) avec **dysarthrie mixte hyperkinétique-hypokinétique** dans le cadre d'une maladie de Wilson, et v) un **groupe de locuteurs neurotypiques**. Une réduction plus marquée de la coarticulation a été retrouvée pour le groupe des locuteurs avec AoS ainsi que pour le groupe des locuteurs avec dysarthrie mixte hyperkinétique-hypokinétique. Chez les locuteurs avec apraxie de la parole, la voyelle V1 était plus longue, tout comme l'intervalle entre V1 et V2, ce qui était lié à un allongement de la consonne et/ou à la présence de pauses inter-syllabiques. Chez les locuteurs avec une dysarthrie mixte hyperkinétique-hypokinétique, cette réduction de la coarticulation s'associait à une durée plus longue de V1 et à une diminution des mouvements articulatoires, comme le montrait la réduction de leur espace vocalique, particulièrement pour F1.

Les résultats issus des paramètres examinés dans ces études rejoignent partiellement nos propositions de signes élaborés sur la bases de 9 références (**tableau 1**) : distorsions de sons (coarticulation), ralentissement du débit, ici articulatoire et allongements des segments et des durées intersegmentales.

1.1.4. Sémiologie pour le diagnostic et la caractérisation des dysarthries

Le sous-type de dysarthrie, comme vu précédemment, est défini à partir du/des système(s) neurophysiologique(s) atteint(s) selon la classification de la Mayo Clinic établie par Darley et al. (1969a, 1969b, 1975). Selon l'étiologie, le(s) système(s) moteurs atteint(s), le degré de sévérité et le stade d'évolution de la pathologie sous-jacente, les atteintes neurologiques vont donner lieu à des déficits concernant la force, la vitesse, l'amplitude, la régularité, le tonus ou encore la précision des mouvements requis pour la respiration, la phonation, l'articulation, la résonance et la prosodie de la parole. Une ou plusieurs de ces dimensions de parole peuvent ainsi se trouver altérée(s) dans les dysarthries et, plus largement, l'intelligibilité de la parole (Kent, 2000 ; Duffy, 2013).

La caractérisation de chaque sous-type de dysarthrie par rapport à la parole neurotypique s'effectue à partir de critères perceptifs au sein de la classification de Darley et al. (1969a, 1969b, 1975) qui est actuellement celle de référence. Cela différencie la démarche de la caractérisation des dysarthries de celle des apraxies de la parole, dont les signes décrits correspondent à ceux du diagnostic différentiel, comme expliqué plus haut.

Dans ce contexte, en l'absence de données sur le(s) système(s) neurophysiologique(s) atteint(s) (par exemple, absence de lésions visibles initialement pour certaines maladies neurodégénératives), l'analyse perceptive de la dysarthrie d'un locuteur gagnera une plus large place et guidera alors le diagnostic du sous-type de dysarthrie par la mise en évidence de clusters caractéristiques. Elle pourra parfois contribuer au diagnostic médical de manière plus large.

Critères et clusters perceptifs pour chaque sous-type de dysarthries

Concernant la genèse de cette classification basées sur des critères perceptifs, elle est issue de l'analyse perceptive des dysarthries de 212 locuteurs dysarthriques issus de 7 groupes d'une trentaine de sujets réalisée par Darley et al. (1969a, 1969b, 1975). Chaque groupe de locuteurs avait été réparti en fonction de sa physiopathologie (bulbaire, pseudo-bulbaire, cérébelleuse, parkinsonienne, dystonique et choréique, mixte). Trois juges avait coté 38 critères perceptifs (voir **tableau 2**) rassemblés en 7 paramètres-dimensions (paramètres-dimensions : hauteur, intensité, qualité vocale, respiration, prosodie, articulation, deux catégories globales : intelligibilité et bizarrerie de la parole) à partir d'échantillons de lecture de texte à voix haute pour l'ensemble des locuteurs dysarthriques et de parole conversationnelle pour certains d'entre eux. Leur cotation avait été effectuée sur une échelle de sévérité allant de 1 (normal) à 7 (très sévère).

DIMENSIONS / PARAMETRES	CRITERES PERCEPTIFS
HAUTEUR VOCALE	1. Niveau de hauteur vocale (+ / -) 2. Ruptures de la hauteur vocale 3. Monotonie 4. Tremblement vocal
INTENSITE VOCALE	5. Mono-intensité 6. Variation excessive de l'intensité 7. Dégradation de l'intensité vocale 8. Instabilité de l'intensité vocale 9. Niveau global d'intensité vocale (+ / -)
QUALITE VOCALE	10. Voix rauque 11. Voix enrouée (humide) 12. Voix soufflée (en continu) 13. Voix soufflée (par intermittence) 14. Voix serrée-étranglée 15. Arrêts vocaux 16. Hypernasalité 17. Hyponasalité 18. Déperdition nasale
RESPIRATION	19. Inspiration-expiration forcée 20. Inspiration audible 21. Bruit en fin d'expiration
PROSODIE	22. Débit de parole (+ / -) 23. Enoncés courts 24. Augmentation du débit de parole au sein de segments 25. Augmentation globale du débit de parole 26. Réduction de l'accentuation 27. Débit de parole variable 28. Allongement des intervalles (entre les syllabes et les mots) 29. Silences inappropriés 30. Accélérations paroxystiques du débit de parole 31. Accentuation excessive ou égalisation de l'accent
ARTICULATION	32. Imprécision des consonnes 33. Allongement des sons 34. Répétition de phonèmes 35. Irrégularité de la précision articulatoire 36. Distorsion des voyelles
DIMENSIONS GLOBALES (impression générale)	37. Intelligibilité 38. Bizarrerie

Tableau 2 : *Critères perceptifs cotés par Darley et al. (1969a, 1969b, 1975) lors de la classification des sous-types de dysarthries.*

Les critères perceptifs, pour lesquels les scores étaient supérieurs à 1,5 ont été retenus, soit un total de 24 critères perceptifs déviants ensuite regroupés dans 8 clusters (regroupements) perceptifs. Ces derniers ont été définis à partir de corrélations entre les critères perceptifs les plus déviants sur la base des dimensions de production de la parole. Certains critères perceptifs déviants peuvent être présents dans plusieurs clusters, tels qu'apparaissant dans le **tableau 3** figurant ci-après.

Certains critères perceptifs sont communs à plusieurs sous-types de dysarthries, d'autres sont spécifiques de certaines. Ils contribueraient alors, selon Darley et al. (1969a, 1969b, 1975), en association avec les clusters qui les caractérisent, au diagnostic différentiel entre les sous-types de dysarthries.

D’autre part, pour une dysarthrie donnée, certains critères perceptifs déviants peuvent appartenir à plusieurs clusters. De plus, tous les critères perceptifs déviants composant un cluster ne sont pas systématiquement retrouvés chez un locuteur présentant un sous-type de dysarthrie.

CLUSTERS PERCEPTIFS	CRITERES PERCEPTIFS DEVIANTS
1. IMPRECISION ARTICULATOIRE	Imprécision des consonnes Irrégularité de la précision articulatoire Distorsion des voyelles
2. EXCES PROSODIQUE	Débit de parole (-) ralenti Accentuation excessive ou égalisation de l’accentuation Allongement des sons Allongement des intervalles (entre les syllabes et les mots) Silences inappropriés
3. INSUFFISANCE PROSODIQUE	Monotonie Mono-intensité Réduction de l’accentuation Enoncés courts Débit de parole variable Accélérations paroxystiques du débit de parole Imprécision des consonnes
4. INCOMPETENCE DE LA RESONANCE ET DE L’ARTICULATION	Imprécision des consonnes Distorsion des voyelles Hypernasalité
5. STENOSE PHONATOIRE	Hauteur vocale (-) aggravée Voix rauque Voix serrée-étranglée Ruptures de la hauteur vocale Arrêts vocaux Débit de parole (-) ralenti Enoncés courts Variation excessive de l’intensité vocale
6. INCOMPETENCE PHONATOIRE	Voix soufflée Inspiration audible Enoncés courts
7. INCOMPETENCE DE LA RESONANCE	Hypernasalité Déperdition nasale Imprécision des consonnes Enoncés courts
8 . INSUFFISANCE PHONATOIRE ET PROSODIQUE	Monotonie Mono-intensité Voix rauque

Dysarthrie flasque — **Dysarthrie hyperkinétique dystonique**
Dysarthrie spastique — **Dysarthrie hyperkinétique choréique**
Dysarthrie ataxique — **Dysarthrie mixte (ALS : spastique-flasque)**
Dysarthrie hypokinétique

** Les signes faisant partie des clusters d’une dysarthrie ne sont pas nécessairement tous présents- caractéristiques de cette dysarthrie.*

Tableau 3 : *Clusters perceptifs et leur critères perceptifs déviants des dysarthries, définis par la classification de Darley et al. (1969a, 1969b, 1975).*

Caractérisation des sous-types de dysarthries

Nous détaillerons ici uniquement les caractéristiques des sous-types de dysarthries présentées par les groupes de locuteurs des études de notre thèse (chapitre 2 et 3), à savoir la dysarthrie hypokinétique (HD), la dysarthrie mixte flasque-spastique dans le cadre d'une ALS (MD-FlSp) et enfin la dysarthrie par atteinte unilatérale du premier motoneurone pour son association fréquente avec l'AoS non neurodégénérative.

→ La dysarthrie hypokinétique (HD)

La dysarthrie hypokinétique (de type parkinsonien) est liée à une atteinte de la voie extrapyramidale, boucle de régulation cortico-sous-corticale impliquant les noyaux gris centraux, plus particulièrement de la substance noire pour ce sous-type de dysarthrie, donnant lieu à un syndrome parkinsonien (cf. **figure 1**). Selon le modèle de Van der Merwe (2021), la dysarthrie hypokinétique serait notamment liée à une atteinte du niveau de programmation motrice de la parole, ayant des répercussions sur son niveau d'exécution motrice.

Un seul cluster a été défini par Darley et al. (1969a, 1969b, 1975), à savoir une extension du cluster d'insuffisance prosodique avec l'ajout d'autres critères perceptifs : l'imprécision des consonnes, les accélérations paroxystiques, le débit de parole variable. A cet unique cluster, viennent s'ajouter 4 autres critères perceptifs isolés. Les critères perceptifs établis pour cette dysarthrie par Darley et al. (1969a, 1969b, 1975) sont détaillés dans le **tableau 4**.

CLUSTERS PERCEPTIFS	**CRITERES PERCEPTIFS DEVIANTS DE LA DYSARTHRIE HYPOKINETIQUE**	**COTATION (1 à 7)** (moyenne 3 juges)	**RANG**
INSUFFISANCE PROSODIQUE	Monotonie	4.64	1
	Réduction de l'accentuation	4.46	2
	Mono-intensité	4.26	3
	Imprécision des consonnes	3.59	4
	Accélérations paroxystiques	2.22	6
	Débit de parole variable	1.74	10
/	Silences inappropriés	2.40	5
/	Voix rauque	2.08	7
/	Voix soufflée	2.04	8
/	Hauteur vocale (-) aggravée	1.76	9

***Tableau 4** : Clusters perceptifs, critères perceptifs déviants (cotations moyennes et rangs de la cotation par degré de sévérité) de la dysarthrie hypokinétique décrite par Darley et al. (1969a, 1969b, 1975).*

Sur le plan moteur, les mouvements des articulateurs sont réduits, marqués par une réduction de leur amplitude (d'où le terme d' « hypokinétique »). Le syndrome parkinsonien se caractérise, quant à lui, par une akinésie (difficulté d'initiation des mouvements), une rigidité (hypertonie extrapyramidale), une bradykinésie (lenteur des gestes) auxquels s'associe un tremblement de repos.

Les étiologies sont multiples : neurodégénérative donnant lieu à des pathologies telle la maladie de Parkinson idiopathique, vasculaire, métabolique, traumatique ou encore toxique.

→ La dysarthrie mixte (flasque-spatique) (MD-FlSp)

La dysarthrie mixte résulte d'une atteinte de deux ou plusieurs des systèmes neurophysiologiques précédemment décrits. Les combinaisons de sous-types sont ainsi diverses et l'hétérogénéité des signes présentés importante.

La dysarthrie mixte décrite par Darley et al. (1969a, 1969b, 1975) est de type flasque-spastique, car elle a été définie à partir d'enregistrements de patients atteints d'une sclérose latérale amyotrophique (ici dorénavant ALS) où l'atteinte concerne le premier et le second motoneurones.

Cette dysarthrie est caractérisée par six des huit clusters, retrouvés aussi dans la dysarthrie flasque ou dans la dysarthrie spastique. L'insuffisance phonatoire et prosodique propre à la dysarthrie flasque n'apparaît pas pour la dysarthrie mixte. Les critères perceptifs établis pour cette dysarthrie par Darley et al. (1969a, 1969b, 1975) sont détaillés dans le **tableau 5**.

CLUSTERS PERCEPTIFS	CRITERES PERCEPTIFS DEVIANTS DE LA DYSARTHRIE MIXTE (ALS : FLASQUE-SPASTIQUE)	COTATION (1 à 7) (moyenne 3 juges)	RANG
INCOMPETENCE DE LA RESONANCE ET DE L'ARTICULATION	Imprécision des consonnes	4.39	1
	Hypernasalité	3.14	2
	Distorsions des voyelles	2.60	7
INCOMPETENCE DE LA RESONANCE	Imprécision des consonnes	4.39	1
	Hypernasalité	3.14	2
	Déperdition nasale	1.51	18
EXCES PROSODIQUE	Débit de parole (-) ralenti	2.89	4
	Accentuation excessive ou égalisation de l'accentuation	2.33	10
	Allongement des intervalles (entre les syll. et les mots)	2.21	11
	Allongement des sons	1.90	13
	Silences inappropriés	1.61	17
INSUFFISANCE PROSODIQUE	Monotonie	2.77	5
	Enoncés courts	2.89	6
	Mono-intensité	2.51	9
	Réduction de l'accentuation	1.95	13
STENOSE PHONATOIRE	Voix rauque	3.00	3
	Hauteur vocale (-) aggravée	2.59	8
	Voix serrée-étranglée	1.84	14
INCOMPETENCE PHONATOIRE	Enoncés courts	2.69	6
	Voix soufflée (en continu)	1.82	15
	Inspiration audible	1.65	16

Tableau 5 : *Clusters perceptifs, critères perceptifs déviants (cotations moyennes et rangs de la cotation par degré de sévérité) de la dysarthrie mixte (ALS : flasque-spastique) décrite par Darley et al. (1969a, 1969b, 1975).*

La prévalence de la dysarthrie mixte est notable, elle représente environ 30% des dysarthries selon les données issues de la cohorte (N=268, 1999-2008) de la Mayo Clinic (Rochester, Etats-Unis) (Duffy,

2013). L'étiologie neurodégénérative s'avère la plus fréquente pour ce sous-type de dysarthries, dans le cadre de pathologies telles que la paralysie supranucléaire progressive, l'atrophie multisystématisée, la dégénérescence cortico-basale. L'étiologie vasculaire vient ensuite, marquée par une prédominance des formes spastique-ataxique. La dysarthrie mixte est également retrouvée dans les étiologies traumatique, inflammatoire comme la sclérose en plaques, ou encore métabolique comme la maladie de Wilson (Duffy, 2013). Plusieurs dysarthries mixtes propres à des pathologies spécifiques sont bien documentées dans la littérature.

Selon les sous-systèmes neurophysiologiques atteints, la dysarthrie mixte concernera le niveau d'exécution motrice de la parole et/ou celui de la programmation motrice selon le modèle de Van der Merwe (1997, 2021).

→ La dysarthrie par atteinte unilatérale du premier motoneurone

La dysarthrie par atteinte unilatérale du premier motoneurone a été secondairement ajoutée par Duffy (2005) à la classification des dysarthries établie par Darley et al. (1969a, 1969b, 1975). Elle est en rapport avec une atteinte unilatérale de l'un des premiers motoneurones (droit ou gauche) (et non comme dans la dysarthrie spastique liée à une atteinte bilatérale du premier motoneurone).

Les clusters perceptifs décrits pour cette dysarthrie sont l'imprécision articulatoire, la sténose phonatoire, l'excès et/ou l'insuffisance prosodique, et l'incompétence de la résonance.

Selon le modèle de Van der Merwe (2021), tout comme pour la dysarthrie spastique, cette dysarthrie serait liée à une atteinte du niveau d'exécution motrice de la parole. Elle n'exclurait pas non plus un trouble de la programmation motrice au vu des aires cérébrales touchées, ce qui reste aujourd'hui débattu.

Limites de la classification des dysarthries de Darley et al. (1969a, 1969b, 1975)

Bien que constituant actuellement le cadre de référence en pratique clinique et en recherche pour caractériser les sous-types de dysarthries, la classification de Darley et al. (1969a, 1969b, 1975) présente plusieurs limites, du fait de sa validation insuffisante et d'autres biais méthodologiques (Kim et al., 2011). Auzou (2007) mentionne ainsi que les juges n'étaient pas en aveugle lors de l'écoute pour la cotation perceptive et connaissaient la pathologie sous-jacente des locuteurs. Le diagnostic médical et l'étiologie des dysarthries de ces derniers étaient d'autre part imprécis. Par ailleurs, la constitution des clusters retenus dans cette classification était et reste en partie fondée sur des choix arbitraires. Enfin, la description de la dysarthrie mixte se centrait uniquement sur les signes perceptifs de locuteurs ALS (Auzou, 2007). La critique relative au choix d'une approche perceptive par Darley et al. (1969a, 1969b, 1975) pourrait toutefois être nuancée par le fait que les moyens d'acquisition, de stockage et d'analyses des données audiovisuelles, moins développés et moins accessibles durant les années 70, la justifiaient alors peut-être davantage (Duffy, 2016).

Darley et al. (1969a) suggéraient que les profils perceptifs caractéristiques de chaque sous-type de dysarthrie pouvaient en prédire le diagnostic. La validité et la fiabilité des critères perceptifs retenus

dans cette classification ont ainsi été réévaluées à plusieurs reprises (Bunton et al., 2007 ; Zeplin & Kent, 1996 ; Zyski & Weisiger, 1987). Les travaux ont trouvé des taux de précision d'identification des auditeurs bas et insuffisants pour les différents sous-types de dysarthries, aspect traité plus avant dans l'article faisant l'objet du chapitre 2 de cette thèse.

Kent et al. (1999) ainsi que Kim et al. (2011) ont proposé la prise en compte de données acoustiques pour mieux distinguer les caractéristiques propres à chaque sous-type de dysarthrie, sur la base des performances dans les tâches de parole. Ces données n'ont pas été exposées dans la section ci-dessus se focalisant sur la classification de Darley et al. (1969a, 1969b, 1975) dans la mesure où elle constitue aujourd'hui la base du diagnostic des dysarthries. Elles seront davantage développées dans la discussion du chapitre 3 portant sur l'approche phonético-acoustique discrète de l'évaluation de la parole et dans la Discussion générale de cette thèse.

De fait, parallèlement à cette approche perceptive, des travaux se sont intéressés aux profils acoustiques, ou articulatoires-moteurs des locuteurs dysarthriques dans le cadre d'étiologies ou de pathologies spécifiques, ou encore pour chaque sous-type de dysarthries. Ces éléments viennent nourrir les données pour le diagnostic différentiel entre les sous-types de dysarthries, exposé à présent.

Diagnostic différentiel entre les sous-types de dysarthries

Concernant les dysarthries, le diagnostic différentiel entre les différents sous-types est généralement réalisé en clinique sur la base des données relatives au(x) système(s) neuro-physiopathologique(s) atteints sous-jacent(s). Ce critère renvoie aux fondements de la classification de Darley et al. (1969a, 1969b, 1975). Une atteinte vasculaire corticale pourra ainsi difficilement donner lieu à une dysarthrie ataxique.

Face à des atteintes cérébrales multiples donnant lieu à une dysarthrie mixte, il peut être pertinent de rechercher les composantes (sous-types dysarthriques) prédominantes, comme dans les dysarthries observées chez les locuteurs atteints d'une forme neurologique de maladie de Wilson où de possibles prédominances dysarthriques ataxique, hypokinétique et/ou hyperkinétique peuvent être retrouvées (Pernon, 2015). En effet, le repérage des sous-types dysarthriques dans les dysarthries mixtes présente un intérêt clinique. Il permet de suivre l'évolution des troubles de la parole et plus largement de la maladie (par exemple, changement possible de présentation clinique / de prédominance avec l'évolution dans certaines pathologies, ou apparition d'autres composantes en cas d'aggravation) ainsi que d'orienter plus précisément la prise en soin orthophonique.

En l'absence de telles données (par exemple, absence de lésions visibles initialement pour certaines maladies neurodégénératives), le clinicien détermine généralement le sous-type de dysarthrie à partir des critères perceptifs intégrés aux clusters perceptifs décrits pour chaque sous-type de dysarthrie de la classification de Darley et al. (1969a, 1969b, 1975),), sans nécessairement que la totalité d'entre eux soit retrouvé.

Cette démarche diagnostique peut être rendue difficile du fait de critères perceptifs partagés par plusieurs sous-types de dysarthries comme l'imprécision des consonnes qui les caractérise toutes. Certains critères perceptifs peuvent toutefois constituer des critères de diagnostic différentiel complétés par d'autres d'ordre sensori-moteur, ou encore acoustique.

Ces derniers seront aussi exposés ci-après, sans viser l'exhaustivité, lorsque des études, peu nombreuses en ce qui concerne la comparaison de plusieurs sous-types de dysarthries, mettent en évidence des critères distinctifs. De fait, malgré la proposition de Kent et de son équipe de classer les profils dysarthriques sur la base de données acoustiques (Kent et al., 1999 ; Kent et al., 2003 ; Kent & Kent, 2000 ; Kim et al., 2011), les dysarthries ont continué de davantage faire l'objet d'études acoustiques par sous-type ou par pathologie isolé(e), moins de manière comparative, ce qui aurait permis de dégager des métriques / marqueurs discriminants pour les classer et faciliter leur diagnostic différentiel.
Il est à noter que les critères articulatoires-moteurs seront ici aussi abordés dans la mesure où ils ont été traités dans la présentation de la sémiologie de l'AoS.

→ Critères perceptifs

Certains critères perceptifs sont communs à plusieurs sous-types de dysarthries, d'autres sont spécifiques de certaines. Ils contribueraient alors, selon Darley et al. (1969a, 1969b, 1975), en association avec les clusters qui les caractérisent, au diagnostic différentiel entre les sous-types de dysarthries.
Ainsi, le cluster insuffisance phonatoire et prosodique comportant la raucité vocale, la mono-intensité et la monotonie, est spécifique **des dysarthries flasque et ataxique** et pourrait permettre de les distinguer des autres sous-types. Le diagnostic de **dysarthrie flasque** pourra être retenu ensuite en présence d'un souffle continu, d'inspirations audibles et d'énoncés courts ; celui de **dysarthrie ataxique,** guidé par les productions en DDK AMRs très irrégulières (Duffy, 2013).
Dans les **dysarthries spastiques et hyperkinétiques**, les locuteurs présentent généralement une qualité de voix serrée. Le diagnostic pourra s'orienter vers une **dysarthrie spastique** si le débit de parole perçu lors de la production des DDK AMRs est très ralenti (Duffy, 2013).
L'hypophonie pourra être mise sur le compte d'une **dysarthrie hypokinétique** si elle est couplée avec une monotonie et une mono-intensité. De plus, les productions perçues en DDK AMRs des locuteurs avec une dysarthrie hypokinétique seront rapides et imprécises. La survenue de palilalies et d'accélérations du débit de parole sont pathognomoniques de cette dysarthrie si elles sont présentes (Duffy, 2013).

→ Critères acoustiques

. Nous présentons ci-après les résultats de quelques travaux comparant des groupes de locuteurs dysarthriques, avec le plus souvent des dysarthries différentes d'une étude à l'autre.

*** Niveau segmental vocalique**

Au niveau segmental, Tjaden et al. (2005) ont comparé des locuteurs présentant une **dysarthrie mixte flasque-spastique** dans le cadre d'une ALS, une **dysarthrie hypokinétique** dans le cadre d'une PD et neurotypiques sur l'espace vocalique des voyelles /I/, /ɛ/, and /ʊ/. Les mesures ont permis de distinguer les locuteurs avec une dysarthrie mixte flasque-spastique dont l'espace vocalique était plus réduit que ceux des deux autres groupes. Ces résultats ont été attribué aux différences de neuro-physiopathologie sous-jacente ou aux différences de degré de sévérité de dysarthries des sujets des deux groupes pathologiques (ALS > PD).

À partir de l'étude de plusieurs métriques vocaliques et d'espace vocalique, Audibert et Fougeron (2011) ont montré sur 3 groupes de locuteurs dysarthriques francophones 1) avec **dysarthrie mixte flasque-spastique** dans le cadre d'une ALS, 2) avec **dysarthrie hypokinétique** dans le cadre d'une maladie de Parkinson, 3) avec **dysarthrie ataxique** dans le cadre d'atteintes cérébelleuses, comparés à des locuteurs neurotypiques francophones, que la combinaison de plusieurs métriques était nécessaire pour mettre en évidence des perturbations chez les locuteurs pathologiques et pour définir des profils différents. Les locuteurs avec dysarthrie hypokinétique et ceux avec dysarthrie mixte flasque-spastique présentaient une réduction de l'aire de l'espace vocalique par rapport aux locuteurs avec dysarthrie ataxique et neurotypiques. La forte variabilité entre les exemplaires d'une même voyelle était retrouvée chez les locuteurs hypokinétiques et ataxiques, et non chez les locuteurs avec dysarthrie mixte. Seul le groupe avec dysarthrie mixte montrait une diminution de la plage de F2 et seul le groupe avec dysarthrie hypokinétique se caractérisait par une dispersion plus importante des voyelles de chaque catégorie et une attirance vers le centre de l'espace vocalique des différentes catégories. Ces variations spectrales n'étaient pas associées à des variations de durée des voyelles pour le groupe avec une dysarthrie hypokinétique. A l'inverse, pour les locuteurs avec dysarthrie mixte flasque-spastique et ceux avec dysarthrie ataxique, les variations spectrales s'accompagnaient d'un allongement significatif et d'une plus grande variabilité de la durée des voyelles, ce de manière plus marquée pour les locuteurs avec dysarthrie mixte flasque-spastique.

Plus récemment, Slis et al. (2021) ont examiné si la métrique acoustique de la variation quadratique totale des MFCC (ou TSC_MFCC, traduction de « total squared changes of Mel-Frequency Cepstral Coefficients ») permettait de fournir une information spectrale suffisante pour différencier deux groupes de locuteurs francophones pathologiques ayant une dysarthrie légère à modérée (**dysarthrie mixte flasque-spastique** dans le cadre d'une ALS, **dysarthrie hypokinétique** dans le cadre d'une PD) et un groupe de locuteurs neurotypiques, ce, lors de la production de séquences de glides vocaliques /ajajaj/, /ujujuj/ et /wiwiwi/. Les résultats obtenus sur les deux derniers glides ont montré des différences significatives entre les trois groupes. Particulièrement sur /ujujuj/, les productions des locuteurs avec une dysarthrie mixte flasque-

spastique ont présenté davantage de variabilité. Parmi ces locuteurs , ceux avec une dysarthrie mixte modérée ont réalisé des transitions acoustiques plus longues et des durées totales de séquences plus longues que celles des locuteurs avec une dysarthrie hypokinétique modérée et des locuteurs neurotypiques.

Dans la suite de cette étude, Lévêque et al. (2022) ont retrouvé une variabilité plus importantes sur ces trois mêmes séquences de glides vocaliques (mesurées acoustiquement à partir de la moyenne et du coefficient de variation de la variation quadratique totale des MFCC) chez des locuteurs présentant une **dysarthrie mixte flasque-spastique** dans le cadre d'une ALS par rapport à celle de locuteurs avec une **dysarthrie spastique** dans le cadre d'une sclérose latérale primitive. De plus, ces deux groupes de locuteurs ont montré de moindres changements acoustiques MFCC sur ces séquences de glides, également de durée plus longue, en comparaison de ceux de locuteurs avec une **dysarthrie flasque** (dans le cadre d'une amyotrophie bulbo-spinale – maladie de Kennedy).

*** Niveau segmental consonantique**

Concernant les consonnes, Antolik et Fougeron (2013) ont comparé les distorsions consonantiques (/d/, /t/, /g/, /k/, /s/ en syllabe CV en initiale de mots et /t/ aussi en syllabe CV médiane de mots) de 3 groupes de locuteurs francophones dysarthriques (1) **hypokinétiques** dans le cadre de la MP, 2) **mixtes flasque-spastique** dans le cadre de la ALS, 3) **ataxique** dans le cadre d'atteintes cérébelleuses et d'un groupe de locuteurs neurotypiques. Des profils différents entre les groupes de locuteurs dysarthriques ont été mis en évidence. Le groupe des locuteurs présentant une dysarthrie mixte flasque-spastique a produit un nombre de consonnes distordues plus important que les deux autres groupes de locuteurs pathologiques. Ces derniers montraient le même degré de distorsion consonantique. Les types de distorsions différaient entre les trois groupes de locuteurs dysarthriques. Dans le groupe des locuteurs avec une dysarthrie mixte flasque-spastique, les distorsions les plus fréquentes étaient les fermetures incomplètes de consonnes occlusives alors que le dévoisement des consonnes sonores s'avérait plus fréquent pour les groupes de locuteurs avec une dysarthrie hypokinétique et ceux avec une dysarthrie ataxique. Les consonnes sonores étaient ainsi plus touchées dans ces deux derniers groupes. Les locuteurs présentant une dysarthrie hypokinétique se distinguaient par des distorsions plus fréquentes des consonnes en position médiane par rapport aux autres groupes de locuteurs .

*** Gestion temporelle de la parole :**

Au niveau de la gestion temporelle de la parole, l'étude de Ziegler (2002) a montré des durées syllabiques plus longues chez les locuteurs présentant une **dysarthrie ataxique** que chez ceux avec une **dysarthrie mixte** (étiologies vasculaire et traumatique) et avec une **dysarthrie hypokinétique** dans le cadre d'une maladie de Parkinson (PD) en répétition de phrases.

Ziegler et al. (2019) ont aussi montré sur une large cohorte que le débit de parole en tâches de DDK AMRs et SMRs de locuteurs **dysarthriques ataxiques** était plus lent que celui de locuteurs **dysarthriques hypokinétiques** atteints d'une maladie de Parkinson.

→ Critères articulatoires-moteurs

Les données sensori-motrices oro-faciales de l'évaluation (lors et en dehors de la production de la parole) pourront guider le clinicien sur le(s) système(s) neurophysiologique(s) atteint(s) (Duffy, 2013). Ainsi, l'atrophie et les fasciculations linguales pourront être observées chez des patients présentant une **dysarthrie flasque** (ce, de manière non systématique).

Dans le cadre des **dysarthriques hyperkinétiques,** on pourra s'attendre à retrouver des mouvements anormaux, au repos et/ou lors du maintien de certains gestes, au cours des mouvements, ou uniquement lors de la parole.

La **dysarthrie spastique** s'accompagne souvent de réflexes vifs (vélopalatin, nauséeux, mentonnier…), d'une labilité émotionnelle et d'un rire et pleurer spasmodique.

Dans la **dysarthrie ataxique**, la dysmétrie des mouvements oro-faciaux (trouble de la coordination des mouvements dans l'espace) est spécifique, non retrouvée dans les autres dysarthries.

Dans la **dysarthrie hypokinétique**, il existe souvent une diminution de l'expressivité oro-faciale (hypomimie), un tremblement oro-facial et une réduction de l'amplitude des mouvements.

Les critères sur lesquels repose le diagnostic différentiel entre les MSDs s'avèrent ainsi de différentes nature : perceptive, acoustique, articulatoire-motrice, relatifs aux tâches de parole, aux variables psycholinguistiques. Pour qu'ils puissent être mis en évidence lors de l'examen de la parole et pour affiner la caractérisation des MSDs, différentes approches d'évaluation permettant leur mesure seraient nécessaires, venant compléter l'approche perceptive dominante. Elles seront exposées dans la seconde partie de cette introduction, tout comme les outils d'évaluation de la parole des locuteurs avec un MSD disponibles et les tâches de parole sur lesquelles elles s'appuient.

1.2. Evaluation clinique de la parole des locuteurs présentant un trouble moteur acquis de la parole : quelles approches et quels outils ?

1.2.1. Objectifs et composantes de l'évaluation de la parole des locuteurs avec un MSD

Objectifs de l'évaluation de la parole des locuteurs présentant un MSD

L'examen de la parole vise tout d'abord à poser un diagnostic du trouble de la parole présenté par les patients à partir des signes objectivés, à déterminer le degré de sévérité de leur potentiel MSD, le degré de réduction de l'intelligibilité de leur parole et ses répercussions en vie quotidienne. Cette évaluation a également pour but de décrire, de caractériser le déficit de parole à travers les dimensions de parole touchées et la demande cognitivo-motrice requise pour sa production. Les objectifs de l'examen de la parole concernent aussi le suivi au long cours de l'évolution du MSD au moyen d'évaluations comparatives. Les données recueillies permettent également de guider le clinicien dans l'établissement d'objectifs et d'axes de suivi si une prise en soin s'avère nécessaire. Les résultats du bilan pourront aussi s'avérer contributifs pour la pose du diagnostic médical dans certains cas de MSDs, telle l'existence de signes d'apraxie de la parole dans une pathologie neurodégénérative, pouvant orienter le diagnostic (Duffy, 2013). Enfin, plus largement, cette évaluation s'intéressera aux retentissements sur la qualité de vie et l'autonomie des patients.

Composantes de l'évaluation de la parole des locuteurs avec un MSD

Cette démarche d'évaluation clinique de la parole des locuteurs présentant un MSD se situe au cœur d'une méthodologie et d'un raisonnement clinique associant plusieurs composantes. Le clinicien les combine souvent selon l'objectif de l'évaluation, l'état général du patient, pouvant être alité, et de ses troubles associés, ou encore selon les contraintes relatives à son exercice professionnel (aspects matériels : moyens financiers et outils à disposition, espace de travail, temps dont le clinicien dispose…). Ces composantes de l'évaluation de la parole concernent :

- **une ou plusieurs approches d'évaluation de la parole** (perceptive globale, phonético-acoustique discrète par dimension de parole, motrice-articulatoire, centrée sur la plainte / ressenti du locuteur). Les éléments issus de l'anamnèse du patient, de l'examen médical clinique, des biomarqueurs et des données de neuroimagerie (IRM cérébrale par exemple), des explorations neurophysiologiques (par exemple, données d'EMG : électromyographie) peuvent venir la compléter ;
- **des tâches de parole** (répétition, lecture…) aux propriétés relatives aux dimensions de parole en jeu (respiration, prosodie, résonance…) et à leur demande cognitivo-motrice ;
- **des données quantitatives (mesures, marqueurs, critères quantifiés) et qualitatives** déterminées en partie par les composantes précédentes ainsi que par les outils disponibles.

Caractéristiques des outils francophones d'évaluation des locuteurs avec un MSD

En langue française, il est à noter que les cliniciens disposent de peu d'outils aisément accessibles, permettant d'évaluer la voix et la parole des locuteurs avec un potentiel MSD. Ils ne sont pas normés le plus souvent, ni validés, sinon partiellement, et s'avèrent ainsi subjectifs (Pommée et al., 2021). Un grand nombre d'entre eux sont destinés à l'évaluation des dysarthries, telle la BECD (Auzou et Rolland-Monnoury, 2006, 2019). Certains, comme le protocole MonPaGe-2.0.s présenté plus avant dans le chapitre 3 de cette thèse, visent l'examen des dysarthries et des AoS (Fougeron et al., 2016 ; Fougeron, Delvaux, Ménard, & Laganaro, 2018 ; Laganaro et al., 2021 ; Pernon et al., 2020).

Les outils dédiés à l'évaluation isolée de l'apraxie de la parole, essentiellement basés sur une approche perceptive, ne sont pas validés en langue française. Ces derniers se présentent sous la forme de listes de signes, d'échelles perceptives, tel que l'Apraxia of Speech Rating Scale : ASRS (versions 1 à 3 : Hybbinnette et al., 2021 ; Strand et al., 2014 ; Utianski et al., 2018 ; Wambaugh et al., 2019). D'autres outils proposent une comptabilisation perceptive discrète des taux d'erreurs segmentales ou suprasegmentales (Ballard, 2016 ; DIAS : Jonkers et al., 2017). L'évaluation de l'apraxie de la parole peut également réunir une série de tâches de parole spécifiques, couplées à un examen de la motricité oro-faciale visant à rechercher une éventuelle apraxie bucco-faciale associée (ABA-2, Dabul, 2000).

Globalement, jusqu'à présent, en pratique clinique, la démarche diagnostique prédominante pour l'apraxie de la parole dans les pays francophones demeure le recours à des tests /batteries /échelles destinés à l'évaluation de la dysarthrie ou du langage. Il leur manque cependant parfois des tâches de parole ou des items spécifiques des critères diagnostiques des apraxies de la parole, pour laquelle, certes, ils n'ont pas été développés initialement.

Les différents outils/batteries/tests/échelles seront davantage détaillés ci-après lors de la présentation de chacune des approches d'évaluation de la parole faisant l'objet de cette thèse.

Nous aborderons ainsi à présent les approches d'évaluation de la parole des locuteurs avec un MSD suivantes : 1) perceptive globale, 2) phonético-acoustique discrète par dimension de la parole et, 3) cognitive exploratoire de la demande attentionnelle et exécutive de parole. Dans un second temps, les tâches de parole sur lesquelles elles reposent seront présentées selon leurs propriétés (dimensions de parole en jeu et demande cognitivo-motrice).

1.2.2. Approche auditivo-perceptive globale d'évaluation de la parole des locuteurs avec un MSD

L'approche auditivo-perceptive globale constitue actuellement le « gold standard » en pratique clinique pour l'évaluation, le diagnostic et la prise en soins des dysarthries et des apraxies de la parole. L'enquête menée par Pommée (2021) l'a récemment confirmé auprès de 119 cliniciens francophones.

Cette approche a pour but de repérer, selon les perceptions auditives propres à l'auditeur/examinateur, les perturbations de la parole du locuteur présentant un MSD (Duffy, 2013). Son usage est par ailleurs sans doute favorisé par la caractérisation perceptive des dysarthries au sein de leur classification actuelle (Darley et al., 1969a, 1969b, 1975 ; Duffy, 2005). De plus, sa prédominance en clinique pourrait s'expliquer aussi par le manque de marqueurs robustes, valides et sensibles de nature acoustique, articulatoire, etc. (Delvaux & Pillot-Loiseau, 2020 ; Simmons & Mayo, 1997).

Approche auditivo-perceptive globale : quelles finalités pour l'évaluation ?

Cette approche auditivo-perceptive globale est préférentiellement utilisée pour la détermination du degré de sévérité du MSD, de son caractère naturel et du degré d'intelligibilité de la parole. Ces deux dernières dimensions peuvent être considérées l'une ou l'autre comme des marqueurs de sévérité du MSD (Auzou et al., 2007 ; Duffy, 2013). Le caractère naturel de la parole renvoie à la notion de parole perçue comme normale. L'altération, même très légère d'une ou plusieurs dimensions de parole (respiration, voix, articulation, résonance, prosodie), se répercute sur ce critère. Quant à l'intelligibilité, elle est considérée comme le décodage acoustico-phonétique d'un énoncé selon la définition récente issue du consensus par méthode de Delphes d'un groupe de 40 experts internationaux (Pommée et al., 2022). Cette notion est souvent confondue avec la compréhensibilité, plus fonctionnelle et complémentaire, qui se rapporte à la reconstruction de la signification du message par l'auditeur / interlocuteur en rapport avec le contexte communicationnel : indices linguistiques (sémantiques, syntaxiques, discursifs), gestuels, situationnels (Ghio et al., 2021 ; Lalain et al., 2022).

L'approche auditivo-perceptive globale permet aussi d'isoler de façon rapide les caractéristiques principales les plus saillantes de la parole du patient avec un MSD (Auzou et al., 2007), souvent associées aux dimensions de la parole (respiration, voix, résonance, articulation, prosodie), ou encore aux dimensions plus globales d'intelligibilité et de caractère naturel de la parole.

L'approche auditivo-perceptive globale est aussi privilégiée pour le diagnostic différentiel, le jugement de sévérité, l'évaluation des changements de la voix et de la parole durant le suivi et pour les décisions concernant la prise en soin (Auzou et al., 2007 ; Duffy et al., 2013). De fait, elle offre un accès immédiat à des informations relatives à la voix et à la parole perturbée permettant un gain de temps et une économie de matériel ainsi qu'une description rapide des caractéristiques de la voix et de la parole des patients (Kent, 1996).

Méthodologie de l'évaluation perceptive globale

Les signes ou traits perceptifs peuvent être rapportés de manière libre par le clinicien ou de manière plus analytique et standardisée à partir d'une grille constituée d'une liste de signes perceptifs pré-définis, tels ceux de Darley et al. (1969a, 1969b, 1975) décrits plus haut. Ces grilles peuvent porter sur

les différentes dimensions de parole et permettent de quantifier leur degré d'altération tout comme ceux de chacun des critères perceptifs (Auzou et al., 2007).

Le jugement perceptif peut également s'effectuer via des échelles visuelles analogiques et/ou à partir d'une estimation directe de la présence et de l'importance de ces critères par l'attribution d'un score (Pommée et al., 2021a).

Cette évaluation perceptive peut s'effectuer à partir de différentes tâches de parole, préférentiellement en parole continue en clinique, car considérée comme plus proche des productions de parole en vie quotidienne.

Outils francophones d'évaluation des MSDs à partir d'une approche perceptive globale

Parmi les outils existant en langue française, nous pouvons mentionner la grille perceptive de la Batterie d'Evaluation Clinique de la Dysarthrie (BECD) (Auzou & Rolland-Monnoury, 2006, 2019), destinée aux dysarthries, reprenant en grande partie la liste initiale des critères perceptifs utilisés par Darley et al. (1969a, 1969b, 1975) pour établir la classification actuelle des dysarthries. Trente-cinq critères perceptifs ont été intégrés à la grille perceptive de la Batterie d'Evaluation Clinique de la Dysarthrie : BECD (Auzou & Rolland-Monnoury, 2006, 2019), regroupés en 5 grands domaines : qualité vocale (12 critères), réalisation phonétique (6 critères), prosodie (12 critères), respiration (3 critères), intelligibilité et caractère naturel de la parole, soit 2 domaines globaux. La cotation s'effectue en direct ou en différé sur une échelle à 5 niveaux (0 à 4), reflétant la sévérité et/ou la fréquence de la présence des critères perceptifs dans la parole. Le score perceptif total de ces domaines est considéré comme un reflet de la sévérité de la dysarthrie du locuteur. Les auteurs recommandent de la réaliser à partir d'une tâche de parole continue, de parole conversationnelle ou de lecture à voix haute, où les déficits de parole / voix des MSDs pourraient davantage s'exprimer (prosodie, débit de parole, précision articulatoire). Cela viendrait aussi faciliter la cotation des catégories globales de l'intelligibilité et du caractère naturel (Bunton et al., 2007).

L'échelle GRABS-I (Hirano, 1981 ; Dejonckere et al., 1996), intégrée à la première version de la BECD (Auzou & Rolland-Monnoury, 1996), permet une évaluation perceptive de la voix. Elle est destinée à l'évaluation des locuteurs atteints de pathologies neurologiques, ORL. Elle peut aussi être administrée dans le cadre d'atteintes fonctionnelles. Elle est basée sur l'évaluation de six paramètres cotés sur une échelle à 4 degrés de sévérité, à savoir : (i) le grade global de la dysphonie (G :Grade), (ii) le degré de raucité de la voix (R : Roughness), (iii) le souffle (B : Breathiness), (iv) la faiblesse vocale ou asthénie vocale (A : Aesthenia), (v) le forçage vocal (S : Strain) et (vi) l'instabilité de la voix, ajouté ultérieurement par Dejonckere et al. (1996) (I : Instability).

A notre connaissance, nous ne disposons pas d'outils validés en langue française permettant d'évaluer spécifiquement les AoS, ou à la fois les AoS et les dysarthries dans le cadre d'une approche perceptive globale.

Biais et limites de l'approche auditivo-perceptive globale

Cette approche auditivo-perceptive globale présente cependant quelques biais et limites qui viennent justifier le recours à des approches d'évaluation de la parole complémentaires. Ces limites et les facteurs pouvant influencer cette approche perceptive (tels les locuteurs, les sous-type de MSDs, la sévérité du MSD, le degré d'expertise de l'auditeur, la tâche de parole et le corpus) sont davantage développés dans l'Introduction de l'article faisant l'objet du chapitre 2, à laquelle nous renvoyons le lecteur.

Ces biais sont liés en partie aux représentations internes des traits perceptifs par les auditeurs, lui conférant une part de subjectivité. Bien qu'une majeure partie de la représentation interne de ces traits perceptifs soit partagée par les cliniciens, ils dépendent aussi de leur expérience et expertise (fonction du nombre d'années d'exercice, du nombre de patients suivis présentant un MSD, du degré de familiarité avec les différents sous-types de MSDs, avec les pathologies sous-jacentes, du degré de sévérité du MSD des patients suivis, du lieu d'exercice), et du type et de la quantité d'entraînement spécifique portant sur l'écoute et la caractérisation perceptive de ces troubles (Kim et al. , 2011). De fait, comme Duffy (2013) le souligne, il est possible que l'expérience et l'expertise puissent conduire le clinicien à développer une approche perceptive holistique d'évaluation (quasi-intuitive ?) reposant sur une reconnaissance de patterns (impression perceptive relative à un ensemble de signes). Cela lui permettrait d'accéder directement à la caractérisation, à la pose du diagnostic du MSD, sans se reposer sur un listing systématique des signes présentés par le patient :

> Experienced clinicians probably arrive at a diagnosis through perception of a gestalt of speech abnormalities (i.e., pattern recognition) rather than a simple listing of deviant characteristics. However, the pattern is created by the co-occurrence of individual characteristics, the presence of which should be documented in support of the diagnosis (p. 362).

Duffy (2013) précise par ailleurs :

> They recognize the speech pattern as a familiar tune, the genre of tune represented by a specific MSD type (p.80).

Sheard et al. (1991) notait que l'évaluation de dimensions séparées, souvent hautement corrélées, pouvaient refléter en réalité la perception globale d'un certain nombre de caractéristiques de parole concurrentes et saillantes, communes à plusieurs d'entre elles. Comme souligné par Duffy (2013), le retour à une approche analytique des signes perceptifs reste cependant nécessaire afin de caractériser la parole du patient et justifier son diagnostic clinique.

A ces limites, viennent s'ajouter le partage/chevauchement de caractéristiques perceptives entre les dysarthries et les apraxies de la parole, leur association fréquente et l'absence – à ce jour - de consensus international sur les critères diagnostiques principaux des AoS, rendant peu aisé leur diagnostic différentiel.

1.2.3. Approche phonético-acoustique discrète par dimension de parole des locuteurs avec un MSD

L'approche phonético-acoustique discrète par dimension de la parole porte sur une analyse multidimensionnelle à travers l'évaluation de la respiration, de la voix/fonction laryngée, de la prosodie, de l'articulation, de la résonance et de l'intelligibilité, ce, à partir de tâches de parole qui fournissent le corpus nécessaire aux analyses, sur lesquelles nous reviendrons à la fin de cette partie (Auzou et al., 2007 ; Duffy, 2013).

Dimensions de la parole

La dimension de la **respiration** est centrée sur la coordination pneumo-phonique, la gestion du souffle phonatoire mis en jeu pour la production motrice de la parole.

La dimension de la **voix** fait référence à la fonction laryngée, au mode de vibration des plis vocaux et s'appuie sur des paramètres de hauteur, d'intensité vocales, de timbre/qualité vocale.

La dimension articulation renvoie à la mise en jeu des articulateurs supra-laryngés lors de la production motrice de la parole et à leur précision dans la production des consonnes, des voyelles et dans la coarticulation.

La dimension de **résonance** s'intéresse à la manière dont les sons sont produits à travers les cavités du conduit vocal, plus spécifiquement centrée généralement sur ceux réalisés au sein de la cavité orale versus de la cavité nasale.

La dimension **prosodie** réfère aux phénomènes d'intonation et d'accentuation, en jeu au travers de ses différentes fonctions (modale, démarcative, expressive), faisant intervenir des paramètres tels que la hauteur vocale, l'intensité vocale, le timbre, la durée. La **gestion temporelle de la parole**, ainsi en lien avec la prosodie ou considérée comme l'une de ses composantes, analyse le rythme, la fluence de la parole (débit de parole, débit articulatoire, pauses, disfluences, durées relatives des segments ou des syllabes) (Vaissière, 2020).

Analyses auditivo-perceptives phonétiques discrètes

Cette approche va pouvoir s'appuyer sur des analyses auditivo-perceptives phonétiques discrètes, le plus souvent du niveau segmental de la production de la parole, portant sur des sons isolés, parfois sur des syllabes. Elle reflète l'articulation des sons voyelles et des consonnes dont l'altération est retrouvée dans la majorité des MSDs, avec la présence de distorsions de sons. Elle peut s'effectuer via une transcription phonétique large ou étroite du corpus, au moyen, par exemple, de l'alphabet phonétique international. Généralement, le dénombrement et l'analyse des types altérations par catégorie de sons, comme les distorsions, les substitutions distordues, les additions de sons, les allongements de sons, les dévoisements, etc, sont réalisés. Cette analyse, potentiellement sujette à des phénomènes de restauration phonémique, peut être assistée par la visualisation du signal acoustique et/ou par des analyses acoustiques (Ball, 2021 ; Ball et al., 2021 ; Cucchiarini & Strik, 2021).

L'évaluation auditivo-perceptive phonétique discrète de l'intelligibilité requiert, quant à elle, un matériel de parole non prédictible (pseudo-mots, mots, paires minimales, phrases non prédictibles, produits le plus souvent en lecture à voix haute) qui fait l'objet d'une transcription phonétique large ou étroite dont les stimuli, retranscrits, sont dénombrés comme correct ou incorrect (Pommée et al., 2022). L'analyse des erreurs segmentales de décodage acoustico-phonétique des auditeurs / examinateurs peuvent fournir également des indications sur les déficits articulatoires d'un locuteur.

Outils francophones d'évaluation des MSDs à partir d'analyses phonétiques perceptives discrètes

Au sein des outils francophones disponibles, les analyses phonétiques segmentales seront abordées à travers des tâches de parole de répétition et/ou de lecture à voix haute de sons, de syllabes, de mots simples et complexes (BECD : Auzou & Rolland-Monnoury, 2006, 2019) ou encore de pseudo-mots (protocole MonPaGe-2.0.s : Fougeron et al., 2016 ; Fougeron, Delvaux, Ménard, & Laganaro, 2018 ; Laganaro et al., 2021 ; Pernon et al., 2020). La quantification des erreurs intègre peu souvent une analyse en fonction des types d'erreurs segmentales (McNeil et al., 2017), mais majoritairement un score global.

Les tests d'intelligibilité peuvent également permettre des analyses phonétiques perceptives discrètes des erreurs segmentales, dans ce but précis ou de manière indirecte. Ainsi, le Score d'intelligibilité mots et phrases (SI) de la BECD, le FDA-2 (Enderby & Palmer, 2008 ; adaptation française par Ghio et al., 2020), le module d'intelligibilité du protocole MonPaGe-2.0.s, les proposent indirecement sur des mots ou des phrases dans des tâches de transcription phonétique. Le test d'intelligibilité basé sur le décodage acoustico-phonétique de 52 pseudo-mots (Ghio et al., 2021 ; Lalain et al., 2020 ; Marczyk et al., 2022) met à disposition une analyse prenant en compte les traits phonologiques perçus à partir d'un matériel non prédictible (pseudo-mots). La BECD inclue également une tâche de reconnaissance de mots à choix multiple, à savoir le Test Phonétique d'Intelligibilité (TPI).

Analyses acoustiques

Ces analyses phonétiques perceptives discrètes par dimension peuvent être couplées à des analyses acoustiques du signal, spectrales, permettant de recueillir des mesures acoustiques relatives aux différentes dimensions de la parole (Forrest & Weismer, 2009). Cette approche présente l'avantage d'être plus objective que l'approche perceptive (Meluzzi, 2021) et non invasive (Forrest et Weismer, 2009). Papakyritsis (2021) rappelle que la sélection et l'interprétation des mesures acoustiques est directement reliée aux tâches de parole utilisées, traitées plus loin. Par exemple, la tâche de parole de tenue vocalique, permet d'isoler le système pneumo-phonatoire (respiration et phonation) et d'effectuer un ensemble de mesures acoustiques de la fonction laryngée (Kent et al., 2003).

L'acquisition de données acoustiques est aujourd'hui facilitée grâce à l'informatisation des outils d'évaluation permettant de réaliser des enregistrements audios et/ou de visualiser le signal acoustique (oscillogramme, spectrogramme, coupe spectrale), ou grâce à la mise à disposition de logiciels

d'enregistrement gratuits. La qualité audio obtenue s'avère généralement suffisante si les principes de base de l'enregistrement sont respectés (bonne orientation du micro, absence de bruits externes).

Outils francophones d'évaluation des MSDs à partir d'analyses acoustiques

DIMENSION	mesure /marqueur	test /outil
VOIX		
hauteur vocale	fréquence fondamentale moyenne, médiane (f0, fum)	Vocalab 4.1, Diadolab 3, BECD
intensité vocale	amplitude du signal (dB)	BECD
qualité vocale	shimmer	MonPaGe-2.0.s (Shimmer APQ11)
	Jitter	MonPaGe-2.0.s (Jitter PPQ5)
	f0 SD	MonPaGe-2.0.s, Vocalab 4.1
	AVQI	
	CPPS	MonPaGe-2.0.s
	HNR (ratio harmoniques sur bruit)	
	ruptures de f0 (nb)	
étendue vocale	f0 max – fo min (en Hz, en demi-ton)	Vocalab 4.1.
aire dynamique vocale	Hz, demi-ton / dB	Vocalab 4.1.
modulation de l'intensité vocale	amplitude en dB (voix faible, normale, forte, très forte)	BECD
TMP [a] tenu	durée en sec.	Vocalab 4.1., BECD,MonPaGe-2.0.s
ARTICULATION / RESONANCE		
voyelles	valeurs absolues des formants F1, F2, F3 (moyennes, mesures en différents points) différence F1-F0, F2-F1, F2-F1	
espace vocalique	valeurs des formants F1, F2, F3 des voyelles distance euclidienne entre F1 et F2	Diadolab 3
consonnes voisées	barre de voisement	
consonnes occlusives	VOT, durée de la fermeture, durée totale, burst, mouvement de F2	
consonnes fricatives	centre de gravité spectral (Hz)	
(hyper)nasalité	concentration d'énergie sous 500 Hz concentration d'énergie autour de 1000-2000 Hz présence de zéros spectraux	
coarticulation	pente de F2, ratios formantiques V2/V1, VOT	
SUPRASEGMENTAL / PROSODIE		
intonation → fonction modale (interrogative vs assertive)	étendue de f0 (max-min) (Hz, demi-ton) comparaison étendue de f0 (max-min) (Hz, demi-ton) étendue d'amplitude (max-min) (dB)	Vocalab 4.1, BECD, MonPaGe-2.0.s
gestion temporelle	débit de parole (nb de syll. / sec., nb de phon. / sec.) débit articulatoire (nb de syll./sec., nb de phon./sec.) durée des sons, des syllabes pauses (nombre, durée totale, durée moyenne % durée total de parole)	Diadolab 3, BECD, MonPaGe-2.0.s MonPaGe-2.0.s Diadolab 3
rythme	allongement de son (sec., ms) PVI (pairwise variability index) n-PVI (normalized pairwise variability index)	

Notes. **BECD** : Auzou et Rolland-Monnoury (2006, 2019) ; **Diadolab 3** : Menin-Sicard et Sicard (2020); Sicard et Menin-Sicard (2020a) ; **MonPaGe-2.0.s.** : Fougeron et al. (2016) ; Fougeron et al. (2018) ; Laganaro et al. (2021) ; Pernon et al. (2020) ; **Vocalab 4.1** : Menin-Sicard et Sicard (2020) ; Sicard et Menin-Sicard (2020b).

Tableau 6 : *mesures / marqueurs acoustiques par dimension de parole couramment utilisés en clinique et outils francophones les intégrant (liste non exhautive) (adapté de Forrest & Weismer, 2009 ; Fougeron, 2013 ; Meluzzi, 2021 ; Papakyritsis, 2021).*

Quelques outils francophones d'évaluation des MSDs intègrent des mesures acoustiques, tels les relevés acoustiques proposés par la BECD (Auzou & Rolland-Monnoury, 2006, 2019), ou les analyses réalisées dans le cadre des logiciels Diadolab 3 (Sicard & Menin-Sicard, 2020a), ou encore Vocalab 4.1 (Sicard & Menin-Sicard, 2020b), ou les marqueurs acoustiques du protocole MonPaGe-2.0.s qui sont détaillés au sein du chapitre 3 (Fougeron et al., 2016 ; Fougeron, Delvaux, Ménard, & Laganaro, 2018 ; Laganaro et al., 2021 ; Pernon et al., 2020).

Dans l'ensemble, les analyses acoustiques se focalisent davantage sur le niveau laryngé, moins sur le niveau segmental et les paramètres prosodiques, ce qui pourrait s'expliquer par la difficulté à trouver des métriques appropriées (Fougeron, 2013).

Dans le **tableau 6**, nous rapportons, par dimension, les mesures / marqueurs acoustiques habituellement utilisés en contexte clinique ainsi que les outils francophones qui les analysent (liste non exhaustive).

1.2.4. Approche cognitive exploratoire de la demande attentionnelle et exécutive de parole en condition de double tâche

L'évaluation perceptive prédominante et celle phonético-acoustique discrète s'appuyant sur les tests /batteries plus récemment validés, s'effectuent classiquement sur la base d'un examen des différentes dimensions de parole. Elles ne proposent généralement pas de déterminer objectivement les effets de la demande attentionnelle et exécutive lors de la production motrice de parole qui s'inscrirait dans une approche cognitive de son évaluation.

L'approche cognitive de l'évaluation de la parole pourrait se définir plus largement comme concernant l'examen des processus et des ressources attentionnels, exécutifs, voire mnésiques et perceptifs (auditifs, visuels, tactiles, proprioceptifs) en jeu dans la production motrice de la parole. Elle renvoie au concept de contrôle moteur de la parole (« speech motor control ») défini plus haut, conduisant à considérer la parole comme étant à la fois une fonction motrice et cognitive, hautement complexe, dont la finalité consiste en un signal acoustique cible lors de la réalisation/exécution du mouvement de parole (Kent, 2004 ; Rahilly & Lowry, 2021). De fait, en tant qu'activité cognitive, la parole sous-entend des apprentissages moteurs, le stockage de patterns / schémas / plans moteurs en mémoire procédurale pouvant être modifiés, la mise en jeu d'une initiation, de processus attentionnels, exécutifs (inhibition, flexibilité, planification, etc.). Elle implique également une adaptation aux contraintes linguistiques (pragmatique, sémantique, syntaxique, phonologique, morphologique, etc.) et contextuelles (modalité d'entrée et de sortie, conditions de réalisation de la tâche, auto-initiation/auto-génération de la parole ou incitation, consignes, etc.), une régulation et un contrôle par ses interactions avec les systèmes perceptifs et sensoriels (auditif, proprioceptif, tactile) au moyen de boucles prédictives et de feedbacks, tels qu'apparaissant au sein des modélisations psycholinguistiques ou neuro-computationnelles de la production motrice de la parole (i.e., Guenther, 2016 ; Van der Merwe, 1997, 2021).

Dans le cadre de cette approche cognitive exploratoire, nous étudierons ici plus spécifiquement l'impact et la demande des processus et des ressources attentionnels et exécutifs sur la production motrice de la parole à travers le paradigme de double tâche. Cet aspect de l'approche cognitive pourrait être classé comme l'étude de l'adaptation de la parole aux conditions de production requérant des ressources attentionnelles et exécutives.

L'intérêt spécifique pour leur influence lors de la parole s'inscrit dans une perspective « écologique », plus proche du quotidien du locuteur. De fait, la vie quotidienne place souvent les individus dans des situations de double tâche (Rousseaux et al., 2001), constituant « plutôt la règle que l'exception » (Lane, 1982, in Zimmermann, 2001).Le locuteur réalise ainsi souvent autre chose lorsqu'il est en train de parler, comme par exemple, marcher, plus largement se mouvoir, effectuer une autre action comme conduire, etc. Il pourra aussi se retrouver en condition de double tâche de manière plus passive, du fait des multiples stimuli environnants ou relatifs à ses échanges avec des interlocuteurs (visuels, auditifs, verbaux-langagiers…). Dans ces situations de double tâche, le locuteur est ainsi amené à devoir traiter deux ou plusieurs tâches simultanément. Celles-ci pourront interférer selon leur nature et propriétés, aspects sur lesquels nous reviendrons plus loin. Ces situations de double tâche s'avèrent constituer des sources de difficultés pour les locuteurs avec un MSD, faisant l'objet, parfois, de leur plainte principale. Elles peuvent être majorées par l'existence fréquente de déficits attentionnels et exécutifs associés.

Dans un premier temps, avant de développer le rôle et la place de l'attention et des fonctions exécutives dans la production motrice de la parole, nous attacherons tout d'abord à les définir.

Seront ensuite abordées les modélisations / théories permettant d'expliquer l'interférence attentionnelle observée en double tâche. Puis, sera proposée une vue d'ensemble des locuteurs, des propriétés des tâches, des paramètres étudiés au sein des travaux ayant porté sur les effets de la double tâche sur la production motrice de la parole, soulignant leur diversité. Enfin, les données relatives aux effets de la double tâche sur la gestion temporelle de la parole, faisant l'objet d'une étude de cette thèse, seront résumées.

Il est à noter que les aspects théoriques de la double tâche seront davantage développés dans cette Introduction générale car ils ne seront pas repris au chapitre 4 cette thèse portant sur une « étude exploratoire de l'effet bidirectionnel de double tâche chez des locuteurs neurotypiques en fonction de la nature et des propriétés des tâches de parole et non verbales ».

Définition de l'attention

L'attention est considérée un « ensemble de phénomènes régulateurs permettant d'optimiser l'efficience (rapidité / précision) cognitive » (Godefroy et al., 2001). Il ne s'agit donc pas d'un processus unitaire correspondant à une opération mentale unique. Des facultés attentionnelles intactes s'avèrent indispensables à toute activité cognitive (Leclercq & Zimmermann, 2000).

L'attention peut être fragmentée en une variété de composantes, pour lesquelles de nombreuses modélisations théoriques ont été proposées (Rousseaux et al., 2006).

Dans le cadre de cette thèse, nous nous réfèrerons au modèle de Van Zomeren et Brouwer (1994), qui distingue deux grands domaines attentionnels : la sélectivité et l'intensité, auxquelles s'ajoute un Système Attentionnel Superviseur (SAS).

- **La sélectivité** regroupe **l'attention sélective** (encore appelée attention focalisée) et **l'attention divisée**. L'attention sélective correspond à la capacité à concentrer son attention sur un stimulus prédéterminé (la cible) et à ignorer les distracteurs (rejetés et inhibés) afin d'éviter toute interférence. L'attention divisée concerne, pour sa part, la capacité à partager ses ressources attentionnelles entre plusieurs stimuli pertinents présentés simultanément.

- **L'intensité**, quant à elle, intègre **l'alerte** et **l'attention soutenue**. L'alerte se définit comme la mobilisation énergétique de l'attention, à la fois en termes d'état d'éveil global de l'organisme, subissant des variations au cours de la journée et de rehaussement subit de l'attention dans l'attente d'un stimulus connu. L'attention soutenue renvoie au maintien d'un certain niveau d'activation attentionnelle visant à conserver le même niveau de sélection sensorielle et de réponse sur une longue durée.

- **Le système superviseur attentionnel**, quant à lui, constitue un mécanisme de contrôle de l'attention qui permet la modulation de ses différentes composantes et la mise en place de stratégies pour les tâches non routinières. Ce sous-système attentionnel touche ici de près au rôle assigné également aux fonctions exécutives, avec lesquelles, comme nous le verrons plus loin, la frontière et/ou l'appartenance demeurent floues.

Définition des fonctions exécutives

Quant aux fonctions exécutives, selon Godefroy et al. (2004), elles sont considérées comme des processus de haut niveau, opérant dans les situations non routinières, c'est-à-dire inhabituelles, conflictuelles ou complexes, nécessitant la coordination de différentes actions vers un but finalisé (Pradat-Diehl et al., 2006), lorsque les habiletés cognitives surapprises ne suffisent pas (Collette, 2004 ; Meulemans, 2006). Toute action contrôlée peut être considérée comme exécutive (Collette, 2004). Le fonctionnement exécutif couvre donc un ensemble de processus cognitifs dont la fonction essentielle est de garantir l'adaptation du sujet aux situations nouvelles et/ou complexes (Meulemans, 2006), la gestion des conduites cognitives, comportementales et sociales. Les processus attentionnels et les fonctions exécutives influeraient alors sur la motricité, le langage, la mémoire, etc., dès qu'un contrôle s'avère nécessaire, et interviendraient ainsi lors la production motrice de la parole. Les fonctions exécutives se révèlent donc indispensables pour mener une vie autonome et adaptée (Lezak, 1982, in Rousseaux et al., 2006).

Rabbit (1997, in Rousseaux et al., 2006) a proposé 8 critères qui permettraient d'identifier les éventuels soubassements exécutifs d'une tâche. Ainsi, pour qu'une tâche soit exécutive, elle doit :

- être nouvelle, c'est-à-dire ne pas disposer de routines en mémoire à long terme ;

- amener une recherche délibérée d'informations en mémoire ;
- entraîner la modification de l'action en cours (impliquant l'allocation de ressources et le changement de comportement- flexibilité) ;
- empêcher la production d'erreurs (inhibition) ;
- permettre la coordination de deux tâches, tout en contrôlant les exigences de chacune ;
- assurer le monitoring de l'action (en repérant et en corrigeant les erreurs, en modifiant le plan, en identifiant de nouvelles opportunités et en mettant en place un nouveau plan s'il s'avère plus efficace – mise à jour) ;
- permettre le maintien de l'attention pendant un long moment ;
- être accessible à la conscience.

Il n'est pas nécessaire que tous ces critères soient remplis simultanément pour faire référence au fonctionnement exécutif (Meulemans, 2006 ; Rousseaux et al., 2006).

Rôle et place de l'attention et des fonctions exécutives dans la production motrice de la parole

Les données de la littérature sur les locuteurs neurotypiques et présentant un MSD vont dans le sens d'un impact de la demande attentionnelle et exécutive sur les niveaux et processus de production motrice de la parole.

Son implication, longtemps débattue, est aujourd'hui plus largement admise. De fait, les niveaux langagiers, à savoir les processus pré-lexicaux et lexicaux, tels la conceptualisation, la sélection lexicale, la planification lexicale et l'encodage phonologique, avaient été initialement considérés comme pouvant être les seuls concernés par le recrutement de ressources attentionnelles (Cook & Meyer, 2008 ; Ferreira & Pashler, 2002 ; Hula & McNeil, 2008 ; Laganaro et al., 2019 ; Meyer & Van der Meulen, 2000 ; Roelofs, 2008), et non les niveaux concernant l'encodage phonétique, du fait de l'automaticité de la parole à ce stade (Levelt et al., 1999).

C'est probablement en partie pour cette raison que la mise en jeu de processus attentionnels et exécutifs lors de la production motrice de la parole s'en est trouvée moins modélisée, tant dans les approches computationnelles que neurolinguistiques / psycholinguistiques du contrôle moteur de la parole (Guenther, 2016 ; Hickok, 2014 ; Parrell et al., 2019 ; Van der Merwe, 2009, 2021).

En 1997, dans la description de son modèle, Van der Merwe faisait l'hypothèse que les ressources et processus attentionnels étaient affectés par des « facteurs contextuels » (« contextual factors ») influençant la production motrice de la parole. Selon l'auteure, ces facteurs contextuels, hypothétiques, incomplets et nécessitant des études ultérieures, regrouperaient le degré d'automaticité de la tâche de parole (production automatique versus production élaborée), le mode d'initiation de la parole (en chorus, en imitation / répétition, incitation, auto-initiation), des variables psycholinguistiques telles que la complexité des structures syllabiques, la complexité articulatoire d'un énoncé et sa complexité linguistique, la longueur des mots et des énoncés, le degré de familiarité avec les énoncés, le débit de parole voulu (Van der Merwe, 1997).

Van der Merwe indiquait que ces facteurs contextuels pouvaient donc augmenter le degré de demande attentionnelle et exécutive, le coût attentionnel et rendre les stratégies de contrôle plus ou moins complexes. Ils affectaient ainsi les dynamiques de contrôle moteur de la parole et les processus en jeu à chaque niveau de production motrice de la parole (planification, programmation et exécution). Compte tenu de ces éléments, il s'agirait donc d'une demande attentionnelle intrinsèque générée par le corpus des productions de parole. L'attention ou du moins cette forme d'attention ferait partie du contrôle moteur de la parole, des processus en jeu à chaque niveau.
Il est à noter que ces hypothèses n'ont pas été reprises en ces termes dans le « FL model » publié en 2021. Dans la présentation de ce dernier, Van der Merwe (2021) ne vient mentionner, en s'appuyant sur le modèle de Cooper et al. (2014), que l'existence d'un contrôle attentionnel pouvant être aisément accessible, par nature, aux feedbacks réafférents (« reafferent feedback » : « aggregate of sensory feedback provided by our sense organs » (p.8)) pour l'acquisition d'un nouveau plan moteur, intervenant au niveau de la planification motrice de la parole.
Ainsi formulé, cela semble indiquer un contrôle attentionnel extrinsèque à la production motrice de la parole dans le « FL model », mais qui interviendrait uniquement pour un processus de feedback exerçant un contrôle sensoriel et lors de l'apprentissage de nouveaux plans moteurs.

Quant à Hickok (2014), il considère que l'attention et les fonctions exécutives seraient encapsulées dans les processus de contrôle moteur de la parole et joueraient en quelque sorte un rôle qui pourrait être considéré comme du « monitoring ». Il avançait ainsi, pour son modèle HSFC (Hierarchical State Feedback Control Model), la participation d'une activité inhibitrice sensorimotrice dans la suppression de cibles sensorielles de parole lorsqu'elles n'étaient plus pertinentes au cours de la production de la parole. Hickok ajoutait par ailleurs, qu'au niveau des mécanismes de prédiction en jeu dans le contrôle moteur de la parole (comparaisons avec des modèles internes), l'attention sélective intervenait dans l'estimation des différences entre les syllabes cibles et non cibles, permettant de les sélectionner correctement et de réajuster les plans et les commandes motrices en rapport avec elles.

Nous pourrions aussi nous appuyer sur les recherches en neuro-imagerie objectivant des interactions, voire des « intrications » entre la production motrice de la parole et l'attention et les fonctions exécutives/contrôle inhibiteur. Ces fonctions s'avèrent partagées par les mêmes réseaux cérébraux. Dick et al. (2019), dans leur revue des fonctions du faisceau frontal aslant (FAT), montrent qu'il joue un rôle général dans la planification, l'organisation temporelle et la coordination des mouvements séquentiels, spécialisé pour le FAT gauche dans le contrôle des « actions de parole ». Ces auteurs considèrent qu'il fait partie du circuit reliant le cortex aux noyaux gris centraux, au thalamus et au cervelet.

A la lumière de ces données, il semblerait exister une / des formes d'attention intrinsèque à la production motrice de la parole, « encapsulée », plus ou moins disponible selon différents facteurs, et

une / des autres formes d'attention, externe, qui agirait, tel un monitoring, sur certains de ses niveaux et/ou processus.

Etude de la demande attentionnelle et exécutive de parole à travers le paradigme de double tâche

Les demandes attentionnelles et exécutives des processus cognitifs, moteurs, ou encore langagiers, ont classiquement été étudiées à l'aide de paradigmes de double tâche. Ces derniers consistent à comparer les performances obtenues dans des situations où deux tâches sont effectuées en même temps à celles où ces mêmes tâches sont réalisées isolément pour rechercher une interférence attentionnelle d'une tâche sur l'autre. Ce paradigme repose sur l'idée que l'attention est une ressource limitée qui devra être allouée préférentiellement à une tâche, partagée ou encore répartie de manière alternée entre les deux tâches (Kahneman, 1973 ; Norman & Bobrow, 1975 ; Wickens, 2008). Si les deux tâches requièrent des ressources attentionnelles, il est attendu que la performance diminue (ralentissement des temps de réactions et/ou diminution de la précision) dans la condition double par rapport à la condition isolée pour l'une ou les deux tâches, plus particulièrement lorsqu'elles nécessitent un monitoring actif ou des ressources attentionnelles (Whitfield & Holdosh, 2021). Les effets observés reflètent la demande attentionnelle (Pashler, 1994 ; Laganaro et al., 2019).

Par ailleurs, au cours du traitement de la double tâche, de nombreux processus attentionnels et exécutifs de type attention soutenue, sélective, attention divisée, inhibition, flexibilité mentale, mise à jour, mémoire de travail se trouvent mis en jeu , ce, en fonction du type et des propriétés des tâches traitées et des stratégies adoptées par le locuteur. Des théories et des modélisations, dont les principales sont exposées brièvement ci-après, ont proposé des explications quant aux processus de traitement sous-jacents à la double tâche.

Théories et modèles d'interférence attentionnelle en double tâche

Différentes théories fournissent des explications sur les effets bidirectionnels de double tâche, à savoir de la condition de double tâche sur chacune des deux tâches, en relation avec les mécanismes ou stratégies sous-jacents adoptés par le sujet pour les accomplir simultanément. Ces théories ne sont pas propres à la production motrice de la parole en double tâche à notre connaissance. Parmi les principales, nous pouvons mentionner :

→ Capacity sharing model / theory (Kahneman, 1973)

Le Capacity sharing model / theory (modèle / théorie des capacités partagées) (Kahneman, 1973) considère que le sujet est en mesure de répartir son attention entre deux ou plusieurs tâches. Les capacités attentionnelles allouée à chaque tâche sont moindres lorsqu'elles sont effectuées en même temps et les performances sur l'une ou sur les deux tâches peuvent être diminuées (Pashler, 1994). La complexité de la / des tâche(s) va influencer l'importance de l'effet. Plus la tâche sera complexe, plus le coût attentionnel en double tâche augmentera (Strayer & Johnson, 2001).

→ Bottleneck model / theory (Broadbent, 1982 ; Pashler, 1994)

Le Bottleneck model / theory (modèle / théorie du goulot d'étranglement central) (Broadbent, 1982 ; Pashler, 1994), ainsi que d'autres hypothèses comme le task-switching (flexibilité, passage flexible d'une tâche à l'autre) ou le time-sharing (partage temporel), relie le coût de la double tâche au fait que l'attention ne peut être allouée qu'à une seule tâche requérant des processus centraux (et non périphérique) à la fois. De ce point de vue, si deux tâches simultanées nécessitent de l'attention, l'une d'entre elles est interrompue et retardée pendant que l'autre est exécutée. Le sujet les réalise de manière sérielle (sur du court terme ou du long terme : sur la totalité ou sur une partie de la tâche en alternance) et peut donner la priorité, consciemment ou non, à une tâche qu'il exécute. Une perturbation des performances (augmentation des temps de traitement / de réaction, erreurs en précision) sera alors observée dans l'une des deux tâches à un instant T.

Ces deux modèles / théories (Capacity sharing model / theory et Bottleneck model / theory) se rejoignent en ce qu'ils considèrent que le coût en double tâche implique une performance moindre dans l'une et/ou l'autre tâche.

→ Crosstalk model (Koch, 2009 ; Navon & Miller, 1987 ; Göthe et al., 2016)

Le Crosstalk model (**Théorie / modèle d'interférence)** (Koch, 2009 ; Navon & Miller, 1987 ; Göthe et al., 2016) avance l'idée que si deux tâches partagent les même modalités d'entrée, de sortie et de contenu, les effets d'interférence, liés à la mise en jeu de mêmes réseaux cérébraux en double tâche, augmentent. Inversement, si leurs propriétés sont suffisamment différentes, l'interférence attentionnelle diminuerait.

→ Multidimensional Resource Allocation Model (Wickens, 2008)

Le multidimensional resource allocation model (Wickens, 2008) (modèle d'allocation multidimensionnelle des ressources attentionnelles) considère que plus le nombre de dimensions partagées par les tâches est important, plus la performance sera dégradée dans l'une ou les deux tâches. Quatre dimensions entrant en jeu en double tâche ont été définies, établies sur des données neurophysiologiques et neuroanatomiques par Wickens (2008). Elles comprennent :

- les étapes du traitement (perceptives et cognitives vs ressources pour l'exécution de l'action) ;
- les codes des traitements effectués (ressources de l'activité spatiale vs. ressources de l'activité verbale ou linguistique) ;
- les modalités perceptives des stimuli traités (auditive vs. visuelle) ;
- et les canaux visuels (vision focale vs. vision périphérique).

Données sur les effets de double tâche sur la production motrice de la parole

Relativement peu de données sont disponibles sur l'effet de la double tâche sur la production motrice de la parole, ce, pour plusieurs raisons.

D'une part, en psycholinguistique, l'interférence de la double tâche a été davantage étudiée sur le versant langagier pour identifier quels processus de planification de l'énoncé nécessitaient des ressources attentionnelles. Ces études se sont intéressées aux processus linguistiques abstraits tels que la sélection lexicale ou encore l'encodage phonologique, et moins aux niveaux post-lexicaux, dans la mesure où ceux-ci étaient considérés comme automatique et ne nécessitant alors pas une demande attentionnelle (Cook & Meyer, 2008 ; Fargier & Laganaro, 2016 ; Ferreira & Pashler, 2002 ; Laganaro et al., 2019 ; Roelofs, 2008 ; Roelofs & Piai, 2011). Ces niveaux post-lexicaux commencent, selon Goldrick et Rapp (2007), avec la syllabation de l'encodage phonologique et recouvrent également l'encodage phonétique et l'exécution motrice de la parole. Des travaux psycholinguistiques plus récents sont toutefois venus les étudier et ont montré chez des locuteurs aphasiques et neurotypiques âgés qu'ils requéraient également une demande attentionnelle (Laganaro et al., 2019 ; Fournet et al., 2021). Par ailleurs, cette question du recrutement des ressources attentionnelles pour les niveaux de production motrice de la parole semble ne pas avoir été posée précisément en ces termes (automaticité des productions) dans les études issues d'autres domaines, par exemple phonétiques ou neuroscientifiques, mais davantage en termes de modifications induites par la double tâche sur la parole ou encore en se centrant sur les réseaux cérébraux recrutés.

D'autre part, la parole a souvent été utilisée comme tâche secondaire dans des expériences portant sur les effets de la double tâche sur les performances d'une autre tâche, par exemple la marche pour l'évaluation du risque de chutes (Allali et al., 2007 ; Beauchet et al., 2008, 2009 ; Armieri & Holmes, 2009). Il s'agissait d'analyses unidirectionnelles, où seuls les effets de l'une des deux tâches sur l'autre ne sont mesurés. Les effets sur la parole ne s'y trouvaient ainsi pas examinés. Les analyses bidirectionnelles (analyses des effets de double tâche sur les deux tâches réalisées simultanément) dans lesquelles les performances de parole ont été analysées, s'avèrent plus rares (Bailey & Dromey, 2015 ; Eichorn et al., 2016 ; Kemper et al., 2003 ; McCaig et al., 2016). Il faut souligner que ces dernières présentent, en outre, l'intérêt d'offrir la possibilité d'élaborer des hypothèses sur les stratégies de traitement utilisées par les locuteurs à la lumière des modélisations décrites précédemment (Plummer & Eskes, 2015). Lorsqu'ils sont analysés, des effets bidirectionnels ne sont pas systématiquement retrouvés au sein des paradigmes de double tâche impliquant une tâche de parole (McCaig et al., 2016 ; Kemper et al., 2003).

Effets de double tâche sur la production motrice de la parole : locuteurs

Un certain nombre d'études se sont intéressées aux effets de double tâche sur la production motrice chez le locuteur neurotypique, pouvant être centrées sur les effets du vieillissement en comparaison

des groupes de sujets jeunes et de sujets âgés (Dromey et al., 2015 ; Fournet et al., 2021 ; Kemper et al., 2009, 2011).

Concernant les locuteurs présentant un MSD, les effets de la double tâche sur la parole ont été principalement étudiées chez ceux présentant une dysarthrie hypokinétique dans la maladie de Parkinson (Adams et al., 2010 ; Bunton & Keintz, 2008 ; Catalano Chiuvé et al., 2022 ; Dromey et al., 2010 ; Ho et al., 2002 ; Jablecki, 2013 ; McCaig et al., 2016 ; Whitfield et al., 2017, 2021), ou une dysarthrie mixte comme dans la maladie de Wilson (Pernon et al., 2013a) ou dans la sclérose en plaques (Feenaughthy, 2021). Les études sur les effets de la double tâche sur la parole de locuteurs AoS sont, quant à elles, plus rares (étiologie vasculaire : Harmon et al., 2018 ; Southwood & Dagenais, 2001).

Il ne faudra pas oublier que les mesures de parole recueillies auprès des locuteurs pathologiques pourront aussi refléter l'impact d'éventuels troubles cognitifs sur la parole, existant par ailleurs du fait de leurs lésions cérébrales et dont il pourra s'avérer difficile de faire la part. Ce facteur confondant rendra ainsi délicate l'interprétation de leurs données.

Effets de double tâche sur la production motrice de la parole : paramètres de parole

Par ailleurs, concernant les données disponibles sur la demande attentionnelle et exécutive de la production motrice de la parole, les effets de double tâche sur la parole s'avèrent difficilement comparables et généralisables, notamment en raison de la variabilité des différents paramètres de parole mesurés de nature principalement acoustique, motrice-articulatoire et perceptive, présentés ci-dessous.

Nous avons regroupé ces paramètres ci-dessous, sans prétendre à l'exhaustivité, dans la mesure où nous ne disposions pas de références qui en offrait une vision d'ensemble, et non dans le but de détailler les résultats de chacune de études citées. Les analyses s'avèrent principalement reposer sur des paramètres acoustiques et articulatoires-moteurs. Nous nous centrerons sur les résultats de celles portant sur la gestion temporelle / fluence de la parole en double tâche chez les locuteurs neurotypiques, exposés dans une section ultérieure, correspondant aux locuteurs et aux paramètres abordés dans cette thèse.

→ Parmi les **paramètres acoustiques**, peuvent être cités des mesures vocales de / d' / des :

- **intensité vocale** (Bunton & Keintz, 2008 ; Dromey & Bates, 2005 ; Dromey & Shim, 2008 ; Ho et al., 2002 ; McCaig et al., 2016) ;
- **variabilité de f0** (écart-type) (Bunton & Keintz, 2008 ; Withfield et al., 2019) ;

- mesures segmentales de / d' :

- **espace vocalique F1 - F2** (Withfield et al., 2019) ;
- **coarticulation** (pente de F1 et F2 sur une diphtongue : Dromey et al., 2010) ;

- des mesures temporelles, de fluence de la parole de /d' :

- débit de parole (Bunton & Keintz, 2008 ; Dromey & Shim, 2008 ; Feenaughty, 2021 ; Ho et al., 2002 ; Kemper et al., 2009, 2011 ; McCaig et al., 2016 ; Pernon et al., 2013a ; Withfield et al., 2021) ;

- débit articulatoire (Feenaughty, 2021 ; Fournet et al, 2021 ; Jablecki, 2013 ; Withfield et al., 2019) ;

- durée des énoncés (Dromey & Bates, 2005 ; Bailey et Dromey, 2015 ; Feenaughty, 2021 ; Kemper et al., 2011) ;

- durée intersyllabique (Withfield et al., 2021) ;

- **temps d'initiation de la parole** (Ho et al., 2002) ;

- durée des pauses (Ho et al., 2002 ; Jablecki, 2013 ; Withfield et al., 2019) et **des pauses entre les énoncés** (Kemper et al., 2011).

→ Pour ce qui est des **paramètres articulatoires-moteurs issus de mesures instrumentales**, ils concernaient :

- la vitesse et le degré de déplacement du mouvement des lèvres (Whitfield et al., 2021) ;

- **la vitesse et le degré de déplacement des mouvements de la lèvre supérieure / mâchoires** (Dromey & Shim, 2008) ;

- **la vitesse et le degré de déplacement des mouvements de la lèvre inférieure / mâchoires** (Dromey & Bates, 2005) ;

- **la vitesse et le degré de déplacement des mouvements de la lèvre inférieure et de la lèvre supérieure** (Dromey & Benson, 2003).

→ Concernant les **paramètres perceptifs**, ils ont porté sur :

- **l'intelligibilité de la parole** sur la base de la reconnaissance de mots entendus, de phrases et de parole continue lors d'un monologue (Bunton & Keintz, 2008).

Effets de double tâche sur la production motrice de la parole : propriétés des tâches influençant les performances en condition de double tâche

A la variabilité des paramètres étudiés, vient s'ajouter celle des tâches de parole et des tâches non verbales. Certaines des études, mentionnés plus haut, intègrent leurs propriétés pouvant moduler, jouer un rôle dans l'interférence attentionnelle objectivée en condition de double tâche. Par exemple, Dromey et Bates (2005) ont montré que les tâches de parole complexes qui faisaient appel à davantage d'élaboration discursive / de contrôle exécutif, comme la génération de phrases, perturbaient davantage le contrôle moteur de la parole en double tâche que des tâches pour lesquelles le modèle de production était fourni au préalable telle la répétition de phrases.

Ici, de nouveau, nous avons souhaité avoir une vue d'ensemble de ces propriétés, non répertoriées dans d'autres travaux, montrant que la comparaison des travaux demeure délicate et leurs résultats ainsi difficilement généralisables.

Sans vouloir prétendre à l'exhaustivité, parmi les propriétés des tâches venant influencer les performances en double tâche, à partir des données de la littérature, pourraient être retenus :

→ le type de tâche,

dont les tâches de parole :

- des tâches de répétition, de production de phrases (Bailey & Dromey, 2015 ; Dromey & Shim, 2008 ; Feenaughty, 2021 ; Pernon et al., 2013a ; Whitfield & Goberman, 2017 ; Whitfield & Holdosh, 2021) ;
- des tâches de récitation de séries automatiques telles que les jours de la semaine (Catalano Chiuvé et al., 2022 ; Fournet et al., 2021), ou encore le comptage (Ho et al., 2002) ;
- des tâches de fluence verbale sémantique (Fournet et al., 2021) ;
- des tâches de parole continue en lecture de texte à voix haute (Whitfield et al., 2019), en restitution de texte lu (Harmon et al., 2018) ;
- des tâches semi-spontanée / conversationnelle (en réponse à des questions ouvertes : Eichorn et al., 2016 ; Ho et al., 2002 ; Kemper et al., 2010 ; McCaig et al., 2016 ; Whitfield et al., 2019).

dont les tâches non verbales secondaires simultanément réalisées, par exemple :

- des tâches visuo-manuelles telles que placer des écrous sur des boulons (Dromey & Shim, 2008 ; Bunton & Keintz, 2008) ou encore tracer des cercles (Whitfield et al., 2019) ;
- de tâches visuo-motrices informatisées (Catalano Chiuvé, 2022 ; Fournet et al., 2021 ; Whitfield et al., 2017) ;
- des tâches d'identification auditivo-perceptive (Harmon et al., 2018) ;
- la marche (Jablecki, 2013) ;
- de tâches linguistiques (génération de phrases correctes grammaticalement : Bosshardt, 2002 ; Dromey & Bates, 2005) ;
- ou encore de tâches cognitives (soustraction de nombres à deux chiffres : Dromey & Bates, 2005).

→ le degré d'automaticité (Pashler et al., 2001 ; Whitfield & Goberman, 2017 ; Whitfield & Holdosh, 2021) ;

→ la complexité, la demande attentionnelle et exécutive (Norman & Bobrow, 1975) ;

→ le mode de présentation des stimuli devant être traités (Pashler & Johnston, 1989), continu ou discret ;

→ **le chevauchement des tâches dans le temps** (Koch, 2009 ; Pashler, 1994 ; Eichorn et al. 2016) ;

→ **les modalités d'entrée, de sortie et de contenu** en référence à la théorie du cross-talk évoquée plus haut (Koch, 2009 ; Navon & Miller, 1987 ; Göthe et al., 2016) ;

- les consignes de réalisation quant à la vitesse de traitement, ou encore la priorité donnée à l'une des deux tâches (Masquetiaux et al., 2018 ; Pashler et al., 2001).

Effets de double tâche sur la gestion temporelle de la parole

Dans cette section, nous nous centrerons principalement sur les effets de double tâche sur les paramètres de gestion temporelle de la parole chez les locuteurs neurotypiques, tels ceux retenus dans l'expérience présentée au chapitre 4 de cette thèse. Cette dernière aborde l'approche cognitive de l'évaluation de la parole au sein d'une « étude exploratoire de l'effet bidirectionnel de double tâche chez des locuteurs neurotypiques en fonction de la nature et des propriétés des tâches de parole et non verbales ».

En ce qui concerne le débit de parole, des résultats contradictoires ont été rapportés pour les locuteurs neurotypiques.

Le débit de parole n'a pas été modifié lors d'une tâche simultanée visuo-manuelle informatisée de poursuite de cible (suivi d'une cible apparaissant à l'écran au moyen d'un clic de souris) proposée par Ho et al. (2010). En revanche, il s'est avéré ralenti pendant la marche (lors de la production de mots et non de non-mots dans l'étude de Jablecki et al., 2013), durant le tapping (tapotement rythmé) des doigts et dans le bruit (Kemper et al., 2003, 2009, 2011). A l'inverse, il était accéléré en répétition d'énoncé lors de la réalisation d'une tâche visuo-motrice concurrente consistant à placer des vis dans les trous d'une planche percée (pegboard) (Dromey & Bates, 2005).

Concernant les mesures de débit articulatoire, ce dernier restait inchangé en condition de double tâche (Jablecki et al., 2013 ; Whitfield & Goberman, 2017) alors que des effets de double tâche étaient retrouvés pour les mesures de débit de parole (incluant les pauses), donc notamment liés aux pauses de durées plus longues et plus fréquentes en double tâche. Fournet et al. (2021) ont, quant à elles, retrouvé un effet de double tâche sur le débit articulatoire lors de la récitation des jours de la semaine en boucle, ce, uniquement pour les locuteurs âgés et seulement lors de la réalisation d'une tâche visuo-motrice informatisée de go-nogo, et non lors d'une tâche informatisée de réaction simple.

Outils francophones d'évaluation de la demande attentionnelle et exécutive de parole chez les locuteurs présentant un MSD

Le paradigme de double tâche permet ainsi d'examiner l'interférence entre attention / fonctions exécutives et parole. A notre connaissance, les outils francophones d'évaluation de la parole

disponibles n'examinent et/ou ne contrôlent pas ou peu cette demande cognitive exercée sur la parole en situation écologique. Nous ne disposons pas à l'heure actuelle d'outils normés et validés à destination des cliniciens permettant d'évaluer l'impact des processus attentionnels et exécutifs sur la parole et la voix de locuteurs MSD à travers un paradigme de double tâche. Cette approche cognitive d'évaluation reste, à l'heure actuelle, chez les locuteurs MSD, une approche exploratoire et expérimentale. De fait, les données sur la demande de ces processus attentionnels et exécutifs sur les niveaux de production motrice de la parole, sur son contrôle moteur, et pour les différents types de MSDs, restent encore imprécises, divergentes, insuffisantes, difficilement comparables du fait, entre autres, de la diversité des tâches de parole, de leurs propriétés, et des paramètres retenus, comme exposés précédemment.

Après avoir défini et développé les approches d'évaluation perceptive globale, phonético-acoustique discrète par dimension de la parole et cognitive - ici, exploratoire et centrée sur la demande attentionnelle et exécutive - de la parole des locuteurs présentant un MSD, nous développerons à présent davantage les tâches de parole sur lesquelles elles s'appuient, offrant le corpus de parole nécessaire à leurs analyses.

1.2.5. Tâches de parole pour l'évaluation des locuteurs avec un MSD

Les tâches de parole, déjà abordées à plusieurs reprises, s'inscrivent transversalement dans les différentes approches développées dans les sections précédentes. Elles constituent le support de l'évaluation de la parole des MSDs et fournissent le corpus nécessaire aux analyses. Certaines d'entre elles, comme nous l'avons vu, peuvent être recommandées préférentiellement pour certaines approches (Bunton et al., 2007). L'intérêt de recourir à diverses tâches de parole permettrait également de se rapprocher d'une vue complète des capacités du locuteur avec un MSD, tel que rapporté pour les locuteurs dysarthriques par Leuschel et Docherty (1996, in Kent et al., 1999).
D'autre part, les tâches de parole que le clinicien choisira d'administrer auront une influence sur les mesures réalisées (Connor & Abbs, 1991, cités par Ziegler 2002 ; Kent et al., 1997, 1999). Kent et Kent (2000) ont même proposé une caractérisation des sous-types de dysarthries basée sur les performances à des tâches de parole, qui reflèteraient les systèmes physiologiques atteints. Cela montre la place centrale occupée par les tâches de parole sur la base de leurs propriétés, exposées ci-dessous, lors de l'évaluation des locuteurs présentant un MSD.

Propriétés des tâches de parole

Les tâches de parole possèdent différentes propriétés, qui s'inscriraient, pour Van der Merwe (2009, 2021), dans les « facteurs contextuels » pouvant moduler le contrôle sensorimoteur de la production de la parole. Plusieurs lectures des propriétés des tâches de parole pourraient être dégagées (Kent &

Kent, 2000 ; Kent, Kent, Weismer, & Duffy, 2000 ; Van der Merwe, 1997, 2021 ; Ziegler, 2019), dont deux principales, ici traités, à savoir en fonction de la / des :

- dimensions de parole ;

- demande motrice et cognitive de parole.

**** Tâches de parole en fonction des dimensions de parole***

Classiquement, les tâches de parole sont analysées sous l'angle des dimensions de parole qu'elles permettent d'évaluer, afin d'explorer les systèmes physiologiques nécessaires à la production de la voix et de la parole telle que la respiration, la phonation, le niveau vélo-pharyngé et articulatoire ou prosodique (Zeplin & Kent, 1996; Kent et al., 1987 ; Kent & Kent, 2000 ; Kent, Kent, Weismer, & Duffy, 2000 ; Allison et al., 2020).

Le **tableau 7** fournit à titre indicatif des tâches de parole, parmi les plus communes, et les dimensions de parole qu'elles permettent d'évaluer (liste non exhaustive).

TÂCHE DE PAROLE	**DIMENSIONS DE PAROLE**				
	RESPIRATION / VOIX	**ARTICULATION / RESONANCE**	**PROSODIE**	**GESTION TEMPORELLE**	**INTELLIGIBILITE (paramètre global)**
Parole continue spontanée	X	X	X	X	X
Parole continue semi-dirigée (narration, description d'image, etc.)	X	X	X	X	X
Parole continue en lecture de phrases, de texte à voix haute	X	X	X	X	X
Production de sons, syllabes, mots, pseudo-mots, syntagmes		X	(X)	X	X
DDK	X	X		X	
TMP sur le [a] tenu	X	X			
Voyelle tenue	X	X			
Modulation de la hauteur vocale (sirènes, prosodie modale, démarcative, etc.)	X		(X)		
Modulation de l'intensité vocale (progressive, voix d'appel, projetée, etc.)	X		(X)		
Voix chantée	X	X	X	X	X
Série automatique (comptage, jours, mois)	X	X		X	X

Tableau 7 : *Tâches de parole (liste non exhaustive) et évaluation des dimensions de parole.*

**** Tâches de parole en fonction de la demande motrice et cognitive de parole***

Sont ici considérés les paramètres en jeu dans le corpus constituant les tâches de parole et modulant la demande motrice et cognitive lors de la production motrice de la parole, à savoir à travers ses différents niveaux et processus (planification, programmation, exécution motrices).

Cette demande motrice et cognitive de parole pourrait être modulée par des variables psycholinguistiques / phonétiques / neuropsychologiques (Bridges et al., 2013 ; Duffy, 2019 ; Kent, 2009 ; Kent et al., 1987 ; Ziegler et al., 2003, 2019). Elles appartiennent en partie aux facteurs contextuels, faisant partie des facteurs de complexité, décrits par Van der Merwe (1997). De fait, Van der Merwe (1997) précise que les paramètres impliqués dans cette demande cognitivo-motrice de parole déterminent le degré de complexité de la tâche de parole et que leurs effets contribuent au diagnostic du MSD. Notons que cette lecture des tâches de parole rejoint l'approche cognitive d'évaluation de la parole des MSDs développée plus haut.

Paramètres / variables modulant la demande motrice et cognitive de parole

Ainsi, la demande motrice et cognitive de parole pourrait être modulée par des paramètres issus de plusieurs sources dont nous proposons ici une synthèse selon les catégories suivantes, développées ci-dessous (Bridges et al., 2013 ; Duffy, 2013 ; Kent, 2009 ; Kent et al., 1987 ; Ziegler et al, 2003, 2019 ; Van der Merwe, 2021) :

- (i) type de tâche de parole ;

- (ii) degré de complexité articulatoire du corpus ;

- (iii) conditions de production de la tâche de parole.

→ Concernant la catégorie : (i) <u>type de tâche de parole</u>, sont mis en jeu :

- <u>le mode d'initiation de la parole (Van der Merwe, 1997)</u>, allant des tâches auto-initiés aux tâches avec stimulus-induit à celles imitées, avec une incitation verbale et/ou gestuelle ou non de la part de l'interlocuteur (+ ou -), pouvant être considérées comme liées au degré de motivation-intention à produire la parole et correspondant à un continuum allant :

- de tâches de parole **auto-initées** (parole conversationnelle, monologue) ;
- à des tâches de parole **semi-dirigées (stimulus-induit)**, avec l'apport d'une **incitation verbale plus ou importante** (réponses à des questions, narration, rappel d'une histoire lue, descriptiond'image, etc.) ;
- aux tâches **dirigées, sur incitation verbale ou non** (par exemple, répétition de mots, comptage, DDK, voyelle tenue, etc.) ;
- aux tâches de parole, pouvant être produites **en chorus (incitation constante)** (possible sur des tâches de parole surapprises : automatiques ou semi-automatiques : récitation de comptines, chansons, séries automatiques : comptage, mois de l'année, jours de la semaine).

- <u>le degré d'automaticité / d'élaboration psycholinguistique de la parole</u> (Van der Merwe, 1997 ; Vogel et al., 2014), considérant les tâches de parole allant d'un **continuum de tâches de parole semi automatiques / surapprises à de nouvelles tâches de parole requérant une élaboration psycholinguistique plus importante.** Ce paramètre vient rappeler ici le lien entre les niveaux de production langagier et ceux de la production motrice de la parole.

Les **tâches de parole semi-automatiques / surapprises**, telles que les séries automatiques le comptage, la récitation des jours de la semaine, des mois de l'année, le chant ou la récitation de comptines ou de chansons connues sont des productions ayant nécessité un apprentissage préliminaire à force de répétition ayant permis leur automatisation. Une fois automatisées, l'effort cognitif (maintien en mémoire verbale à court terme et de travail par exemple) / linguistique demandé, les contraintes sémantique, syntaxique, morphologique et phonologique, sont moindres en production (Bridges et al., 2013).

Les **tâches de parole continues semi-spontanées** (réponse à des questions, narration) et spontanée (parole conversationnelle), moins automatiques, feraient appel à davantaged'élaboration psycholinguistique.

- **le degré de familiarité (Van der Merwe, 1997)**, concernant **un continuum de tâches plus ou moins naturelles allant de la parole spontanée aux tâches de performances maximales** telles :

les diadococinésies verbales, le temps maximum de phonation (TMP), les sirènes, les modulations de l'intensité vocale) (Bridges et al., 2013 ; Kent et al., 1987 ; Kent, 2009 ; Ziegler, 2003 ; Ziegler et al., 2019) ;

- **le mode de présentation des stimuli de parole : discret ou continu**. Il n'apparaît pas dans les facteurs proposés par Van der Merwe (1997, 2021), selon les propriétés décrites plus haut pour la double tâche (Pashler & Johnston, 1989).

→ **Concernant la catégorie : (ii) degré de complexité articulatoire du corpus mis en jeu par des variables psycholinguistiques /phonétiques**, évoqués par certains auteurs (Allison et al., 2020 ; Duffy, 2013 ; Jonkers et al., 2017 ; Laganaro, 2012 ; Molloy & Jagoe, 2019 ; Strand et al., 2014 ;Van der Merwe 1997, 2021), mais pour lesquels nous disposons finalement de très peu d'éléments quant aux effets dans les dysarthries et les apraxies de la parole, il s'agit de/du :

- **la longueur des mots** (nombre de syllabes). La longueur des énoncés pourrait être aussi impliquée ;
- **la structure syllabique** (V, CV, CCV, CVC, etc.) ;
- **la fréquence syllabique** ;
- **la position syllabique ;**
- **le nombre d'articulateurs** impliqués dans la réalisation d'un son, d'une syllabe, en lien avec la longueur des mots et des énoncés, leur fréquence et leur structure syllabique (V, CV, CCV, CCVC, etc.).

→ **Concernant la catégorie : (iii) conditions de production de la tâche de parole, nous retrouvons :**

- **la production et maintien de capacités de modulations de paramètres de parole) et de « styles de parole»,** n'apparaissant pas dans les « facteurs contextuels » (cf. détaillés dans la section 1.2.4.) proposés par Van der Merwe (1997, 2021). Ces aspects sont liés au contexte, à l'environnement dans lequel la parole est produite (interlocuteurs – lieux), à des instructions

spécifiques realtives aux conditions d'énonciation de la parole (par exemple, intensité vocale : parler en chuchotant, parler fort ; hauteur vocale : parler avec une voix plus grave ; débit de parole : parler lentement ; parler en surarticulant, de manière intelligible dans le « clear speech ») (Eskenazi, 1993 ; Perkell et al., 2002 ; Smiljanić & Bradlow, 2009 ; Summers et al., 1988 ; Tjaden et al., 2013 ; Tjaden & Martel-Sauvageau, 2017 ; Van Brenk et al., 2022 ; Van der Merwe, 2021 ; Whitfield et al., 2021).

- **la demande attentionnelle et exécutive** requise, n'apparaissant pas dans les facteurs proposés par Van der Merwe (1997, 2021), correspondant à demande cognitive extrinsèque au corpus en partie déterminée par les conditions de production de la parole (par exemple : la condition double tâche décrite plus haut : parole dans le bruit, en effectuant une autre action) (Adams et al., 2010 ; Bailey & Dromey, 2015 ; Dromey & Shim, 2008 ; Fournet et al., 2021 ; Ho et al., 2002 ; Pernon et al., 2013a ; Whitfield et al., 2017, 2021) ;

- **la (les) modalité(s) d'entrée** (présentation écrite, auditive) des tâches de parole, n'apparaissant pas dans les facteurs proposés par Van der Merwe (1997, 2021), pouvant avoir un effet facilitateur (Duffy, 2019 ; Kent, 2009).

1.3. Objectifs de la thèse

Dans le cadre de la classification actuelle de la Mayo Clinic (Darley et al., 1969a, 1969b,, 1975 ; Duffy, 2005), le diagnostic des différents sous-types de dysarthries repose ainsi sur le(s) système(s) neurophysiologique(s) atteint(s) et sur les critères perceptifs qui les caractérisent. Le diagnostic des AoS, quant à lui, s'appuie sur des signes pour le diagnostic différentiel. Ils ont de fait été définis par rapport aux aphasies et aux dysarthries. Ces critères diagnostiques pour l'AoS s'avèrent aussi en grande partie perceptifs, mais de nature plus diverse que ceux des dysarthries. En effet, ils concernent des aspects segmentaux, suprasegmentaux et relatifs aux effets de variables psycholinguistiques et de tâches de parole (Allison et al., 2020 ; Bunton et al., 2007 ; Darley et al., 1969a, 1969b, 1975 ; Duffy, 2013 ; Duffy, 2013 ; Jonkers et al., 2017 ; Kent, 1996 ; McNeil et al., 1997 ; Molloy & Jagoe, 2019 ; Strand et al., 2014 ; Van der Merwe, 2021 ; Wertz et al., 1984).

Nous avons vu que l'évaluation de ces MSDs se trouve alors notamment orientée en pratique clinique vers une approche perceptive, immédiate, offrant une description rapide de la parole, considérée comme le « gold standard ». Elle constitue actuellement la base pour le diagnostic, le jugement de sévérité, l'évaluation des changements dans la voix et la parole pendant le suivi longitudinal et pour les décisions concernant la prise en soins des patients.

Cependant, dans le cadre de cette approche clinique perceptive globale, le diagnostic différentiel entre les MSDs, mais également avec la parole neurotypique, peut s'avérer parfois ardu. Une première source de biais est liée aux représentations internes des cliniciens /auditeurs, rendant la classification perceptive hautement subjective. Le phénomène de restauration phonémique peut également venir biaiser la perception conduisant l'auditeur à remplacer un son déformé par un autre son (Kent, 1996).

A ces limites, viennent s'ajouter le partage de signes perceptifs entre les dysarthries et les AoS, leur association fréquente, et l'absence - à ce jour - de consensus international sur les critères diagnostiques principaux des AoS, rendant peu aisé leur diagnostic différentiel.

Par ailleurs, cette évaluation perceptive prédominante, complétée plus récemment par des tests / batteries proposant une approche phonético-acoustique discrète, s'effectue classiquement sur la base d'un examen des différentes dimensions de parole. Elle ne propose généralement pas, en pratique clinique, de déterminer objectivement les effets de la demande cognitivo-motrice de parole, ni de placer le locuteur avec un/des MSD(s) dans des situations proches de celles rencontrées en vie quotidienne, telle la condition de double tâche, consistant à parler et à effectuer autre chose simultanément (par exemple : écouter, marcher, conduire, etc.). En effet, les outils francophones d'évaluation de la parole disponibles n'examinent et/ou ne contrôlent pas ou peu cette demande cognitivo-motrice liées aux conditions de production de la parole en situation écologique, alors que cette dernière constitue davantage une règle qu'une exception au quotidien et vient modifier la demande attentionnelle et exécutive lors de la production motrice de la parole (Bailey & Dromey, 2015 ; Withfield et al., 2019).

Au vu de ces données, les enjeux de l'évaluation de la parole des locuteurs présentant un/des MSD(s) restent majeurs quant aux approches d'évaluation, aux tâches de parole fournissant le corpus nécessaire aux analyses et aux marqueurs/mesures retenus pour leur diagnostic et leur caractérisation.

Cette thèse a ainsi pour **objectif global** d'examiner les apports des approches d'évaluation de la parole : perceptive globale, phonético-acoustique discrète par dimension de parole, et cognitive à travers un paradigme de double tâche, chez les locuteurs présentant un/des MSD(s), dysarthrie et/ou apraxie de la parole, à la fois pour leur diagnostic et pour leur caractérisation.

Ces approches d'évaluation clinique de la parole ont chacune fait l'objet d'une étude chez des locuteurs présentant un MSD et/ou des locuteurs neurotypiques. Chaque étude est organisée en chapitre (**chapitres 2, 3 et 4**).

Les objectifs spécifiques de chacune de ces études, détaillés dans leur chapitre respectif, sont les suivants :

*** chapitre 2 → Classification auditivo-perceptive des troubles moteurs de la parole : rôle de la sévérité, de la tâche de parole et de l'expertise de l'auditeur :**

- examiner la précision du diagnostic différentiel des MSDs par des auditeurs orthophonistes lors d'une tâche de classification auditivo-perceptive à choix forcé dans le cadre d'un raisonnement diagnostique ;
- déterminer les facteurs influençant la précision du diagnostic du type/sous-type de MSD, à savoir la sévérité du MSD, l'expertise des auditeurs, et la tâche de parole ;

- étudier les caractéristiques perceptives des MSDs des locuteurs correctement classés, sur lesquels ont reposé les jugements des orthophonistes.

*** chapitre 3 → Approche phonético-acoustique discrète par dimension de parole dans l'évaluation des MSDs - analyses acoustiques et perceptives de la parole des locuteurs correctement et incorrectement classés de l'expérience de classification perceptive, issues de MonPaGe-2.0.s – :**

- analyser et comparer les profils de parole des locuteurs ayant reçu les taux de précision les plus bas et les plus élevés à l'étude de classification (**chapitre 2**), ce, par type de MSD ;
- déterminer les apports de l'outil MonPaGe-2.0.s. pour le diagnostic et la caractérisation des déficits de parole des locuteurs avec un/des MSD(s).

*** chapitre 4 → Approche cognitive de l'évaluation de la parole - étude exploratoire de l'effet bidirectionnel de double tâche chez des locuteurs neurotypiques en fonction de la nature et des propriétés des tâches de parole et non verbales - :**

- rechercher s'il existe un effet de double tâche sur le débit de parole des tâches de parole et sur les performances en tâches non verbales (analyse bidirectionnelle) chez des locuteurs neurotypiques ;
- définir l'influence des propriétés des tâches (degré de demande attentionnelle des tâches non verbales, type de tâche de parole, mode de présentation des stimuli) sur les effets de double tâche sur le débit de parole.

L'ensemble des résultats obtenus dans ces 3 études sera discuté dans la Discussion générale de cette thèse à travers leurs implications théoriques et cliniques (**chapitre 5**).

CHAPITRE 2 : CLASSIFICATION AUDITIVO-PERCEPTIVE DES TROUBLES MOTEURS ACQUIS DE LA PAROLE : RÔLE DE LA SÉVÉRITÉ, DE LA TÂCHE DE PAROLE ET DE L'EXPERTISE DE L'AUDITEUR

Ce chapitre aborde l'approche perceptive globale de l'évaluation de la parole à travers une expérience de classification auditivo-perceptive à choix forcé de la parole de locuteurs présentant des MSDs (AoS et deux sous-types de dysarthries) et de locuteurs neurotypiques.

Compte tenu des limites connues du jugement perceptif global, de l'association fréquente des dysarthries et des AoS et de l'absence de consensus international sur le noyau dur des signes diagnostiques de l'AoS, cette étude visait à examiner la précision de la pose du diagnostic différentiel des MSDs par des orthophonistes. La tâche de classification ici proposée reposait sur un raisonnement diagnostique intégrant trois questions dichotomiques successives (Duffy, 2013), design susceptible de guider les cliniciens. Ce travail cherchait aussi à déterminer les facteurs ayant pu influencer la classification des locuteurs avec un MSD, à savoir la sévérité du MSD, l'expertise des auditeurs et la tâche de parole. À notre connaissance, ces facteurs n'ont jamais été pris en compte simultanément dans des études antérieures. Ils n'ont pas non plus été testés dans une tâche de classification perceptive à choix forcé suivant un raisonnement diagnostique qui mélangeait des échantillons de parole de locuteurs avec une AoS ou une dysarthrie avec ceux de locuteurs neurotypiques. Les signes perceptifs utilisés par les orthophonistes pour établir leur diagnostic ont été également examinés.

Cette étude a fait l'objet d'un article publié dans la revue Journal of Speech, Language, and Hearing Research (Pernon et al., 2022), qui constitue cette section à part entière.

*L'Apraxia of Speech Raging Scale 1.0 (ASRS 1.0) (Strand et al., 2014), la grille perceptive de la BECD, le case report form (CRF) et le consentement du projet « MoSpeeDi » complétés lors de l'inclusion des locuteurs, figurent en annexes (voir **annexes 1 à 4**).*

ASHA

JSLHR

Clinical Focus

Perceptual Classification of Motor Speech Disorders: The Role of Severity, Speech Task, and Listener's Expertise

Michaela Pernon,[a,b,c,d] **Frédéric Assal,**[a,b] **Ina Kodrasi,**[e] **and Marina Laganaro**[f]

[a]Neurology Department, Geneva University Hospitals, Switzerland [b]Faculty of Medicine, University of Geneva, Switzerland [c]Laboratoire de Phonétique et Phonologie, UMR 7018, CNRS-Université Sorbonne Nouvelle, Paris, France [d]CRMR Wilson & Parkinson Unit, Neurology Department, Hôpital Fondation Adolphe de Rothschild, Paris, France [e]Signal Processing for Communication Group, Idiap Research Institute, Martigny, Switzerland [f]Faculty of Psychology and Educational Sciences, University of Geneva, Switzerland

ARTICLE INFO

Article History:
Received September 29, 2021
Revision received January 25, 2022
Accepted April 20, 2022

Editor-in-Chief: Bharath Chandrasekaran
Editor: Stephanie Borrie

https://doi.org/10.1044/2022_JSLHR-21-00519

ABSTRACT

Purpose: The clinical diagnosis of motor speech disorders (MSDs) is mainly based on perceptual approaches. However, studies on perceptual classification of MSDs often indicate low classification accuracy. The aim of this study was to determine in a forced-choice dichotomous decision-making task (a) how accuracy of speech-language pathologists (SLPs) in perceptually classifying apraxia of speech (AoS) and dysarthria is impacted by speech task, severity of MSD, and listener's expertise and (b) which perceptual features they use to classify.

Method: Speech samples from 29 neurotypical speakers, 14 with hypokinetic dysarthria associated with Parkinson's disease (HD), 10 with poststroke AoS, and six with mixed dysarthria associated with amyotrophic lateral sclerosis (MD-FlSp [combining flaccid and spastic dysarthria]), were classified by 20 expert SLPs and 20 student SLPs. Speech samples were elicited in spontaneous speech, text reading, oral diadochokinetic (DDK) tasks, and a sample concatenating text reading and DDK. For each recorded speech sample, SLPs answered three dichotomic questions following a diagnostic approach, (a) neurotypical versus pathological speaker, (b) AoS versus dysarthria, and (c) MD-FlSp versus HD, and a multiple-choice question on the features their decision was based on.

Results: Overall classification accuracy was 72% with good interrater reliability, varying with SLP expertise, speech task, and MSD severity. Correct classification of speech samples was higher for speakers with dysarthria than for AoS and higher for HD than for MD-FlSp. Samples elicited with continuous speech reached the best classification rates. An average number of three perceptual features were used for correct classifications, and their type and combination differed between the three MSDs.

Conclusions: The auditory-perceptual classification of MSDs in a diagnostic approach reaches substantial performance only in expert SLPs with continuous speech samples, albeit with lower accuracy for AoS. Specific training associated with objective classification tools seems necessary to improve recognition of neurotypical speech and distinction between AoS and dysarthria.

Correspondence to Michaela Pernon: michaela.pernon@gmail.com.
Disclosure: *The authors have declared that no competing financial or nonfinancial interests existed at the time of publication.*

The auditory-perceptual approach is currently the "gold standard" in clinical practice for diagnostic assessment in motor speech disorders (MSDs), as well as for the assessment of severity and changes over time in voice and speech. Accurate and differential diagnosis of MSD is essential for speech-language pathologists (SLPs) to

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

propose an appropriate treatment plan for the patient, or to anticipate declining function in neurodegenerative etiologies, or else to facilitate medical diagnosis. However, the auditory-perceptual approach has some well-known limits, giving rise to low or variable classification accuracy and low interrater agreement. The variability of accuracy in perceptual classification has been reported to be related to several factors across studies, such as listener's expertise, the type of speech task, and the type and severity of MSD.

Here, we aim at investigating (a) how these different factors influence the accuracy of perceptual classification of MSDs including apraxia of speech (AoS) and subtypes of dysarthria and (b) which perceptual features they use to classify. In the following introduction, we review the challenging differential diagnosis of MSDs in an auditory-perceptual approach before focusing on the factors that may impact on classification accuracy in SLPs.

The Challenge of Differential Diagnosis of MSDs in the Auditory-Perceptual Approach

MSDs represent a large portion of the caseload for clinicians engaged in the management of acquired neurogenic communication disorders (Duffy, 2013; Simmons & Mayo, 1997). AoS and dysarthria are two distinct types of MSDs, resulting from different etiologies such as stroke, neurodegenerative diseases, brain injury, brain tumor, and so forth (Darley et al., 1969a, 1969b, 1975; Duffy, 2013; McNeil et al., 2009). These two main MSDs have been attributed to the impairment of different motor levels and processes of motor speech production. AoS has been associated to impaired retrieving and/or assembling of speech motor plans (Blumstein, 1990; Code, 1998; Darley et al., 1975; Van der Merwe, 2021; Ziegler, 2009), a breakdown in translating encoded phonological representations to articulated speech (McNeil et al., 1997). Dysarthria, on the other hand, is defined as a deficit of the motor control and execution of the neuromuscular commands involved in speech production (Darley et al., 1969a, 1969b, 1975; Duffy, 2013; Guenther, 2016; Van der Merwe, 2021). Dysarthria has therefore been attributed to impaired motor programming and execution in models of motor speech control (Guenther, 2016; Van der Merwe, 2021). Seven subtypes of dysarthria, determined according to the impaired underlying pathophysiological neurosubsystem, have been described and classified in the framework of the standard classification by Darley et al. (1969a, 1969b, 1975) from Mayo Clinic: flaccid dysarthria (in bulbar palsy), spastic dysarthria (in pseudobulbar palsy or bilateral upper motor neuron lesion), ataxic dysarthria (in cerebellar disorders), hypokinetic dysarthria (in parkinsonism; HD), hyperkinetic dysarthria (in dystonia and chorea), and a mixed dysarthria (combining flaccid and spastic dysarthria: MD-FlSp), described in the amyotrophic lateral sclerosis (ALS), to which two subtypes have been added more recently (Duffy, 2013; dysarthria with undefined etiology and dysarthria associated with focal unilateral upper motor neuron [UUMN] lesion).

The clinical diagnosis of MSDs and the differential diagnosis between subtypes of MSDs are mainly based on auditory-perceptual criteria (Bunton et al., 2007; Duffy, 2013; Kent, 1996) and their relationship to the underlying pathophysiology. The auditory-perceptual approach remains the most commonly used method because of its convenience in terms of time and material, offering a quick description of the patients' speech characteristics (Kent, 1996), and partly because of the lack of other valid, sensitive, and robust markers (Delvaux & Pillot-Loiseau, 2020; Simmons & Mayo, 1997). However, the differential diagnosis between MSDs based on an auditory-perceptual approach can be quite challenging for SLPs due to multiple sources of biases.

A first bias is related to the internal representations the listeners have about perceptual features. The internal representations are built through the clinical experience (number of years of practice, number of MSD patients followed, degree of familiarity with the MSD subtypes, underlying pathologies and severity of MSD, and place of practice) and type and amount of training (Kim et al., 2011). With expertise, the clinicians develop the ability to recognize complex speech pattern, which builds and enriches their internal representations. Internal representation of complex speech patterns leads SLPs to direct diagnosis, without need of a checklist approach of perceptual features (Duffy, 2013). However, the multiple parameters contributing to the construction of internal representations also involve that perceptual classification is highly subjective.

In addition, mild speech disorders may be missed with an auditory-perceptual approach as audition and auditory perception of the listeners give rise to the phenomenon of phonemic restoration. It drives the listener to replace a distorted sound by another sound, influenced by the meaning or the syntactic structure of an utterance, or also the degree of familiarity with the speech corpus (Kent, 1996).

Moreover, although the underlying pathophysiology and impaired motor speech production processes and levels differ, the different MSDs also share several signs of impaired speech. For instance, most of the core perceptual clinical symptoms of AoS (distorted articulation and slow speech rate due to lengthened intersegment durations and segments, syllabification, and additions of pauses; Ballard et al., 2016; Cunningham et al., 2016; McNeil et al., 2009) are also found in dysarthria. As for dysarthria, of the 38 perceptual features used for their characterization in the

Mayo Clinic classification, several are shared by the subtypes of dysarthria, such as imprecise consonants (Darley et al., 1969a, 1969b, 1975).

Finally, there is a lack of consensus on the core sets of diagnostic features for AoS even if there are currently several attempts to define its most sensitive and specific differential diagnostic criteria (Duffy, 2013; Duffy et al., 2021; Jonkers et al., 2017; McNeil et al., 2009; Strand et al., 2014; Utianski et al., 2018; Wambaugh et al., 2019). Indeed, Molloy and Jagoe (2019) found 34 different speech features used as diagnostic criteria for AoS across 157 included studies in their scoping review. It showed a set of 14 common features, mostly perceptual, that was shared by only seven studies. In summary, the auditory-perceptual approach in the assessment of MSDs is far from being perfect, and its diagnostic and classification accuracy are affected by several factors that will be further developed in the following sections.

Factors Influencing Perceptual Classification of MSDs

Given the limits of perceptual classification highlighted above and the overlap of perceptual speech signs between subtypes of MSDs, some studies have been conducted to assess the reliability of the Mayo Clinic classification system of dysarthria or the accuracy of the classification of MSDs (Bunton et al., 2007; Zeplin & Kent, 1996; Zyski & Weisiger, 1987) or else to validate perceptual scales for AoS including perceptually based classification (Diagnostic Instrument for Apraxia of Speech; Jonkers et al., 2017; Apraxia of Speech Rating Scale 1.0 [ASRS 1.0]: Strand et al., 2014). The results of these studies do not seem to converge, but they are actually hardly comparable due to different factors that affect the decision-making process, such as the groups of speakers (number of groups, MSD subtypes, and underlying pathologies and inclusion of a control group), the severity of MSDs, the expertise/clinical experience of the listeners, the speech tasks and corpus (number and types of speech tasks and length of speech material), or the method/design of the experiments (free-choice classification task and forced-choice classification task). In the following subsections, we will briefly review each of the factors that may impact the results of auditory-perceptual classification of speech samples.

Groups of Speakers

The two main types of MSDs have mostly been studied separately in perceptual classification studies, although they still raise questions about their specific diagnostic criteria and their differential diagnosis. As a matter of fact, most perceptual classification studies include speakers with several subtypes of dysarthria (Bunton et al., 2007; Fonville et al., 2008; Lansford et al., 2014, 2016; Van der Graaff et al., 2009; Zyski & Weisiger, 1987), whereas other studies only include speakers with AoS (Duncan et al., 2020; Josephs et al., 2013). In the few studies including speakers with dysarthria and speakers with AoS, subtypes of dysarthria were not specifically considered and constitute a single heterogeneous group of dysarthria (Hybbinette et al., 2021; Jonkers et al., 2017; Mumby et al., 2007). Furthermore, a group of neurotypical speakers was rarely included (Fonville et al., 2008; Jonkers et al., 2017; Van der Graaff et al., 2009).

Severity of MSDs

Another possible confounding factor is related to the severity of MSDs that varies across speakers and groups in most studies and was usually not controlled. Severity could actually influence the dysarthric profiles of speakers of a particular dysarthria, explaining much of the interspeaker variability. This variation has been suggested to be larger than the variation across dysarthria subtypes (Kim et al., 2011; Weismer & Kim, 2010).

Degree of Expertise

The degree of expertise of SLPs, whether considered as overall clinical experience or training with specific MSD patient subtypes, has an intuitive impact on diagnostic accuracy and differential diagnosis (Simmons & Mayo, 1997). Surprisingly, most previous perceptual classification studies analyzing the impact of expertise of SLPs found no effect (Bunton et al., 2007; Fonville et al., 2008; Lansford et al., 2016; Zyski & Weisiger, 1987). Only Verkhodanova et al. (2021) observed its influence on accuracy rates in the classification of groups of speakers with dysarthria. It is possible, however, that expertise may have a larger impact when classifying in the same study speakers with AoS and speakers with dysarthria, given the lack of international consensus on the core criteria for a diagnosis of AoS and the overlap of perceptual features across subtypes of MSDs.

Speech Tasks

Perceptual classification may also be influenced by the type of speech elicitation tasks. In the clinical assessment procedure, SLPs use a set of speech tasks that provide information on different functional subsystems, including respiratory, phonatory, velopharyngeal, articulatory/sound level, or prosodic levels (Allison et al., 2020; Kent & Kent, 2000; Kent et al., 2000; Zeplin & Kent, 1996). In perceptual classification studies including speakers with AoS (Hybbinette et al., 2021; Strand et al., 2014) or mixing both AoS and dysarthria (Jonkers et al., 2017;

Mumby et al., 2007), the judgments were often made on large speech production samples from a complete speech and language assessment protocol. Thus, they involved several tasks for each speaker (Strand et al., 2014). Conversely, the majority of perceptual classification studies of dysarthric speakers used a single speech task or a sample of few concatenated tasks. The speech samples varied from a single sentence (Lansford et al., 2014, 2016); an extract from a text reading (Fonville et al., 2008); conversational or narrative speech samples (Bunton et al., 2007); a concatenation of text reading and spontaneous speech samples (Van der Graaff et al., 2009); or speech samples elicited with text reading, alternating motion rates (AMRs), and sustained phonation task (Zyski & Weisiger, 1987). To our knowledge, the impact of the type of speech elicitation tasks included in perceptual classification studies has not been controlled or explicitly tested, whereas effects of speech tasks have been described on the speech and voice of dysarthric speakers (Brown & Docherty, 1995; Kempler & Van Lancker, 2002; Van Lancker Sidtis et al., 2010, 2012).

Operationalized Methods and Design

Regarding the operationalized methods and the design used in perceptual classification studies, two main approaches can be devised: forced-choice classification tasks and free-choice classification tasks. In a forced-choice classification task, listeners are asked to rate specific aspects of speech (Allison et al., 2020), and they are constrained in their answer by choosing between a given number of propositions, either dichotomic (two choices) or with more choices. The number of choices varied across studies (e.g., six subtypes of dysarthria in Van der Graaff et al., 2009; 38 perceptual dimensions in Bunton et al., 2007). A free-choice classification task is a perceptual sorting task in which listeners are asked to group speech samples according to perceived similarity without operationalized speech features to guide clinician ratings (Clopper, 2008; Lansford et al., 2014, 2016). Better perceptual classification accuracy in a free-choice classification task relative to a forced-choice task has been reported on dysarthria by Zyski and Weisiger (1987). This result may be due to the fact that, in the forced-choice designs, the predefined response options could mislead the listener, especially when they are numerous.

Perceptual Classification Following a Diagnostic Approach

In the frame of forced-choice and free-choice designs, clinicians are not guided in their diagnostic reasoning, which could be helpful notably when medical history or diagnosis, and neuroimaging data are not provided. An approach that follows the clinical diagnostic reasoning and decision tree may be better suited to assess diagnosis and differential diagnosis of MSDs based on auditory-perceptual classification of speech samples. A step-by-step diagnostic approach has been suggested by Duffy (2013) as a means of establishing a diagnosis. In the presence of speech abnormality, the clinician proceeds by answering successive dichotomous questions: first, whether there is a neurological difficulty; if so, whether it is MSD or another neurological communication disorder; and in the case of MSD, if it is AoS or dysarthria. Finally, if the diagnosis is dysarthria, its subtype should be identified. It is therefore likely that better accuracy and interrater agreement is achieved via perceptual classification in a study in which the decisions follow the step-by-step clinical approach rather than a unique forced-choice decision between multiple options as proposed in most previous studies.

To investigate the ability of French-speaking SLPs to perceptually distinguish between MSDs, a forced-choice perceptual classification task was built following a diagnostic approach proceeding to the differential diagnosis step-by-step using dichotomic questions. Both neurotypical and pathological speakers with different types of MSDs, namely, AoS and dysarthria (MSD types), and among dysarthria, speakers with MD-FlSp and HD (dysarthria subtypes), were included. The potential impact of a set of relevant factors was also examined within the same study: listener's expertise, speech task (type and number), and severity of the MSD. Identifying which factors impact on the diagnosis and differential diagnosis of MSDs in the auditory-perceptual approach can help to better understand the limits of auditory-perceptual approach and lead to practical recommendations to improve it. To our knowledge, the factors of interest mentioned have never been considered simultaneously in previous studies and tested in a perceptual classification task following a diagnostic approach, nor did previous perceptual classification task involve a forced-choice experimental design mixing speech samples from AoS and dysarthria with a group of neurotypical speakers. Finally, we also aimed at determining on which perceptual features the listeners based their classification.

Method

Speakers

Speech samples were issued from 30 French-speaking adults with MSD and 29 neurotypical controls collected in the framework of a larger corpus of research on speech and MSD using the same speech elicitation protocol (Fougeron, Delvaux, et al., 2018; Laganaro et al., 2021; Pernon et al., 2020).

Table 1. Demographic and speech characteristics of groups of speakers.

Group of speakers	Pathology	*n*	Gender	M_{age} (*SD*; min–max)	Mean TotalDevScore of MonPaGe-2.0.s/32 (*SD*; min–max)	Mean perceptual score BECD/20 (*SD*; min–max)	Mean total score ASRS 1.0/64 (*SD*; min–max)
Neurotypical speakers	—	29	19 F	58 (17; 25–82)	0.38 (0.69; 0–2)	—	—
AoS speakers	Poststroke	10	6 F	52.5 (15.69; 24–72)	6.4 (3.01; 2–11)	9.1 (3.03; 5–15)	12 (13.53; 0–41)
MD-FlSp speakers	ALS	6	3 F	71.17 (4.83; 65–77)	5.17 (4.67; 1–12)	8 (4.24; 3–14)	7.5 (6.35; 2–17)
HD speakers	PD	14	3 F	73.5 (8.34; 55–83)	2 (2.22; 0–6)	5.07 (2.76; 1–10)	2.07 (1.59; 0–6)

Note. Em dashes indicate that there are no value for neurotypical speakers for these columns. BECD = Batterie d'Evaluation Clinique de la Dysarthrie; F = female; ASRS 1.0 = Apraxia of Speech Rating Scale 1.0; AoS = apraxia of speech; MD-FlSp = mixed dysarthria, combining flaccid and spastic dysarthria; ALS = amyotrophic lateral sclerosis; HD = hypokinetic dysarthria associated with Parkinson's disease; PD = Parkinson's disease.

Speakers With MSD

The 30 speakers with MSD had French as their first language or acquired before adulthood without foreign accent and were aged from 24 to 83 years old (M_{age} = 65.7, *SD* = 9.62). They were diagnosed as having mild-to-moderate MSDs at the Neurology Department of the University Hospital of Geneva between September 2018 and October 2019, with the following diagnosis: poststroke AoS (*n* = 10), HD (*n* = 14), and MD-FlSp secondary to ALS (*n* = 6).

For each speaker with MSD, the neurological diagnosis was established by neurologists at the university hospital based on standard clinical criteria, and MSD was assessed by an expert SLP based on the perceptual score of BECD[1] (Auzou & Rolland-Monnoury, 2006), the TotalDevScore of MonPaGe-2.0.s screening protocol (Laganaro et al., 2021), and the ASRS 1.0 (Strand et al., 2014). The severity scores for each subgroup of MSD are presented in Table 1. The MSD diagnosis made by the expert SLP was never incompatible with the one predicted from lesion loci or neurological diagnosis. Two of the speakers with AoS had also an associated UUMN dysarthria, and six of them were diagnosed with a concomitant, mild, nonfluent aphasia, assessed by Electronic Geneva Bedside Aphasia Scale (e-GeBAS; Chicherio et al., 2019), but with AoS being dominant. Their mean accuracy at the reading task of e-GeBAS was high (97.50%), as well as at the naming task of e-GeBAS (97.50%)

Neurotypical Speakers

Twenty-nine neurotypical French-speaking subjects aged 25–82 years old were recruited from the same linguistic region without foreign accent. They had no voice, speech, or language disorders and had good hearing (self-assessed goodness of hearing on a 10° scale: *M* = 8.17, *SD* = 1.21, min–max: 5–10).

[1]BECD is the French acronym for "Batterie d'Evaluation Clinique de la Dysarthrie," which stands for "Clinical Assessment Test for Dysarthria."

One neurotypical speaker was excluded because of a pathological TotalDevScore (> 2) in the MonPaGe speech screening protocol. All speakers had corrected visual acuity when needed for reading tasks. Speakers' characteristics are summarized in Table 1. All speakers gave consent for participation in the study that received the approval from the local medical ethics committee of Geneva and the faculty ethics committee (Psychology Faculty, University of Geneva).

Speech Samples

The material for the perceptual classification task was composed of speech elicited with three different tasks from the MonPaGe screening protocol (Fougeron, Delvaux, et al., 2018; Fougeron et al., 2016; Laganaro et al., 2021; Pernon et al., 2020):

1. The production of two DDK tasks: a simple AMR CV "bababa": [bababa] and a complex AMR CCV "tratra": [tRatRa]. In the MonPaGe protocol, speakers are asked to repeat each sequence as fast and accurate as possible during 4 s.
2. The reading aloud of two paragraphs from the MonPaGe text module. The two paragraphs ("lundi"/"Monday" and "mercredi"/"Wednesday") are composed of 50 words and last in an average of 18.6 s (controls: *M* = 14.6 s; speakers with MSD: *M* = 22.6 s; see Appendix A).
3. The production of spontaneous speech elicited with the question: "What did you do during your last vacation or week-end?" (in French). For each participant, a sample of spontaneous speech with the same duration as the reading aloud task was extracted from the beginning of the sample.

The recordings took place in a quiet room at the University Hospital of Geneva and at the Laboratory

of Psycholinguistics, Faculty of Psychology and Educational Sciences of Geneva. They were performed using a Shure SM35-XLR head-mounted microphone connected to an external sound card Focusrite Scarlet 2i4 USB. All recordings were preprocessed by removing the pause at the beginning and at the end, down-sampled to 16 kHz, and normalized to the same root-mean-square value. For spontaneous speech, the double talk has also been removed.

For the classification task, the speech samples were organized in four blocks, each including 59 samples (one per speaker, i.e., 236 samples for the four blocks) from specific speech task(s). The speakers' samples were randomly presented in each block, with blocks presented in the following fixed order:

(A) the concatenation of two paragraphs of a reading Text task "Monday" and "Wednesday" with the two DDK "bababa" and "tratratra" (referred below by "Text + DDK"; 8 s), with a 500-ms pause between the two speech tasks;
(B) the Spontaneous speech task, with a duration matched to the duration of the two paragraphs of text reading for each speaker (Task D; referred below by "Spontaneous");
(C) the concatenation of the two DDK alone: "bababa" and "tratra" (4 s each, 8 s in total; referred below by "DDK"); and
(D) the concatenation of the two paragraphs of the reading Text task "Monday" and "Wednesday" (referred below by "Text").

Listeners

A total of 40 French-speaking listeners who were either professional SLPs or students in speech-language pathology participated in the study, including (a) 20 students at the end of their first year of a master program in speech-language pathology at the Faculty of Psychology of the University of Geneva (the students have completed a course on MSDs and had received basic instructions in their differential diagnosis) and (b) 20 qualified SLPs (number of years of practice: $M = 11$, $SD = 8$, min–max: 1–40/average number of patients with MSDs followed since the beginning of SLPs' practice: $M = 130$, $SD = 90$, range: 15–350). These SLPs worked in private practice at university hospitals or in neurorehabilitation centers, all experienced in working with adult neurological patients, regularly diagnosed and treated patients with an MSD, as part of their practice.

These two groups are respectively referred to as "student SLP" and "expert SLP" below. They were from the same geographic area as the speakers. All of them self-reported having no hearing loss.

Procedure and Design

The perceptual classification of speech samples was implemented online as a forced-choice task using the Qualtrics platform and survey software (Qualtrics, 2019). The 236 speech samples were split in two subsets (Version I and Version II), each including all the four blocks of speech samples and half of the speakers, balanced in MSD's severity and medical etiologies/MSD types for pathological speakers, gender, and age for all speakers. Version I consisted of 116 speech samples (29 speakers × 4 blocks), and Version II consisted of 120 speech samples (30 speakers × 4 blocks).

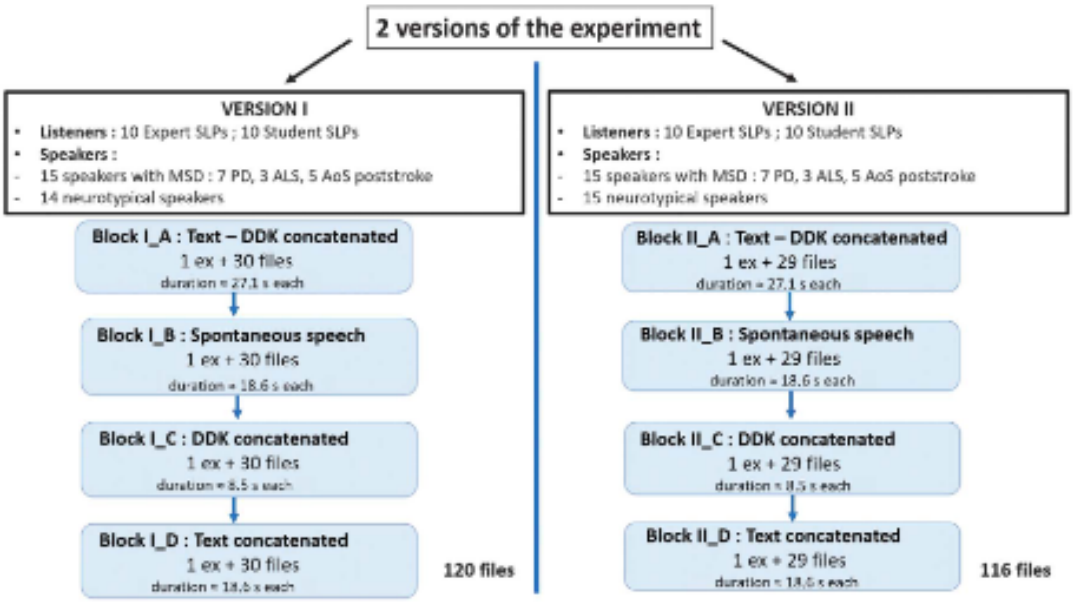
Each version was rated by half of the listeners (10 student SLPs and 10 expert SLPs). Mean duration of the procedure was around 1 hr for a whole version. The listeners could split the classification task in four parts, respecting the order defined for the four blocks (see Figure 1).

For each speech sample, listeners had to do the following (see Figure 2):

1. Determine if it corresponded to a neurotypical speaker or a pathological speaker. If the decision was "pathological speech," they had to:
2. Indicate the perceptual features on which they based their decision (only for Blocks A, B, and D in order to keep continuous part of speech in the perceptual analysis as recommended by Auzou & Rolland-Monnoury, 2006, for the perceptual evaluation). The listeners had to select the feature(s) among the eight following features: voice quality, articulation, nasality, prosody/intonation, speech rate/speech fluency, respiration, intelligibility, and naturalness of speech. For each feature, a definition was provided during the experiment (see Appendix B).
3. Decide the type of MSDs: AoS or dysarthria.
4. In case of a classification of the speech sample as dysarthria, they had to further determine the underlying pathology of the subtype of dysarthria: HD or MD-FlSp.

The questions were presented successively, similar to a clinical and diagnostic questioning (Duffy, 2013). Thus, each listener had to answer one to four questions per speech sample, depending on their first decision of neurotypical versus pathological speech sample. Before the task, listeners were instructed on which underlying medical etiologies, MSD subtypes, types of speech tasks, and speech samples they would have to rate. They also were aware that there were samples from neurotypical speakers. Neither the numbers of samples per MSD and dysarthria types nor the number, of healthy controls were disclosed. A training was conducted before each block using an

Figure 1. Repartition of the listeners, speakers, and speech samples between the two versions of the perceptual classification task. SLPs = speech-language pathologists; MSD = motor speech disorder; PD = Parkinson's disease; ALS = amyotrophic lateral sclerosis; AoS = apraxia of speech; DDK = diadochokinetic.



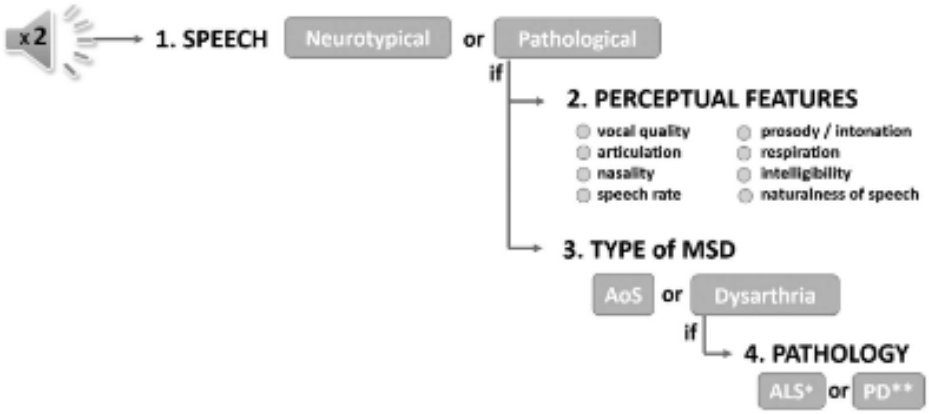
example file from the other version of the experiment. Each audio sample could be played twice at maximum.

Statistical Analyses

Statistical analyses were performed using the R software (R Core Team, 2019), with the base package, lmerTest (Kuznetsova et al., 2017), Lme4 (Bates et al., 2015), and Irr (Gamer et al., 2019) for the interrater reliability analyses.

The main analyses were run on classification accuracy using the glmer function for the generalized mixed models. We ran three glmer models with classification accuracy as the dependent variable. Each model refers to the results of the three successive dichotomic rating questions (Questions 1, 3, and 4 in Figure 1), namely, Model (i): accuracy in the classification between pathological and neurotypical speaker (Question 1); Model (ii): accuracy in the classification of MSD subtypes: AoS versus dysarthria for the subset of speakers judged as pathological

Figure 2. Rating procedure for the successive questions in the perceptual classification task. * = giving rise to the subtype of dysarthria: MD-FlSp; ** = giving rise to the subtype of dysarthria: HD. MD-FlSp = mixed dysarthria, combining flaccid and spastic dysarthria; HD = hypokinetic dysarthria associated with Parkinson's disease; AoS = apraxia; ALS = amyotrophic lateral sclerosis; PD = Parkinson's disease.



(Question 3) and Model (iii): accuracy in the classification of dysarthria: MD-FlSp dysarthria versus HD for the subset of speech samples judged as dysarthric (Question 4). Model selection was performed by including in the model all fixed factors of interest and which are known to have a potential influence on the dependent variable (groups of speakers, groups of listeners, [speech] tasks, TotalDevScore MonPaGe centered, age, and gender) and random intercepts for speakers and listeners. Since the model did not converge, random effects have been suppressed at first, namely, listeners, and then less relevant fixed factors, namely, age and gender of the speakers, were removed hierarchically from the model. The fixed effects built into the model were finally groups of speakers, groups of listeners, (speech) tasks, and the MonPaGe total deviance score of the speaker (TotalDevScore MonPaGe), for which values were centered and the random effect was "speaker." Since contrasts were explored by turning over the intercept variable of the model to target all relevant comparisons, the resultant multitesting bias was corrected using the Bonferroni method (Bonferroni, 1936). Therefore, the significance threshold was divided by the number of models.

Interrater reliability was assessed using the intraclass correlation coefficient (ICC). ICC estimates and their 95% confident intervals were computed based on the mean correct rating per question across the four speech tasks for each speaker and per listener, separately for each group (student SLPs and expert SLPs) for common speakers, reflecting Version I or Version II of the experiment ("type": average/multiple raters, $k = 10$), absolute agreement ("definition"), in a two-way model ("model"). For qualitative interpretation of the ICC values, guidelines by Koo and Li (2016) were applied. According to these recommendations, ICC values of less than .50 are indicative of poor reliability, values between .50 and .75 indicate moderate reliability, values between .75 and .90 indicate good reliability, and values greater than .90 indicate excellent reliability.

Results of Question 2 on the "perceptual features" were analyzed in relationship with the classification of each MSD speech sample in Questions 3 and 4. This means that only perceptual features associated with correctly classified speech samples were analyzed. The first analysis was run on the number of perceptual features identified by the listeners for each correctly classified speech sample in the subsequent Questions 3 and 4. Two lmer models were run, Models (iv) and (v), one for the first classification of MSD (AoS vs. dysarthria) and one for the classification of dysarthria (HD vs. MD-FlSp). The "number of perceptual features" was the dependent variable with the same fixed effects and random structure as for the previous analyses. Then, the distribution of the types of perceptual features used by listeners was analyzed relative to the groups of speakers, the groups of listeners, and the tasks using Pearson's chi-square test for homogeneity (Agresti & Gottard, 2007).

Results

Classification Accuracy on Pathological Versus Neurotypical Speakers

The overall classification accuracy across the two groups of listeners on Question 1 was 72%. As shown in Table 2, accuracy was higher for speakers with MSD than for neurotypical speakers; expert SLPs had slightly higher scores than student SLPs. Both results were confirmed by the statistical analyses as presented in Table 3. In addition, classification was better on the Text and Spontaneous speech tasks, relative to the DDK task and, to a lesser extent, relative to the Text + DDK task. There was also a main effect of the TotalDevScore of MonPaGe, with better classification for more severe MSDs (see Table 3).

Classification Accuracy on AoS Versus Dysarthria

The classification accuracy across the two groups of MSD listeners on Question 3 was 74%. As shown in Table 2, accuracy was higher for speakers with dysarthria than with AoS, and expert SLPs had higher scores than student SLPs. Both results were confirmed by the statistical analyses as presented in Table 4. In addition, classification was better on the Text and Spontaneous speech tasks than on the DDK task. The accuracy for the Text + DDK task was also significantly different from the other speech tasks: higher than the DDK task, lower than the Spontaneous speech tasks (see Table 4).

Classification Accuracy on MD-FlSp Versus HD

The overall classification accuracy on Question 4 was 68%. As shown in Table 2, accuracy was higher for speakers with HD than with speakers with MD-FlSp, and expert SLPs had higher scores than student SLPs. Both results were confirmed by statistical analyses as presented in Table 5. In addition, classification was better on the Text, Spontaneous, and Text + DDK tasks than on the DDK task. There was also a main effect of the TotalDevScore of MonPaGe with better classification for more severe MSD (see Table 5).

Error Analysis

The classification matrix of all misclassified speech samples for each group of speakers and classification question is presented in Table 6. It can be observed that

Table 2. Mean accuracy rates (%) of the perceptual classification task for the three dichotomic rating questions (Questions 1, 3, and 4), with detailed results for groups of speakers, groups of listeners, and speech tasks.

		Accuracy (%)		
Question 1		**Pathological speech samples**	**Neurotypical speech samples**	**Total**
Total judgments		85.63	57.11	71.61
Groups of listeners	Expert SLP	84.00	61.47	72.92
	Student SLP	87.25	52.76	70.30
Speech tasks	Text + DDK	87.00	52.76	70.17
	Spontaneous	86.83	64.14	75.68
	DDK	84.17	44.66	64.75
	Text	84.50	66.90	75.85
Question 3		**AoS speech**	**Dysarthria speech samples**	**Total**
Total judgments		58.98	83.24	74.19
Group of listeners	Expert SLP	69.09	87.64	80.56
	Student SLP	48.20	78.89	67.71
Speech tasks	Text + DDK	56.12	80.67	71.46
	Spontaneous	74.24	83.54	80.00
	DDK	41.34	81.82	67.27
	Text	63.01	87.41	78.21
Question 4		**MD-FlSp speech**	**HD speech samples**	**Total**
Total judgments		60.12	71.53	67.85
Groups of listeners	Expert SLP	64.41	75.27	71.74
	Student SLP	55.35	67.46	63.58
Speech tasks	Text + DDK	64.37	74.43	71.10
	Spontaneous	59.55	77.09	71.27
	DDK	50.00	61.20	57.85
	Text	65.85	73.81	71.20

Note. SLP = speech-language pathologist; DDK = diadochokinetic; AoS = apraxia of speech; MD-FlSp = mixed dysarthria, combining flaccid and spastic dysarthria; HD = hypokinetic dysarthria associated with Parkinson's disease.

the speech samples of neurotypical speakers were most often misclassified as belonging to the class of speakers with HD or speakers with AoS. The speech samples of speakers with AoS were confused in a large proportion with speakers with MD-FlSp. The speech samples of speakers with MD-FlSp were mainly misclassified as those of speakers with HD.

Interrater Reliability

All results of the interrater reliability analyses are presented in Table 7. The overall mean interrater ICC across the three questions was good (.78). The ICCs were better for Question 1 than for Questions 3 and 4. Globally, expert SLPs had higher ICC values than student SLPs,

Table 3. Results of the generalized linear mixed models estimating differences between groups of listeners, groups of speakers, and speech tasks, regarding the accuracy of the classification of pathological and neurotypical speakers.

Model (i): glmer(accuracy ~ groups of speakers + groups of listeners + speech tasks + TotalDevScore MonPaGe centered + (1|speaker), data = data_Neurotypical_Pathological, family = "binomial")					
Comparisons		**β**	***SE***	***z***	***p***
Groups of speakers	Neurotypical–pathological	1.29	0.48	2.67	< .01*
Groups of listeners	Expert SLP–student SLP	0.19	0.08	−2.44	.014*
Speech tasks	Text + DDK–DDK	−0.37	0.11	−3.46	< .001*
	Text + DDK–Spontaneous	0.40	0.11	3.64	< .001*
	Text + DDK–Text	0.42	0.11	3.75	< .001*
	DDK–Spontaneous	0.78	0.11	7.02	< .001*
	DDK–Text	0.79	0.11	7.13	< .001*
	Spontaneous–Text	0.01	0.11	0.34	.908
TotalDevScore MonPaGe centered		0.26	0.08	3.12	< .01*

Note. Three models were necessary to perform all the comparisons for tasks; according to the Bonferroni correction, the significance threshold equals .017, indicated by the asterisk (*). *SE* = standard error; SLP = speech-language pathologist; DDK = diadochokinetic.

Table 4. Results of the generalized linear mixed models estimating differences between groups of speakers, groups of listeners, and speech tasks, regarding the accuracy of the classification of speakers with apraxia of speech (AoS) and speakers with dysarthria.

Model (ii): glmer(accuracy ~ groups of speakers + groups of listeners + speech tasks + TotalDevScore MonPaGe centered + (1|speaker), data = data_AoS_Dysarthric, family = "binomial")					
Comparisons		**β**	***SE***	***z***	***p***
Groups of speakers	AoS–dysarthria	1.38	0.34	4.07	< .001*
Groups of listeners	Expert SLP–student SLP	0.84	0.12	7.24	< .001*
Speech tasks	Text + DDK–DDK	−0.23	0.15	−1.53	.126
	Text + DDK–Spontaneous	0.56	0.16	3.47	< .01*
	Text + DDK–Text	0.34	0.16	2.06	.039
	DDK–Spontaneous	0.79	0.16	4.90	
	DDK–Text	0.57	0.16	3.47	< .001*
	Spontaneous–Text	−0.22	0.17	−1.28	.201
TotalDevScore MonPaGe centered		0.02	0.05	0.50	.614

Note. Three models were necessary to perform all the comparisons for tasks; according to the Bonferroni correction, the significance threshold equals .017, indicated by the asterisk (*). *SE* = standard error; SLP = speech-language pathologist; DDK = diadochokinetic.

except for Question 4. These results must also be evaluated considering a wide range in most of the analyses, notably for Questions 3 and 4, which considerably lowers the qualitative interpretation of the values.

Perceptual Features

The average number of perceptual features used by listeners was around 3, as shown in Table 8. As confirmed by statistical analysis, no difference was found between speech samples correctly classified as AoS or dysarthria as presented in Table 9 and between speech samples correctly classified as HD dysarthria or MD-FlSp dysarthria as shown in Table 10.

The main effect of centered TotalDevScore of MonPaGe reached significance for the two classifications with the number of used perceptual features being larger for more severe MSD as presented in Tables 9 and 10. The main effect of the groups of listeners was revealed only for the classification of speech samples as AoS and dysarthria: The average number of perceptual features given by expert SLPs was significantly higher than the student SLPs (see Table 9).

The distribution of perceptual features was significantly different between the classification of speech sample as speakers with AoS versus speakers with dysarthria, $\chi^2(7, N = 1{,}501) = 259.62$, $p < .001$. The three most frequent perceptual signs for AoS were "speech rate/fluency," "articulation," and "naturalness of speech." For the speakers with dysarthria, they were "voice quality," "speech rate/fluency," and "articulation" (see Table 8). The difference between the distributions of perceptual features used by expert SLPs and student SLPs reaches significance, $\chi^2(7, N = 1{,}501) = 15.57$, $p = .029$. The analyses also revealed a significant difference between tasks, $\chi^2(14, N = 1{,}501) = 36.36$, $p < .001$, linked to differences between

Table 5. Results of the generalized linear mixed models estimating differences between groups of speakers, groups of listeners, and speech tasks, regarding the accuracy of the classification of speakers with MD-FlSp and speakers with HD.

Model (iii): glmer(accuracy ~ groups of speakers + groups of listeners + speech tasks + TotalDevScore MonPaGe centered + (1|speaker), data = data_MD-FlSp_HD, family = "binomial")					
Comparisons		**β**	***SE***	***z***	***p***
Groups of speakers	MD-FlSp–HD	1.13	0.43	2.62	< .01*
Groups of listeners	Expert SLP–student SLP	0.43	0.15	2.89	< .01*
Speech tasks	Text + DDK–DDK	−0.68	0.20	−3.34	< .001*
	Text + DDK–Spontaneous	−0.02	0.21	−0.09	.931
	Text + DDK–Text	−0.05	0.21	−0.27	.791
	DDK–Spontaneous	0.66	0.20	3.25	< .01*
	DDK–Text	0.62	0.21	3.03	< .01*
	Spontaneous–Text	−0.04	0.21	−0.18	.857
TotalDevScore MonPaGe centered		0.16	0.06	2.59	< .01*

Note. Three models were necessary to perform all the comparisons for tasks, according to the Bonferroni correction, the significance threshold equals 0.017, indicated by the asterisk (*). MD-FlSp = mixed dysarthria, combining flaccid and spastic dysarthria; HD = hypokinetic dysarthria associated with Parkinson's disease; *SE* = standard error; SLP = speech-language pathologist; DDK = diadochokinetic.

Table 6. Classification matrix: percentages of misclassified speech samples for each group of speakers and classification question.

Variable	Neurotypical speech samples (n = 2,320) % (n misclassified)	AoS speech sample (n = 800) % (n misclassified)	HD speech samples (n = 1,120) % (n misclassified)	MD-FlSp speech samples (n = 480) % (n misclassified)
Judged as neurotypical (Question 1)	—	3 (24)	23.04 (258)	13.33 (64)
Judged as AoS (Question 3)	16.77 (389)	—	13.93 (156)	16.67 (80)
Judged as HD (Question 4)	17.20 (399)	16.5 (132)	—	27.92 (134)
Judged as MD-FlSp (Question 4)	8.92 (207)	21.75 (174)	17.95 (201)	—

Note. AoS = apraxia of speech; HD = hypokinetic dysarthria associated with Parkinson's disease; MD-FlSp = mixed dysarthria, combining flaccid and spastic dysarthria.

the task Text – DDK with the other tasks, Text + DDK – Spontaneous: $\chi^2(7, N = 1{,}501) = 30.11$, $p < .001$; Text + DDK – Text: $\chi^2(7, N = 1{,}501) = 18.22$, $p < .011$; Text – Spontaneous: $\chi^2(7, N = 1{,}501) = 7.06$, $p = .423$, especially for the feature "intelligibility," which rate was lowest for Text – DDK task, and the feature "articulation," which rate was highest for Text + DDK task (see Table 8).

The distribution of perceptual features was significantly different between speakers with MD-FlSp and speakers with HD, $\chi^2(7, N = 782) = 51.16$, $p < .001$. The three most frequent perceptual signs for speakers with MD-FlSp were "speech rate/fluency," "voice quality," and "articulation" in quite equally rates, and the three most frequent perceptual signs for speakers with HD were "voice quality" (which rate was higher), "speech rate/fluency," and "articulation" (see Table 8). The statistical analyses revealed no difference between groups of listeners, $\chi^2(7, N = 782) = 9.88$, $p = .196$, and also no difference between tasks, $\chi^2(14, N = 782) = 18.38$, $p = .190$.

Discussion

This study aimed to investigate the factors affecting the accuracy of SLP listeners to perceptually classify speech samples from neurotypical and pathological MSD speakers (AoS and dysarthria) in a forced-choice classification task in the framework of a diagnostic approach (Duffy, 2013). The potential effects of the following factors were assessed simultaneously in the same study: listener's expertise, speech task eliciting speech samples, and severity of MSD.

Before discussing the specific results on the factors of interest in further details, we will briefly compare the overall classification accuracy obtained in this study to results from previous studies. Then, the results will be discussed at each step of the classification procedure, and finally, the number and profiles of perceptual features used by listeners to correctly classify will be interpreted.

Substantial Accuracy Rates of Perceptual Classifications in a Diagnostic Approach

The overall rates of correct classification of neurotypical versus MSD speech samples were substantial (72%) but not perfect, and the interrater reliability was globally good. At each step of the classification procedure, significant differences were observed between groups of speakers and between groups of listeners. First, the MSD speakers were better identified than neurotypical speakers; second, higher accuracy rates were obtained for speakers with dysarthria than for speakers with AoS; and third, speakers with HD were better classified than speakers with MD-FlSp. Classification accuracy and interrater reliability were higher overall for expert SLPs than for student SLPs. Finally, an effect of the speech task was observed with better classification accuracy for spontaneous speech and text reading samples relative to DDK alone or Text + DDK.

Table 7. Interrater reliability (intraclass correlation [95% confidence interval][a] by question for each group of speech-language pathologists (SLPs).

Question	Expert SLPs	Student SLPs	All listeners	Qualitative interpretation[b]
Q1	.91 [.82, .97]	.90 [.78, .96]	.91 [.80, .93]	Excellent
Q3	.80 [.50, .96]	.59 [.17, .91]	.70 [.35, .94]	Moderate
Q4	.73 [.35, .94]	.75 [.12, .99]	.74 [.18, .96]	Moderate
All questions	.81 [.56, .94]	.75 [.36, .95]	.78 [.44, .94]	Good

[a]Two-way model, multiple raters (average), absolute agreement. [b]Koo and Li (2016).

Table 8. Mean number and distributions (%) of perceptual features used by listeners (Question 2) for the classification of pathological speakers correctly judged according to groups of speakers, groups of listeners, and speech tasks.

Speech samples correctly judged AoS and dysarthric speakers		*n* (*SD*)	Perceptual features: Distribution (%)							
			Voice quality	Articulation	Nasal resonance	Prosody intonation	Speech rate fluency	Breathing	Intelligibility	Naturalness of speech
Total of judgments		3.28 (1.64)	15.85	18.08	7.85	12.57	20.44	7.51	4.78	12.92
Groups of speakers	AoS speakers	3.53 (1.56)	9.74	21.18	3.75	13.39	25.02	5.24	5.79	15.88
	Dysarthric speakers	3.12 (1.67)	20.04	15.96	10.67	12.01	17.30	9.06	4.08	10.88
Groups of listeners	Expert SLP	3.38 (1.71)	15.24	18.96	8.07	13.07	20.01	7.17	3.96	13.53
	Student SLP	3.17 (1.56)	16.52	17.12	7.62	12.02	20.92	7.87	5.69	12.24
Speech tasks	Text + DDK	3.25 (1.57)	16.33	19.58	7.72	11.79	21.05	8.43	2.89	12.21
	Spontaneous	3.26 (1.65)	15.42	17.42	8.68	12.40	19.61	7.03	6.44	12.99
	Text	3.33 (1.71)	15.78	17.16	7.07	13.62	20.69	7.01	5.04	13.62

Speech samples correctly judged MD-FISp and HD speakers		*n* (*SD*)	Perceptual features: Distribution (%)							
			Voice quality	Articulation	Nasal resonance	Prosody intonation	Speech rate fluency	Breathing	Intelligibility	Naturalness of speech
Total of judgments		3.26 (1.69)	20.58	14.85	11.51	12.49	16.26	9.51	4.08	10.72
Groups of speakers	MD-FISp speakers	3.92 (2.06)	16.21	16.01	11.46	11.96	16.90	8.60	6.72	12.15
	HD speakers	2.93 (1.37)	23.47	14.08	11.54	12.84	15.84	10.10	2.35	9.78
Groups of listeners	Expert SLP	3.32 (1.76)	21.32	15.15	11.70	12.20	15.58	9.26	3.23	11.56
	Student SLP	3.18 (1.61)	19.69	14.48	11.27	12.84	17.09	9.80	5.12	9.71
Speech tasks	Text + DDK	3.20 (1.65)	20.43	17.46	11.52	10.45	16.75	10.10	3.09	10.21
	Spontaneous	3.22 (1.68)	20.44	13.63	12.36	12.93	15.24	9.82	5.08	10.51
	Text	3.35 (1.75)	20.88	13.48	10.62	14.08	16.83	8.59	4.06	11.46

Note. AoS = apraxia of speech; SLP = speech-language pathologist; DDK = diadochokinetic; MD-FISp = mixed dysarthria, combining flaccid and spastic dysarthria; HD = hypokinetic dysarthria associated with Parkinson's disease.

Table 9. Results of the linear mixed models estimating differences between groups of speakers, groups of listeners, and speech tasks, regarding the number of perceptual features used for the classification of speakers with apraxia of speech (AoS) and speakers with dysarthria judged as pathological.

Model (iv): lmer(Number of perceptual features ~ groups of speakers + groups of listeners + speech tasks + TotalDevScore MonPaGe centered + (1|speaker), data = data_perceptual_features_MSD, REML = FALSE)

Group	Sum of squares	Mean square	Num/den *df*	*F*	*p*
Groups of speakers (AoS–dysarthria)	0.19	0.187	1, 29.11	0.11	.75
Groups of listeners (expert SLP–student SLP)	15.57	15.57	1, 1472.02	8.85	< .01*
Speech tasks (Text + DDK–Spontaneous–Text)	0.002	0.001	2, 1474.03	0.0005	.999
TotalDevScore MonPaGe centered	47.31	47.31	1, 29.40	26.88	< .001*

Note. SLP = speech-language pathologist; DDK = diadochokinetic. *p value reached significance when less than .05.

All accuracy rates (ranging between 58% and 86%) of the present forced perceptual classification task were higher than in most of previous perceptual classification studies (Bunton et al., 2007; Fonville et al., 2008; Van der Graaff et al., 2009; Zyski & Weisiger, 1987). As mentioned in the introduction, accuracy rates depend on different parameters, notably on the experimental design, on the type of questions, and on the number of groups of speakers, explaining variability across studies. Indeed, depending on the type of dysarthria, some groups of speakers received very low accuracy in previous studies (1% for flaccid dysarthric speakers and 55% for hypokinetic dysarthric speakers in Zyski & Weisiger, 1987). The overall accuracy rates for all listener groups (between 19% and 56%) were considered as not reliable enough for clinical purposes by Zyski and Weisiger (1987). Fonville et al. (2008) found an average accuracy rate of 35% for judgments done on six groups of speakers, when Van der Graaff et al. (2009) found high accuracy rates for the identification of dysarthria that dropped to about 40% when it came to choose the subtype of dysarthria. The lower rates in the previous studies mentioned may also be explained by the number of speaker groups, ranging from four to seven. The overall better performance of the listeners in the present classification task and the good interrater reliability are likely linked to the design of the experiment based on a forced-choice classification task in a diagnostic approach including successive dichotomic questions guiding the step-by-step reasoning. However, even if higher than those of previous perceptual classification studies, the observed classification accuracies are still far from perfect, as an important proportion of the speech samples are misclassified.

The Expertise of Listeners Matters

Among the analyzed factors, the expertise of the listener (of the SLPs) affected classification accuracy at all classification steps. The better accuracy in expert SLP relative to student SLP on all questions observed in this study is in contradiction to null results reported in previous studies (Bunton et al., 2007; Lansford et al., 2016; Zyski & Weisiger, 1987). By contrast, the present findings are in line with the recent results of perceptual classification of speakers with Parkinson's disease by untrained and trained (student SLP) listeners in the study by Verkhodanova et al. (2021) but also with SLPs' self-assessment of their clinical progress in the survey by Simmons and Mayo (1997). Indeed, Simmons and Mayo reported that the classification of dysarthria subtypes was at least perceived to be progressively easier for those who had been working with MSDs longer. In fact, one of the most common responses to the question of what factors make differential diagnosis of dysarthria difficult to perform was a lack of experience with the specific disorder.

Table 10. Results of the linear mixed models estimating differences between groups of speakers, groups of listeners, and speech tasks, regarding the number of perceptual features used for the classification of speakers with MD-FlSp and speakers with HD judged as dysarthric.

Model (v): lmer(Number of perceptual features ~ groups of speakers + groups of listeners + speech tasks + TotalDevScore MonPaGe centered + (1|speaker), data = data_perceptual_features_Dysarthria, REML = FALSE)

	Sum of squares	Mean square	Num/den *df*	*F*	*p*
Groups of speakers (MD-FlSp–HD)	1.21	1.21	1, 19.45	0.71	.411
Groups of listeners (expert SLP–student SLP)	3.45	3.45	1, 763.16	2.01	.157
Speech tasks (Text + DDK–Spontaneous–Text)	0.30	0.15	2, 763.99	0.09	.918
TotalDevScore MonPaGe centered	25.55	25.55	1, 19.27	14.87	< .01*

Note. MD-FlSp = mixed dysarthria, combining flaccid and spastic dysarthria; HD = hypokinetic dysarthria associated with Parkinson's disease; SLP = speech-language pathologist; DDK = diadochokinetic. *p value reached significance when less than .05.

Here, the overall accuracy differences between the two groups of listeners are related to student SLPs misclassifying neurotypical speakers as pathological and speakers with an AoS as dysarthria. This was confirmed by the results of the analysis of the interrater reliability, higher for expert SLPs than for student SLPs.

The 20 student SLPs of this study had completed a course on MSDs during their first year of a master program in speech-language pathology and had received basic training in both dysarthria and AoS and their differential diagnosis. These hours of training appear to be insufficient to perform at the same level as expert SLPs trained in clinical settings (Kearns & Simmons, 1988). It should be noted, however, that even on the group of expert SLPs, the parameters of the number of year of practice and the average number of patients with MSDs followed since the beginning of SLPs' practice that may have an impact on the results were not controlled statistically in this study.

Effect of Speech Task

A specific issue addressed in this study that was not explored in most previous perceptual classification tasks was the impact of speech tasks (type and number) on the judgments done by SLPs. The Text Reading Aloud task and Spontaneous speech task clearly had the highest classification accuracy rates, a result that has also been reported in a recent study by Verkhodanova et al. (2021), who examined the effects of speech elicited in an interview and in a reading task. By contrast, speech elicited with a DDK task did not seem to help classification neither in isolation nor concatenated with a continuous task, as it actually dropped classification accuracy by 10%–20%.

The observation that the Spontaneous and Text speech tasks were found to be the most sensitive tasks to detect pathological speech and to distinguish between MSDs indicates that they allow to most fully express the profile of MSDs, even with a short sample. Such continuous speech tasks probably contain sufficient information on prosody, speech rate, articulatory precision, voice quality, and so forth, which is the reason why they are also recommended for perceptual analyses of dysarthria subtypes and rating of the global features of "intelligibility" or "naturalness of speech" in clinical practice (Auzou & Rolland-Monnoury, 2006).

It is surprising that speech elicited with DDK tasks did not contribute to the decision of the listeners in each classification question of this experiment, as DDK has been shown to help the differential diagnosis between neurotypical speakers and speakers with MD-FlSp with ALS (Rong & Heidrick, 2021) and between AoS and dysarthria (Duffy, 2013; Jonkers et al., 2017; Ogar et al., 2006). However, for this latter diagnosis, the main contribution is often linked to the difference in performance between sequential motion rate DDK and AMR DDK based on quantitative analyses on speech rate (Duffy, 2013; Kent et al., 2022; Strand et al., 2014). Here, the low contribution of DDK to correct classification may therefore be related, on the one hand, to the fact that it only included AMRs' sequences and, on the other hand, to the fact that the diagnostic value of such task probably relies on objective/acoustic measures of speech rate. Finally, the reduced contribution of DDK to correct classification is in line with Weismer's view of DDK tasks (2006) considering that the "oromotor, nonverbal tasks" as DDK (also called "pseudospeech tasks," "quasispeech tasks," "paraspeech tasks," "speech tasks," "nonspeech oral tasks," "speechlike tasks," or else categorized in "[speechlike] maximum performance tests"; Bunton, 2008; Kent, 2015; Kent et al., 1987; Ziegler et al., 2019) may not be useful in clinical diagnosis, not representative and informative on the speech production to the same extent as conversational/spontaneous speech, because of a specific sensitivity of the motor control processes to the task. This viewpoint considering DDK task as speechlike task is also shared by Kent et al. (1987) and Ziegler (2002, 2003) and has been proven empirically by Ziegler et al. (2019), who showed that DDK and other maximum performance tests did not contribute to the diagnosis of dysarthria. The results for the Text + DDK in our experiment, achieving lower accuracy rates than Text speech task and Spontaneous speech task, would also support this view.

Differences Between Groups of Speakers

Speech and Voice Normality Representations Among SLPs

Surprisingly, on the first classification question, speech samples from MSD speakers were overall better identified than those from neurotypical speakers (86% vs. 58%). This result may be related to a bias toward classifying speech samples as pathological in forced-choice tasks. Nevertheless, it is in contrast to other results of previous perceptual classification studies that included a group of neurotypical speakers (Fonville et al., 2008; Van der Graaff et al., 2009), reporting results in the opposite direction (lower accuracy rates for pathological than for neurotypical speakers). However, as already discussed above, the overall classification accuracy rates of the other perceptual classification studies were much lower than in this study (between 19% and 56% in Zyski & Weisiger, 1987, around 35% in Fonville et al., 2008), which was also related to the number of speaker groups to be classified. Misclassification analyses showed that neurotypical speakers were here mainly confused with speakers with HD and speakers with AoS. For the speakers with HD, it could be related to the mild degree of severity of this group; for the

speakers with AoS, the lack of expertise of student SLPs could, in large part, explain it.

The present findings on misclassification of neurotypical speakers in the context of higher overall classification accuracy further question the knowledge/representation of normality and variability of the speech and voice of neurotypical speakers by the listeners, with unstable internal standards (Bunton et al., 2007; Delvaux & Pillot-Loiseau, 2020). Here, the neurotypical speakers originated from different areas of French-speaking Switzerland and could have slightly different regional accents. Using a free-classification perceptual task of speakers with different regional American English accents, Clopper and Pisoni (2007) showed that the regional/linguistic experience of the listeners differentially affected perceptual similarity ratings of speakers. Besides regional accent, other factors may have contributed to the misclassification of speech samples from neurotypical speakers. Delvaux and Pillot-Loiseau (2020) showed that multiple other factors could affect voice and speech in neurotypical speakers, such as smoking habits (Gilbert & Weismer, 1974) or chronic diseases, associated medications, musical and theatre practice, profession, or idiosyncrasies such as glottal fry. These sources of voice and speech variations, possibly perceived as pathological signs, could be considered to have had a potential influence on the accuracy of the ratings. A closer check of the misclassified neurotypical speakers showed that two of them were among the oldest speakers of this group. The impact of aging on voice and speech, combined with interspeaker variability that becomes more important with age (Eichhorn et al., 2018; Fougeron, d'Alessandro, & Lancia, 2018; Fougeron et al., 2021; Ramig et al., 2001), could partly explain these results. This indicates that signs of aging in voice and speech can be confused with signs of neurological disorders, especially by student SLPs, also suggesting that they should be trained to recognize the characteristics of "neurotypicality" in aging voice and speech.

Uncertain Perceptual Diagnosis of AoS

The accuracy rates of the classification of speakers with dysarthria (83%) were higher than those of MSD speakers with AoS (59%). The error analysis showed that speakers with AoS were mostly confused with MD-FlSp. This could be partly related to some shared perceptual signs, such as slowed speech rate and the presence of distorted articulation (Darley et al., 1969a, 1969b, 1975; Duffy, 2013; McNeil et al., 2009; Molloy & Jagoe, 2019).

AoS is rarely pure, often mixed with aphasia and/or dysarthria (Duffy, 2013; McNeil et al., 2009), generating misclassifications and more variability in ratings, especially for severe patients. Here, only speakers with dominant AoS were included in this group; only two out of the 10 speakers with dominant AoS had associated UUMN dysarthria. The perceptual features of UUMN dysarthria in these two speakers, such as changes in voice quality (Duffy, 2013), could have led to a diagnosis of dysarthria. For these speakers, it is also possible that the most salient MSD has not been selected by the listeners. On the other hand, six of them had concomitant mild nonfluent aphasia. For these speakers, the main sign was latencies for lexical/phonological access in spontaneous speech, not easy to distinguish from additions of pauses associated with AoS (Ballard et al., 2016; Cunningham et al., 2016; McNeil et al., 2009).

The concomitant presentations of AoS with aphasia and/or dysarthria and their potential variability are likely to make the adherence to standard criteria challenging (Molloy & Jagoe, 2019). The lack of clear consensus for diagnostic criteria of AoS and its differential diagnosis with dysarthria (Allison et al., 2020; Molloy & Jagoe, 2019) are therefore coherent with the low accuracy rate in the identification of speech samples from speakers with AoS, as it does not allow decisions based on clear features. Altogether, this probably leads to less stable/less defined internal representations of AoS features for SLPs, thus explaining the lower classification accuracy for AoS.

However, an additional issue in the classification of AoS versus dysarthria is the modality of the perceptual task, which was auditory only for this study. In some previous reliability studies including AoS (Jonkers et al., 2017; Mumby et al., 2007), listeners performed perceptual classifications from video recordings that received substantial interrater reliability. Recent reviews by Molloy and Jagoe (2019) and Allison et al. (2020) highlighted the importance of visual information such as the presence of "groping" in the diagnostic process of AoS (see also Bailey et al., 2019). This missing visual cue could partly explain the lower accuracy rates for this MSD type in our auditory-perceptual classification task.

Prototypical and Less Prototypical Dysarthria Subtypes of the Mayo Clinic Classification System

Finally, within the classification of the group of speakers with dysarthria, the "mixed" subtype of dysarthria combining spastic and flaccid components associated with ALS could partly explain the lower accuracy rate of classification of this group of speakers relative to HD. Zyski and Weisiger (1987) also reported that HD was consistently identified with greater accuracy than other subtypes of dysarthria ranging from 55% to 73% by all groups of listeners, and the group of speakers with MD-FlSp was the most difficult subtype to classify in the study by Fonville et al. (2008; 14% of accuracy). The latter argued that participants classified speech samples according to the component, flaccid or spastic, that were perceptually dominant, missing the mixed

pattern. The "mixed" subtype appears to be more variable and less prototypical—partially confused with the other group of dysarthric speakers, namely, those with HD. The higher accuracy in classifying HD may be related to its specific and consistent pathognomonic perceptual features. Borrie et al. (2012), for instance, suggested that the most consistent and regular features are, as in hypokinetic dysarthria, the more "learnable and amenable to perceptual training" (p. 295).

The mild degree of severity of our group of speakers with HD, reflecting early stages of the disease, probably also played a role in our results by facilitating the judgments of listeners. Indeed, the HD associated with Parkinson's disease is known to become more variable with changes of speech and voice over the course of the disease at later stages (Forrest et al., 1989; Ho et al., 1998; Moya-Galé & Levy, 2019; Skodda et al., 2013). As shown by the error analysis, the accuracy rates of classification of speech samples from speakers with HD have, however, been lowered, as they were confused in a larger proportion with neurotypical speakers. In fact, four of them had very mild dysarthria and were probably undetected by listeners. They were indeed among the 10 worst misclassified speakers.

As already mentioned for speakers with AoS, visual cues are also lacking for the dysarthric speakers in this experiment. Indeed, crucial information is available in the context of the clinical physical examination, such as, for example, the reduced range of orofacial movements specific to speakers with HD or the possible presence of lingual fasciculations in speakers with MD-FlSp, reflecting lower motor neuron involvement. More broadly, in clinical contexts, the auditory-perceptual approach is completed with the case history of the patients (and possibly with neuroimaging data) and contributing to the differential diagnosis. This missing information should be considered as a limit of auditory-perceptual classification relative to clinical practice and could also explain why some speakers are misclassified in this study.

Overall, another potential source of influence in the misclassification of the speakers with MSDs could be the effects of current or past speech therapy. This parameter was not controlled for in this study. Through the impact of possible compensatory strategies, it could have modified the perceptual characteristics of the speech of MSD speakers, such as those of articulatory accuracy or speech rate (Martens et al., 2015; Mendoza Ramos et al., 2021).

Main Perceptual Features Characterizing MSD Subtypes in Line With Theorical Data

All the listeners of this study used, on average, three perceptual features out of the eight features proposed in the multiple-choice questions to classify MSD types and dysarthria subtypes. The limited set of features was included to take into account the observations by Kent (1996) that multiple dimensions, in addition to requiring more time and being correlated, could result in more erroneous answers.

Although the same set of eight features was proposed for all speech samples, the distribution of perceptual features identified by SLPs for speakers with AoS and dysarthria is significantly different. Qualitatively, the three most frequent perceptual features associated with correct classification of speech samples from speakers with AoS are "speech rate/fluency" (20%), "articulation" (18%), and "naturalness of speech" (13%), which is congruent with the literature on AoS. In fact, the two main reported perceptual symptoms of AoS are "distorted articulation" and "slow speech rate due to lengthened intersegment durations and segments," "syllabification," and "additions of pauses" (Ballard et al., 2016; Cunningham et al., 2016; McNeil et al., 1997). In contrast, the rates of the perceptual features of "breathing" and "nasal resonance," respectively 9% and 11%, even if low, are higher for the correct classification of dysarthric speech samples.

Focusing on the correct classification of the two subgroups of speakers with dysarthria, the three most frequent perceptual signs selected by SLPs are "voice quality," "speech rate/fluency," and "articulation." The "voice quality" feature is in line with the potentially impaired laryngeal function/level in dysarthria (Darley et al., 1969a, 1969b, 1975). Here, the profiles of speakers with MD-FlSp and HD differ, the "voice quality" being the most frequent sign used to characterize HD, followed by "speech rate/fluency" and, at last, "articulation." They also reflected the pathognomonic perceptual features described for hypokinetic dysarthria in HD (Darley et al., 1969a, 1969b, 1975; Duffy, 2013; Ho et al., 1998; Moya-Galé & Levy, 2019), with the main clusters and perceptual features being reduced loudness (hypophonia), less variability of pitch, hoarse and breathy voice, momentary rushes of speech, variable speech rate, imprecise articulation, and dysfluent speech production (Skodda et al., 2013). For MD-FlSp, these three most frequent perceptual features received equivalent rates ("speech rate/fluency," "voice quality," and "articulation") and are consistent with the main perceptual signs reported for the mixed flaccid–spastic dysarthria by Darley et al. (1969a, 1969b, 1975), Duffy (2013), or Tomik and Guiloff (2010), namely, strained, breathy, and hoarse voice and excessive prolonged speech segments resulting in a slow speech rate, imprecise consonants, and hypernasality.

The observation that the number of features identified was larger for more severe MSD is consistent with the occurrence of other perceptual features with the severity of the MSD, for both HD at later stages of the

neurodegenerative disease (Ho et al., 1998; Skodda et al., 2013) and MD-FlSp, presenting in its course more marked features of each component, flaccid and spastic (Tomik & Guiloff, 2010; Yunusova et al., 2019).

Conclusions and Future Directions

The present forced-choice perceptual classification study of speakers with AoS and dysarthria and neurotypical speakers achieved substantial overall accuracy rates, but with important variations depending on group of speakers, listener's expertise, and speech task. The overall classification accuracy (72%) is far from perfect, but nevertheless much higher than in previous perceptual classification task. While extrapolating the findings is limited by the presence and choice between two dysarthria types, this could lead to a recommendation for the use of a diagnostic approach for the perceptual classification of MSDs for SLPs, who are then guided step-by-step in their reasoning for the differential diagnosis. It indicates that, at least in expert SLPs, the perceptual expertise largely contributes to the diagnosis, yet leaving a part of incertitude, which should be repeated on a more proportionate and larger sample size and complemented with alternative approaches and additional information.

In future studies, it may be informative to focus on the comparison of correctly classified with misclassified speech samples with fine-grained acoustic analyses to better understand the reasons of perceptual misclassification. Current technological means allow for the use of combined acoustic, physiological, or kinematic measures in clinical settings to supplement perceptual analyses (Duffy, 2016). The support of automatic classification could also be a promising tool for clinicians by providing diagnostic markers to better distinguish AoS from dysarthria (Kodrasi et al., 2020a, 2020b) and to detect mild and very mild speech and voice changes in MSDs (Tracy et al., 2020).

Author Contributions

Michaela Pernon: Conceptualization (Equal), Data curation (Lead), Formal Analysis (Lead), Investigation (Lead), Methodology (Equal), Resources (Lead), Software (Lead), Visualization (Lead), Writing – original draft (Lead), Writing – review & editing (Equal). **Frédéric Assal:** Conceptualization (Supporting), Funding acquisition (Lead), Investigation (Supporting), Project administration (Lead), Supervision (Lead), Validation (Lead), Writing – review & editing (Supporting). **Ina Kodrasi:** Formal Analysis (Supporting), Methodology (Supporting), Writing – review & editing (Supporting). **Marina Laganaro:** Conceptualization (Equal), Data curation (Supporting), Formal Analysis (Supporting), Funding acquisition (Lead), Investigation (Supporting), Methodology (Equal), Project administration (Lead), Resources (Supporting), Software (Supporting), Supervision (Lead), Validation (Lead), Visualization (Supporting), Writing – original draft (Supporting), Writing – review & editing (Equal).

Acknowledgments

This research was supported by Swiss National Science Foundation Grant CRSII5_173711 for the Sinergia "MoSpeDi" project. The authors gratefully acknowledge their colleagues from the MonPaGe and MoSpeDi projects, more particularly Cécile Fougeron, Maryll Fournet, Nathalie Lévêque, Véronique Delvaux, Rolland Trouville, Daria D'Alessandro, Grégoire Python, Monica Lancheros, Marion Bourqui, and Pauline Pellet Cheneval. The authors also would like to thank all the patients, clinicians, and graduate students who participated in this study, as well as Eric Ménétré and Gilles Reymond for their helpful comments and advice.

References

Agresti, A., & Gottard, A. (2007). Independence in multi-way contingency tables: S. N. Roy's breakthroughs and later developments. *Journal of Statistical Planning and Inference, 137*(11), 3216–3226. https://doi.org/10.1016/j.jspi.2007.03.006

Allison, K. M., Cordella, C., Iuzzini-Seigel, J., & Green, J. R. (2020). Differential diagnosis of apraxia of speech in children and adults: A scoping review. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 63*(9), 2952–2994. https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-20-00061

Auzou, P., & Rolland-Monnoury, V. (2006). *BECD: Batterie d'Evaluation Clinique de la Dysarthrie* [Clinical Assessment Test for Dysarthria]. Ortho Édition.

Bailey, K., Kearney, E., Roberts, E., & Yunusova, Y. (2019). Towards movement-based outcome measures for apraxia of speech: A systematic review. *Aphasiology, 33*(8), 943–969. https://doi.org/10.1080/02687038.2018.1510111

Ballard, K. J., Azizi, L., Duffy, J. R., McNeil, M. R., Halaki, M., O'Dwyer, N., Layfield, C., Scholl, D. I., Vogel, A. P., & Robin, D. A. (2016). A predictive model for diagnosing stroke-related apraxia of speech. *Neuropsychologia, 81*, 129–139. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.12.010

Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software, 67*(1), 1–48. https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01

Blumstein, S. E. (1990). Phonological deficits in aphasia: Theoretical perspectives. In A. Caramazza (Ed.), *Cognitive neuropsychology and neurolinguistics: Advances in models of cognitive function and impairment* (pp. 33–53). Erlbaum.

Bonferroni, C. E. (1936). Teoria statistica delle classi e calcolo delle probabilità [Statistical class theory and calculus of probability]. *Pubblicazioni del R Istituto Superiore di Scienze Economiche e Commerciali di Firenze, 8*, 3–62.

Borrie, S. A., McAuliffe, M. J., & Liss, J. M. (2012). Perceptual learning of dysarthric speech: A review of experimental studies. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 55*(1), 290–305. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/10-0349)

Brown, A., & Docherty, G. J. (1995). Phonetic variation in dysarthric speech as a function of sampling task. *International Journal of Language & Communication Disorders, 30*(1), 17–35. https://doi.org/10.3109/13682829509031320

Bunton, K. (2008). Speech versus nonspeech: Different tasks, different neural organization. *Seminars in Speech and Language, 29*(4), 267–275. https://doi.org/10.1055/s-0028-1103390

Bunton, K., Kent, R. D., Duffy, J. R., Rosenbek, J. C., & Kent, J. F. (2007). Listener agreement for auditory-perceptual ratings of dysarthria. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 50*(6), 1481–1495. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007/102)

Chicherio, C., Genoud-Prachex, T., Assal, F., & Laganaro, M. (2019). *E-GeBAS: Electronic Geneva Bedside Aphasia Scale* [Computer program]. https://www.unige.ch/lapse/logotools/fr/adultes

Clopper, C. G. (2008). Auditory free classification: Methods and analysis. *Behavior Research Methods, 40*(2), 575–581. https://doi.org/10.3758/BRM.40.2.575

Clopper, C. G., & Pisoni, D. B. (2007). Free classification of regional dialects of American English. *Journal of Phonetics, 35*(3), 421–438. https://doi.org/10.1016/j.wocn.2006.06.001

Code, C. (1998). Models, theories and heuristics in apraxia of speech. *Clinical Linguistics & Phonetics, 12*(1), 47–65. https://doi.org/10.3109/02699209808985212

Cunningham, K. T., Haley, K. L., & Jacks, A. (2016). Speech sound distortions in aphasia and apraxia of speech: Reliability and diagnostic significance. *Aphasiology, 30*(4), 396–413. https://doi.org/10.1080/02687038.2015.1065470

Darley, F. L., Aronson, A. E., & Brown, J. R. (1969a). Clusters of deviant speech dimensions in the dysarthrias. *Journal of Speech and Hearing Research, 12*(3), 462–496. https://doi.org/10.1044/jshr.1203.462

Darley, F. L., Aronson, A. E., & Brown, J. R. (1969b). Differential diagnostic patterns of dysarthria. *Journal of Speech and Hearing Research, 12*(2), 246–269. https://doi.org/10.1044/jshr.1202.246

Darley, F. L., Aronson, A. E., & Brown, J. R. (1975). *Motor speech disorders*. W. B. Saunders.

Delvaux, V., & Pillot-Loiseau, C. (2020). Perceptual judgment of voice quality in nondysphonic French speakers: Effect of task-, speaker- and listener-related variables. *Journal of Voice, 34*(5), 682–693. https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.02.013

Duffy, J. R. (2013). *Motor speech disorders: Substrates, differential diagnosis, and management* (3rd ed.). Elsevier.

Duffy, J. R. (2016). Motor speech disorders: Where will we be in 10 years? *Seminars in Speech and Language, 37*(3), 219–224. https://doi.org/10.1055/s-0036-1584154

Duffy, J. R., Utianski, R. L., & Josephs, K. A. (2021). Primary progressive apraxia of speech: From recognition to diagnosis and care. *Aphasiology, 35*(4), 560–591. https://doi.org/10.1080/02687038.2020.1787732

Duncan, E. S., Donovan, N. J., & Sajjadi, S. A. (2020). Clinical assessment of characteristics of apraxia of speech in primary progressive aphasia. *American Journal of Speech-Language Pathology, 29*(1S), 485–497. https://doi.org/10.1044/2019_AJSLP-CAC48-18-0225

Eichhorn, J. T., Kent, R. D., Austin, D., & Vorperian, H. K. (2018). Effects of aging on vocal fundamental frequency and vowel formants in men and women. *Journal of Voice, 32*(5), 644.e1–644.e9. https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.08.003

Fonville, S., van der Worp, H. B., Maat, P., Aldenhoven, M., Algra, A., & van Gijn, J. (2008). Accuracy and inter-observer variation in the classification of dysarthria from speech recordings. *Journal of Neurology, 255*(10), 1545–1548. https://doi.org/10.1007/s00415-008-0978-4

Forrest, K., Weismer, G., & Turner, G. S. (1989). Kinematic, acoustic, and perceptual analyses of connected speech produced by Parkinsonian and normal geriatric adults. *The Journal of the Acoustical Society of America, 85*(6), 2608–2622. https://doi.org/10.1121/1.397755

Fougeron, C., d'Alessandro, D., & Lancia, L. (2018). Reduced coarticulation and aging. *The Journal of the Acoustical Society of America, 144*(3), 1905–1905. https://doi.org/10.1121/1.5068348

Fougeron, C., Delvaux, V., Ménard, L., & Laganaro, M. (2018). The MonPaGe_HA database for the documentation of spoken French throughout adulthood. In *Proceedings of the Eleventh International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2018)* (pp. 4301–4306). European Language Resources Association.

Fougeron, C., Delvaux, V., Pernon, M., Lévêque, N., Borel, S., Pellet, P., Bagou, O., Trouville, R., Ménard, L., Catalano Chiuvé, S., Lopez, U., Kocjancic-Antolik, T., & Laganaro, M. (2016). MonPaGe: Un protocole informatisé d'évaluation de la parole pathologique en langue française [MonPaGe: A computerized protocol for the evaluation of pathological speech in French]. In N. Joyeux & S. Topouzkhanian (Eds.), *Actes du colloque UNADREO «Orthophonie et technologies innovantes»* (pp. 291–303). Ortho Edition.

Fougeron, C., Guitard-Ivent, F., & Delvaux, V. (2021). Multidimensional variation in adult speech as a function of age. *Language, 6*(4), 176. https://doi.org/10.3390/languages6040176

Gamer, M., Lemon, J., Fellows, I., & Singh, P. (2019). *irr: Various coefficients of interrater reliability and agreement (Version 0.84)*. https://cran.r-project.org/web/packages/irr/index.html

Gilbert, H. R., & Weismer, G. G. (1974). The effects of smoking on the speaking fundamental frequency of adult women. *Journal of Psycholinguistic Research, 3*(3), 225–231. https://doi.org/10.1007/BF01069239

Guenther, F. H. (2016). *Neural control of speech*. MIT Press. https://doi.org/10.7551/mitpress/10471.001.0001

Ho, A. K., Iansek, R., Marigliani, C., Bradshaw, J. L., & Gates, S. (1998). Speech impairment in a large sample of patients with Parkinson's disease. *Behavioural Neurology, 11*(3), 131–137. https://doi.org/10.1155/1999/327643

Hybbinette, H., Östberg, P., & Schalling, E. (2021). Intra- and interjudge reliability of the apraxia of speech rating scale in early stroke patients. *Journal of Communication Disorders, 89*, 106076. https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2020.106076

Jonkers, R., Feiken, J., & Stuive, I. (2017). Diagnosing apraxia of speech on the basis of eight distinctive signs. *Canadian Journal of Speech-Language Pathology and Audiology, 41*(3), 303–319.

Josephs, K. A., Duffy, J. R., Strand, E. A., Machulda, M. M., Senjem, M. L., Lowe, V. J., Jack, C. R., & Whitwell, J. L. (2013). Syndromes dominated by apraxia of speech show distinct characteristics from agrammatic PPA. *Neurology, 81*(4), 337–345. https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e31829c5ed5

Kearns, K. P., & Simmons, N. N. (1988). Interobserver reliability and perceptual ratings: More than meets the ear. *Journal of Speech and Hearing Research, 31*(1), 131–136. https://doi.org/10.1044/jshr.3101.131

Kempler, D., & Van Lancker, D. (2002). Effect of speech task on intelligibility in dysarthria: A case study of Parkinson's

disease. *Brain and Language, 80*(3), 449–464. https://doi.org/10.1006/brln.2001.2602

Kent, R. D. (1996). Hearing and believing: Some limits to the auditory-perceptual assessment of speech and voice disorders. *American Journal of Speech-Language Pathology, 5*(3), 7–23. https://doi.org/10.1044/1058-0360.0503.07

Kent, R. D. (2015). Nonspeech oral movements and oral motor disorders: A narrative review. *American Journal of Speech-Language Pathology, 24*(4), 763–789. https://doi.org/10.1044/2015_AJSLP-14-0179

Kent, R. D., & Kent, J. F. (2000). Task-based profiles of the dysarthrias. *Folia Phoniatrica et Logopaedica, 52*(1–3), 48–53. https://doi.org/10.1159/000021512

Kent, R. D., Kent, J. F., & Rosenbek, J. C. (1987). Maximum performance tests of speech production. *Journal of Speech and Hearing Disorders, 52*(4), 367–387. https://doi.org/10.1044/jshd.5204.367

Kent, R. D., Kent, J. F., Weismer, G., & Duffy, J. R. (2000). What dysarthrias can tell us about the neural control of speech. *Journal of Phonetics, 28*(3), 273–302. https://doi.org/10.1006/jpho.2000.0122

Kent, R. D., Kim, Y., & Chen, L. M. (2022). Oral and laryngeal diadochokinesis across the life span: A scoping review of methods, reference data, and clinical applications. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 65*(2), 574–623.

Kim, Y., Kent, R. D., & Weismer, G. (2011). An acoustic study of the relationships among neurologic disease, dysarthria type, and severity of dysarthria. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 54*(2), 417–429. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2010/10-0020)

Kodrasi, I., Pernon, M., Laganaro, M., & Bourlard, H. (2020a). *Automatic and perceptual discrimination between dysarthria, apraxia of speech, and neurotypical speech.* arXiv preprint arXiv:2011.07542. https://doi.org/10.48550/arXiv.2011.07542

Kodrasi, I., Pernon, M., Laganaro, M., & Bourlard, H. (2020b). Automatic discrimination of apraxia of speech and dysarthria using a minimalistic set of handcrafted features. In *Proceedings of the Annual Conference of the International Speech Communication Association, Shanghai, China.*

Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine, 15*(2), 155–163. https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012

Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. B. (2017). lmerTestPackage: Tests in linear mixed effects models. *Journal of Statistical Software, 82*(13), 1–26. https://doi.org/10.18637/JSS.V082.I13

Laganaro, M., Fougeron, C., Pernon, M., Levêque, N., Borel, S., Fournet, M., Catalano Chiuvé, S., Lopez, U., Trouville, R., Ménard, L., Burkhard, P. R., Assal, F., & Delvaux, V. (2021). Sensitivity and specificity of an acoustic and perceptual-based tool for assessing motor speech disorders in French: The MonPaGe screening protocol. *Clinical Linguistics & Phonetics, 35*(11), 1060–1075. https://doi.org/10.1080/02699206.2020.1865460

Lansford, K. L., Berisha, V., & Utianski, R. L. (2016). Modeling listener perception of speaker similarity in dysarthria. *The Journal of the Acoustical Society of America, 139*(6), EL209–EL215. https://doi.org/10.1121/1.4954384

Lansford, K. L., Liss, J. M., & Norton, R. E. (2014). Free-classification of perceptually similar speakers with dysarthria. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 57*(6), 2051–2064. https://doi.org/10.1044/2014_JSLHR-S-13-0177

Martens, H., Van Nuffelen, G., Dekens, T., Hernández-Díaz Huici, M., Kairuz Hernández-Díaz, H. A., De Letter, M., & De Bodt, M. (2015). The effect of intensive speech rate and intonation therapy on intelligibility in Parkinson's disease. *Journal of Communication Disorders, 58*, 91–105. https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2015.10.004

McNeil, M. R., Robin, D. A., & Schmidt, R. A. (1997). Apraxia of speech: Definition, differentiation and treatment. In M. R. McNeil (Ed.), *Clinical management of sensorimotor speech disorders* (pp. 311–344). Thieme Medical Publishers.

McNeil, M. R., Robin, D. A., & Schmidt, R. A. (2009). Apraxia of speech. In M. R. McNeil (Ed.), *Clinical management of sensorimotor speech disorders* (pp. 249–268). Thieme.

Mendoza Ramos, V., Paulyn, C., Van den Steen, L., Hernandez-Diaz Huici, M. E., De Bodt, M., & Van Nuffelen, G. (2021). Effect of boost articulation therapy (BArT) on intelligibility in adults with dysarthria. *International Journal of Language & Communication Disorders, 56*(2), 271–282. https://doi.org/10.1111/1460-6984.12595

Molloy, J., & Jagoe, C. (2019). Use of diverse diagnostic criteria for acquired apraxia of speech: A scoping review. *International Journal of Language & Communication Disorders, 54*(6), 875–893. https://doi.org/10.1111/1460-6984.12494

Moya-Galé, G., & Levy, E. S. (2019). Parkinson's disease-associated dysarthria: Prevalence, impact and management strategies. *Research and Reviews in Parkinsonism, 9*, 9–16. https://doi.org/10.2147/JPRLS.S168090

Mumby, K., Bowen, A., & Hesketh, A. (2007). Apraxia of speech: How reliable are speech and language therapists' diagnoses? *Clinical Rehabilitation, 21*(8), 760–767. https://doi.org/10.1177/0269215507077285

Ogar, J., Willock, S., Baldo, J., Wilkins, D., Ludy, C., & Dronkers, N. (2006). Clinical and anatomical correlates of apraxia of speech. *Brain and Language, 97*(3), 343–350. https://doi.org/10.1016/j.bandl.2006.01.008

Pernon, M., Lévêque, N., Delvaux, V., Assal, F., Borel, S., Fougeron, C., Trouville, R., & Laganaro, M. (2020). MonPaGe, un outil de screening francophone informatisé d'évaluation perceptive et acoustique des troubles moteurs de la parole (dysarthries, apraxie de la parole) [MonPaGe, a French-speaking computerized screening tool for the perceptual and acoustic evaluation of motor speech disorders (dysarthria, apraxia of speech)]. *Rééducation orthophonique, 281*, 169–197.

Qualtrics. (2019). [Computer software]. https://www.qualtrics.com

Ramig, L. O., Gray, S., Baker, K., Corbin-Lewis, K., Buder, E., Luschei, E., Coon, H., & Smith, M. (2001). The aging voice: A review, treatment data and familial and genetic perspectives. *Folia Phoniatrica et Logopaedica, 53*(5), 252–265. https://doi.org/10.1159/000052680

R Core Team. (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/

Rong, P., & Heidrick, L. (2021). Spatiotemporal control of articulation during speech and speechlike tasks in amyotrophic lateral sclerosis. *American Journal of Speech-Language Pathology, 30*(3S), 1382–1399. https://doi.org/10.1044/2020_AJSLP-20-00136

Simmons, K. C., & Mayo, R. (1997). The use of the Mayo Clinic system for differential diagnosis of dysarthria. *Journal of Communication Disorders, 30*(2), 117–132. https://doi.org/10.1016/S0021-9924(96)00058-5

Skodda, S., Grönheit, W., Mancinelli, N., & Schlegel, U. (2013). Progression of voice and speech impairment in the course of Parkinson's disease: A longitudinal study. *Parkinson's Disease, 2013*. https://doi.org/10.1155/2013/389195

Strand, E. A., Duffy, J. R., Clark, H. M., & Josephs, K. (2014). The apraxia of speech rating scale: A tool for diagnosis and description of apraxia of speech. *Journal of Communication Disorders, 51,* 43–50. https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2014.06.008

Tomik, B., & Guiloff, R. J. (2010). Dysarthria in amyotrophic lateral sclerosis: A review. *Amyotrophic Lateral Sclerosis, 11*(1–2), 4–15. https://doi.org/10.3109/17482960802379004

Tracy, J. M., Özkanca, Y., Atkins, D. C., & Hosseini Ghomi, R. H. (2020). Investigating voice as a biomarker: Deep phenotyping methods for early detection of Parkinson's disease. *Journal of Biomedical Informatics, 104,* 103362. https://doi.org/10.1016/j.jbi.2019.103362

Utianski, R. L., Duffy, J. R., Clark, H. M., Strand, E. A., Botha, H., Schwarz, C. G., Machulda, M. M., Senjem, M. L., Spychalla, A. J., Jack, C. R., Jr., Petersen, R. C., Lowe, V. J., Whitwell, J. L., & Josephs, K. A. (2018). Prosodic and phonetic subtypes of primary progressive apraxia of speech. *Brain and Language, 184,* 54–65. https://doi.org/org/10.1016/j.bandl.2018.06.004

Van der Graaff, M., Kuiper, T., Zwinderman, A., Van de Warrenburg, B., Poels, P., Offeringa, A., Van der Kooi, A., Speelman, H., & De Visser, M. (2009). Clinical identification of dysarthria types among neurologists, residents in neurology and speech therapists. *European Neurology, 61*(5), 295–300. https://doi.org/10.1159/000206855

Van Der Merwe, A. (2021). New perspectives on speech motor planning and programming in the context of the four-level model and its implications for understanding the pathophysiology underlying apraxia of speech and other motor speech disorders. *Aphasiology, 35*(4), 397–423. https://doi.org/10.1080/02687038.2020.1765306

Van Lancker Sidtis, D., Cameron, K., & Sidtis, J. J. (2012). Dramatic effects of speech task on motor and linguistic planning in severely dysfluent parkinsonian speech. *Clinical Linguistics & Phonetics, 26*(8), 695–711. https://doi.org/10.3109/02699206.2012.696307

Van Lancker Sidtis, D., Rogers, T., Godier, V., Tagliati, M., & Sidtis, J. J. (2010). Voice and fluency changes as a function of speech task and deep brain stimulation. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 53*(5), 1167–1177. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2010/09-0154)

Verkhodanova, V., Coler, M., Jonkers, R., & Lowie, W. (2021). How expertise and language familiarity influence perception of speech of people with Parkinson's disease. *Clinical Linguistics & Phonetics,* 1–18. https://doi.org/10.1080/02699206.2021.2003433

Wambaugh, J. L., Bailey, D. J., Mauszycki, S. C., & Bunker, L. D. (2019). Interrater reliability and concurrent validity for the Apraxia of Speech Rating Scale 3.0: Application with persons with acquired apraxia of speech and aphasia. *American Journal of Speech-Language Pathology, 28*(2S), 895–904. https://doi.org/10.1044/2018_AJSLP-MSC18-18-0099

Weismer, G. (2006). Philosophy of research in motor speech disorders. *Clinical Linguistics & Phonetics, 20*(5), 315–349. https://doi.org/10.1080/02699200400024806

Weismer, G., & Kim, Y.-J. (2010). Classification and taxonomy of motor speech disorders: What are the issues? In B. Maassen & P. H. H. M. van Lieshout (Eds.), *Speech motor control: New developments in basic and applied research* (pp. 229–241). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199235797.003.0013

Yunusova, Y., Plowman, E. K., Green, J. R., Barnett, C., & Bede, P. (2019). Clinical measures of bulbar dysfunction in ALS. *Frontiers in Neurology, 10,* 106. https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00106

Zeplin, J., & Kent, R. D. (1996). Reliability of auditory-perceptual scaling of dysarthria. In D. Robin, K. Yorkson, & D. R. Buekelman (Eds.), *Disorders of motor speech: Recent advances in assessment, treatment, and clinical characterization* (pp. 145–154). Brookes.

Ziegler, W. (2002). Task-related factors in oral motor control: Speech and oral diadochokinesis in dysarthria and apraxia of speech. *Brain and Language, 80*(3), 556–575. https://doi.org/10.1006/brln.2001.2614

Ziegler, W. (2003). Review. *Aphasiology, 17*(1), 3–36. https://doi.org/10.1080/729254892

Ziegler, W. (2009). Modelling the architecture of phonetic plans: Evidence from apraxia of speech. *Language and Cognitive Processes, 24*(5), 631–661. https://doi.org/10.1080/01690960802327989

Ziegler, W., Schölderle, T., Brendel, B., Amsellem, J., & Staiger, A. (2019). Higher-faster-farther: Maximum performance tests in the assessment of neurogenic speech impairment. *Folia Phoniatrica et Logopaedica, 71*(5–6), 261–274. https://doi.org/10.1159/000495784

Zyski, B. J., & Weisiger, B. E. (1987). Identification of dysarthria types based on perceptual analysis. *Journal of Communication Disorders, 20*(5), 367–378. https://doi.org/10.1016/0021-9924(87)90025-6

Appendix A

Content of the Paragraphs of the Text Module of MonPaGe Screening Tool

* 1st paragraph: «Lundi, le chat, le loup et Papa vont à Bali. Les copains sont tout contents.»
Translation: "Monday, the cat, the wolf and Daddy go to Bali. The friends are very happy."
* 2d paragraph: «Mercredi, Papy dit: "Toi, le chat! Tu es doux, tu es chou, tu n'as pas de poux! Mais pas ce loup: il a une cape rouge et je n'aime pas ce gars-là!"»
Translation: "On Wednesday, Grandpa said: "You, the cat! You're sweet, you're cute, you don't have lice! But not that wolf: he has a red cape and I don't like that guy!""

Appendix B

Definitions of the Perceptual Criteria Given to the Judges During the Experiment

Voice quality: Overall impression of alterations in voice quality relating to one or more parameters (pitch, intensity, timbre), more or less marked.
Articulation: Overall impression of an alteration in articulation precision, more or less severe, affecting the production of consonants or vowels.
Nasal resonance: More or less marked disturbance of nasal resonance, which may be in the direction of hyponasality or hypernasality.
Prosody/intonation: More or less marked deficit of the suprasegmental characteristics of speech, which may be manifested by an inadequacy of the modulations of pitch and/or vocal intensity, diminished or excessive, by a difficulty in producing prosodic patterns (assertion, questioning, exclamation).
Speech rate/fluency: More or less marked alteration of speech rate and fluency, characterized by abnormally slow or fast speech rate, paroxysmal fluctuations and speech rate accelerations, initiation impairments, inappropriate or frequent pauses, and dysfluencies (repetitions, palilalia, prolongations, and blocks).
Breathing: Disturbance of breathing during speech production, more or less marked. Impairments in respiratory control may result in forced inhalations and exhalations that interrupt the flow of speech, inspiratory noises (breath and stridor) or shortened breath groups.
Naturalness of speech: Speech is perceived as abnormal due to the impairment of one or more parameters (articulation, vocal quality, speech fluency, nasal resonance, and breathing), which may be discrete to severe.

CHAPITRE 3 : APPROCHE PHONETICO-ACOUSTIQUE DISCRÈTE PAR DIMENSION DE PAROLE DANS L'ÉVALUATION DES MSDs

- analyses acoustiques et perceptives de la parole des locuteurs correctement et incorrectement classés de l'expérience de classification perceptive, issues de MonPaGe-2.0.s -

Après avoir examiné l'approche perceptive globale dans le diagnostic différentiel des troubles moteurs de la parole (cf. Chapitre 2), ce chapitre porte sur l'approche phonético-acoustique discrète par dimension de l'évaluation de la parole.

Afin d'en étudier les apports diagnostiques, nous avons examiné les profils des locuteurs pathologiques ayant reçus les taux de classification les plus bas versus les plus élevés dans l'expérience de classification perceptive du chapitre précédent. Cette démarche visait aussi à identifier quels étaient les locuteurs MSD qui avaient été incorrectement ou correctement classés par les orthophonistes lors de la classification perceptive et quelles avaient été les confusions de ces auditeurs. Pour ce faire, leurs résultats perceptifs et acoustiques obtenus aux différents modules de l'outil MonPaGe-2.0.s ont été examinés par dimension de parole. Cela a permis d'analyser l'apport de cet outil.

La genèse de MonPaGe-2.0.s, sa normalisation et sa validation sont développées dans l'Introduction de ce chapitre ; ses différents modules, les marqueurs retenus dans sa version actuelle sont, quant à eux, décrits dans sa Méthode, l'ensemble ayant fait l'objet d'un article à destination des cliniciens (Pernon et al., 2020). Les résultats rapportés ici sont majoritairement descriptifs, qualitatifs, la taille des échantillons de locuteurs constitués en fonction de type de MSD n'ayant pas permis la réalisation d'analyses statistiques comparatives. Il est par ailleurs à noter que les résultats de ce chapitre, fournissant en outre des pistes pour les développements ultérieurs de l'outil MonPaGe-2.0.s, seront davantage discutés sur un plan théorique dans la Discussion générale de cette thèse (cf. chapitre 5), ce, au vu d'éléments communs de discussion avec les autres chapitres.

3.1. Introduction

Ce chapitre interroge les potentiels apports d'une approche phonético-acoustique discrète par dimension de l'évaluation de la voix et de la parole par rapport à l'approche perceptive globale, questionnée à travers l'expérience de classification perceptive faisant l'objet du chapitre 2.

Comme précédemment rappelé, l'approche perceptive globale reste prédominante en pratique clinique et constitue un « gold standard » à l'heure actuelle dans l'évaluation des MSD (Allison et al., 2020 ; Bunton et al., 2007 ; Duffy, 2013 ; Kent, 1996 ; Molloy & Jagoe, 2019). De fait, la classification des dysarthries, le diagnostic des MSD et leur diagnostic différentiel reposent principalement sur des critères perceptifs, permettant une économie de temps en milieu clinique et une description rapide des caractéristiques de la parole des patients (Kent, 1996). Cette approche présente cependant un certain nombre de limites entraînant des erreurs et biais (Kent, 1996 ; Kent et al., 2011 ; Lansford & Liss, 2014). Ils sont relatifs aux spécificités du système perceptif pouvant donner lieu à un phénomène de restauration phonémique (Kim et al., 2011 ; Simmons & Mayo, 1997). D'autres biais sont liés au fait que le jugement perceptif est fortement influencé par les représentations internes des auditeurs, en rapport avec leur degré d'accord sur les traits perceptifs ou encore à leur degré d'expertise (Kim et al.,

2011). Une importante part de subjectivité entre ainsi en jeu dans l'approche perceptive de la voix et de la parole.

Les taux de précision obtenus pour les locuteurs pathologiques à l'expérience de classification perceptive exposée au chapitre précédent étaient supérieurs à ceux des études antérieures de classification perceptive reposant sur d'autres designs, mais n'atteignaient pas, pour la plupart des valeurs suffisamment élevées (> 75%, taux de précision bons ou parfaits). Ainsi, à la deuxième question dichotomique de la classification perceptive concernant les types de MSD (AoS versus dysarthrie), le taux de précision pour les échantillons de locuteurs dysarthriques s'élevait à 83%, ceux des locuteurs avec AoS à 59%. A la 3ème question dichotomique concernant les sous-types de dysarthries (mixte flasque-spastique : MD-FlSp versus hypokinétique : HD), le taux était de 72% pour les échantillons de locuteurs avec HD et de 60% pour ceux des locuteurs avec MD-FlSp. Dans le cadre de cette expérience, des locuteurs pathologiques présentant un MSD ont donc reçu un diagnostic erroné. L'approche perceptive globale unique ne s'avèrerait ainsi pas suffisante pour déterminer le type de MSD et de dysarthrie.

Par ailleurs, la prédominance actuelle de l'approche perceptive peut aussi être liée au manque de marqueurs valides, sensibles et robustes en pratique clinique pour l'évaluation et le diagnostic des MSD (Delvaux & Pillot-Loiseau, 2020 ; Simmons & Mayo, 1997). La validation de tels marqueurs permettrait alors d'établir des valeurs normatives de référence, essentielles pour l'analyse de données de parole de manière objective (Knuijt et al., 2017).

Dans ce contexte, le protocole MonPaGe (Fougeron et al., 2016 ; Fougeron, Delvaux, Ménard, & Laganaro, 2018 ; Laganaro et al., 2021 ; Pernon et al., 2020) a été développé afin de répondre à ce manque. Il offre aux cliniciens un outil informatisé d'évaluation acoustique et perceptive, principalement par dimension de parole, normé et validé, destinés aux locuteurs adultes francophones.

Cet outil a été élaboré par un groupe constitué de chercheurs et de cliniciens (psycholinguistes, phonéticiens, ingénieurs de la parole, informaticiens, neuropsychologues et orthophonistes/logopédistes/logopèdes) issus de 4 pays francophones (Belgique, France, Québec, Suisse).

Les objectifs visés lors de la création de MonPaGe-2.0.s étaient les suivants :

- fournir un outil d'évaluation perceptivo-acoustique des troubles moteurs de la parole, normalisé, validé et standardisé pour les adultes parlant français ;
- s'appuyer sur des tâches de parole appropriées pour ces déficits de la parole, intégrant les variables phonétiques et psycholinguistiques susceptibles d'affecter les productions ;
- tenter de couvrir l'ensemble du spectre des possibles altérations de la parole dans son aspect multidimensionnel (voix et articulation, phénomènes segmentaux et suprasegmentaux, etc.) et multi-processus (planification-programmation- exécution) ;

- présenter une sensibilité suffisante pour diagnostiquer les troubles moteurs de la parole de différents niveaux de sévérité et pour pouvoir les distinguer (diagnostic différentiel) (sensibilité) ;
- tenir compte des différentes variétés de français et des variations typiques possibles de la parole (spécificité) ;
- quantifier de manière globale et détaillée le degré de déviation des productions du patient par rapport à la norme et fournir un profil de sa parole ;
- définir des marqueurs d'évaluation de la parole, robustes et objectifs facilitant l'analyse effectuée par des examinateurs non experts ;
- développer et adapter des procédures qui répondent aux besoins et aux contraintes des cliniciens en termes de temps et de facilité de calcul et d'extraction (enregistrement des données, extractions et quantifications semi-automatisées).

La version actuelle de l'outil informatisé - MonPaGe-2.0.s- comporte aujourd'hui 8 modules (Laganaro et al., 2021). Ils sont détaillés dans la section 3.2.2. de la partie Méthode de ce chapitre. La parole y est élicitée dans plusieurs types de tâches (lecture, répétition, série automatique, parole semi-spontanée, tâches de performances maximales) et sur du matériel linguistique de complexité variable. Ces modules couvrent, comme visé initialement, différentes dimensions de la parole (voix, intelligibilité, précision articulatoire, prosodie, gestion temporelle) et plusieurs processus (planification-programmation-exécution). Il s'inscrit ainsi principalement dans une approche perceptivo-acoustique discrète de la voix et de la parole, tout en prenant en compte les performances spécifiques de certaines tâches de parole.

Afin que MonPaGe puisse être exploité dans différents contextes (pratique clinique et études cliniques), des valeurs normatives de référence ont été collectées dans plusieurs pays francophones, sur un grand nombre de locuteurs présentant divers niveaux socio-culturels, enregistrés avec des matériels audios variés. Ces normes ont été établies sur 404 sujets adultes neurotypiques de genres féminin et masculin, sans troubles de la parole, âgés entre 20 et 93 ans. Leurs enregistrements à l'aide du protocole MonPaGe forment la base de données "MonPaGe_HealthyAdults (MonPaGe_HA)" (Fougeron, Delvaux, Ménard, & Laganaro, 2018). Ces locuteurs sains ont été recrutés et enregistrés dans 4 localités francophones (Mons, Belgique (BE) : N = 104, 26% ; Québec, Canada (QC) : N = 103, 25% ; Paris, France (FR) : N = 101, 25% ; Genève, Suisse (CH) : N = 97, 24%). A noter que cette inclusion ne porte pas strictement sur des variétés régionales clairement définies au niveau de chaque localité. Par exemple, les locuteurs enregistrés à Genève avaient principalement pour origine le bassin lémanique, mais pas uniquement ; ceux de Paris venaient notamment de la moitié Nord de la France, mais aussi d'autres régions. Tous les locuteurs contrôles avaient le français pour langue première, qui était aussi parlé /usité au moment de l'enregistrement.

Lors de la phase d'inclusion, cinq groupes d'âge équilibrés avaient été constitués pour chaque pays ([20-39], [40-49], [50-59], [60-74], [75+]). Afin de construire des données normatives basées sur des groupes de locuteurs les plus larges possible, cette population a été ré-organisée en 3 groupes d'âge

- un groupe de locuteurs de 20 à 59 ans constitué de 119 femmes et 112 hommes (N = 231, âge moyen = 41,81, E.T. = 11.44),
- un groupe de locuteurs de 60 à 74 ans composé de 48 femmes et 46 hommes (N = 94, âge moyen = 66.01, E.T. = 4.31),
- et un groupe de locuteurs de 75 à 93 ans composé de 42 femmes et 37 hommes (N = 79, âge moyen = 81.71, E.T.= 4.30).

La constitution de deux groupes pour les locuteurs plus âgés répond aux besoins cliniques de valeurs de références sur des groupes d'âges adaptés aux populations souffrant de troubles neurologiques et neurodégénératifs, auxquels les troubles moteurs de la parole sont souvent associés.

Des valeurs de références couvrant 7 dimensions de parole et basées sur 15 marqueurs acoustiques et perceptifs ont été extraits de cette population dans la version screening de MonPaGe-2.0.s. Une description détaillée de ces dimensions et marqueurs est effectuée dans la section suivante. Les scores bruts sont convertis en centiles, avec une distinction entre groupes d'âge et genre lorsque celle-ci était pertinente.

Ces données normatives constituent la base de la validation de MonPaGe-2.0.s, à savoir sa capacité à détecter une parole pathologique dans un groupe de patients diagnostiqués avec un/des MSD(s), en comparaison avec un groupe de sujets contrôles typiques (différents de ceux dont les données ont fait l'objet de la normalisation).

La spécificité et la sensibilité de l'outil MonPaGe-2.0.s destiné aux troubles moteurs de la parole font l'objet de l'article de Laganaro et al. (2021).

La sensibilité du protocole a été établie sur 80 locuteurs âgés entre 24 et 81 ans (âge moyen = 57.1) issus de 6 groupes de troubles moteurs de la parole), avec un nombre équilibré de sujets par sous-groupe, incluant l'apraxie de la parole d'étiologie vasculaire (N = 10, âge moyen : 52.5), la HD associée à la maladie de Parkinson (PD) (N = 20, âge moyen : 67.9), la MD-FlSp associée à la sclérose latérale amyotrophique (ALS) (N = 20, âge moyen : 64.7), la dysarthrie mixte associée à l'ataxie de Friedreich (N = 10, âge moyen : 37.6), la dysarthrie mixte associée à la maladie de Wilson (N = 10, âge moyen : 35.2), et la dysarthrie flasque associée à la maladie de Kennedy (N = 10, âge moyen : 66.1). Ces patients ont été recrutés en Suisse romande (Hôpitaux Universitaires de Genève), en Belgique (Hôpital André Vésale, Hôpital Universitaire de Charleroi) et en France (Hôpital de la Pitié-Salpétrière et Hôpital Lariboisière, AP-HP, Paris). Leurs troubles moteurs de la parole étaient de sévérité légère à modérée-sévère. Pour un cut-off score du score total > 2, la sensibilité de l'outil, à savoir sa capacité à détecter une parole comme étant pathologique, s'avère très élevée (83.8%) pour la totalité des patients (N= 80) (Laganaro et al., 2021).

La spécificité de l'outil MonPaGe a été établie sur 62 locuteurs contrôles neurotypiques, différents de ceux de la base utilisée pour l'établissement des valeurs normatives, âgés entre 22 et 88 ans (âge moyen = 53.4, 21 hommes), sans antécédent de pathologies neurologiques, ni de troubles de la parole, de la voix et du langage. Pour un cut-off score du score total de sévérité MonPaGe (TotalDevScore) >

2, la spécificité de l'outil, à savoir sa capacité à ne pas diagnostiquer une parole normale comme pathologique, est excellente (95.2%) (Laganaro et al., 2021).

La validité externe du TotalDevScore a été testée au moyen d'un score de sévérité perceptive, à savoir le score perceptif de la grille perceptive de la BECD coté de 0 à 20 (Auzou & Rolland-Monnoury, 2006, 2019). Ce score perceptif constitue un score composite résultant de l'addition de l'évaluation perceptive sur une échelle à 4 niveaux de 5 dimensions de parole : qualité vocale, réalisation phonétique, prosodie, intelligibilité et caractère naturel de la parole. Six juges experts (orthophonistes ou spécialistes en phonétique clinique) les ont cotées à partir de l'écoute de la lecture du texte de MonPaGe de chaque patient inclus dans la validation. La corrélation entre le TotalDevScore de MonPaGe-2.0.s et le score perceptif de la BECD est forte (Laganaro et al., 2021).

Suite à sa normalisation et à sa validation, MonPaGe-2.0.s, destiné aux orthophonistes / logopèdes / logopédistes francophones, permet dans sa version actuelle de diagnostiquer les troubles moteurs de la parole légers à modérés-sévères et d'en déterminer le degré de sévérité. Sa validation sera poursuivie afin d'améliorer, entre autres, la discrimination des types et des sous-types de troubles moteurs de la parole pour une distinction entre les AoS et les dysarthries ainsi qu'entre les différents sous-types de dysarthries (Laganaro et al., 2021).

Les analyses phonético-acoustiques discrètes par dimension de parole de ce chapitre seront ainsi basées sur les données chiffrées fournies en référence à une norme par cet outil. Pour rappel, le protocole MonPaGe-2.0.s a été administré à la totalité des sujets inclus dans l'expérience de classification perceptive, dont les échantillons à juger étaient composés d'extraits issus de 3 tâches de parole de MonPaGe-2.0.s.

Objectifs de l'étude

L'objectif de la présente étude était de/d' :

- identifier les locuteurs pathologiques incorrectement classés (ayant reçu les taux de précision les plus bas : TPB) et correctement classés (ayant reçu les taux de précision les plus élevés : TPE) de l'expérience de classification perceptive du chapitre 2. Les caractéristiques globales de ces deux groupes (démographiques, données cognitives, langagières, relatives à la motricité oro-faciale, à la voix /parole) ont été comparées ;
- caractériser et comparer de manière descriptive et qualitative les locuteurs TPB et TPE au sein de sous-groupes constitués en fonction du type de MSD, à partir des marqueurs / scores de déviance (et sous-scores de déviance : Voix et DDK) de leurs profils MonPaGe-2.0.s ;
- effectuer une analyse des erreurs afin de préciser les classifications majoritaires / les confusions réalisées par les auditeurs (orthophonistes) lors de l'expérience de classification perceptive pour les locuteurs TPB à travers l'examen de la répartition de leurs taux de classification ;

- déterminer les apports diagnostiques de l'outil MonPaGe-2.0.s (score > seuil pathologique) pour les locuteurs du groupe TPB classés dans le groupe des locuteurs neurotypiques lors de l'expérience de classification perceptive.

3.2. Méthode

Cette section présentera successivement les locuteurs, puis les données et les mesures retenues et enfin les analyses et les statistiques effectuées.

3.2.1. Locuteurs

Les locuteurs dont les échantillons de parole ont été analysés dans ce chapitre sont issus du groupe des « locuteurs pathologiques » de l'expérience de classification perceptive de l'article du chapitre 2. Ils ont été enregistrés au sein de l'Unité de Neuropsychologie et de Neurologie générale et cognitive dirigée par le Pr Frédéric ASSAL, Service de Neurologie, Hôpitaux Universitaires de Genève. Ces enregistrements ont été réalisés dans le cadre du projet FNS *MoSpeeDi (*fonds CRSII5_173711) pour la constitution d'un plus large corpus de recherche sur les troubles moteurs de la parole, basé sur un même protocole de parole reposant sur l'outil MonPaGe-2.0.s (Fougeron, Delvaux, Ménard, & Laganaro, 2018 ; Pernon et al., 2020 ; Laganaro et al., 2021).

Les locuteurs pathologiques incorrectement classés (ayant reçu les taux de précision les plus bas à la classification perceptive: locuteurs TPB) et ceux correctement classés (ayant reçu les taux de précision les plus élevés : locuteurs TPE) ont ainsi été sélectionnés parmi les 30 locuteurs pathologiques décrits dans l'article du précédent chapitre, qui présentaient soit une AoS (post-AVC) (*N* = 10), soit une HD dans le cadre de la PD (*N* = 14), soit une MD-FlSp dans le cadre de la ALS (*N* = 6).

Critères d'inclusion et d'exclusion des locuteurs pathologiques

Nous détaillons ci-dessous les critères d'inclusion de ces sujets qui n'ont pas été développés plus avant dans le chapitre 2.

Les critères d'inclusion des locuteurs pathologiques étaient :

- locuteur présentant un MSD et ayant signé un consentement approuvé par le Comité d'éthique suisse;
- locuteur présentant un MSD confirmé par l'évaluation perceptive effectuée au moyen de la BECD et de l'ASRS 1.0, avec une AoS ou une dysarthrie aigue ou chronique, indépendamment de son étiologie ;
- locuteur MSD ayant le français pour langue première, ou l'ayant acquis avant l'âge adulte ;
- locuteur MSD âgé entre 20 et 90 ans ;
- locuteur MSD avec un MSD léger à modéré-sévère noté par le patient, le proche aidant ou le/la clinicien ;
- locuteur MSD sans trouble du langage ou avec des troubles langagiers très léger, aspect déterminé sur la base d'un entretien clinique.

Les critères d'exclusion des locuteurs pathologiques étaient :

- dégradation majeure de l'état général ;
- impossibilité de respecter les consignes ;
- incapacité à donner son consentement ;
- trouble du langage majeur, acquis ou développemental ;
- présence de troubles neurocognitifs, définie à partir d'un score du CDR > 0.5 (Hughes, Berg, Danziger, Coben & Martin, 1982) ;
- accent régional marqué, non genevois, qui peut introduire un biais dans les analyses acoustiques et perceptives de la parole ;
- diagnostic concomitant de dépression majeure, de troubles anxieux, de schizophrénie, de troubles paniques ou bipolaires, tels que définis par le DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013) ;
- antécédents de prises de toxiques (drogues, alcool) et de troubles associés, tels que rapportés dans le DSM-5 ;
- MSD d'étiologie médicamenteuse ;
- MSD majeur tel que défini par les items globaux de la grille perceptive de la BECD (Auzou & Rolland Monnoury, 2006, 2019) : « intelligibilité » > 3 et « caractère naturel » > 3.

Nous renvoyons le lecteur à la section « Method » de l'article précédent constituant le chapitre 2 pour une description plus détaillée de l'échantillon des locuteurs pathologiques.

Critères de sélection des locuteurs TPB et TPE

Les critères de sélection sont basés sur les taux de précision en classification perceptive de chaque locuteur pathologique en considérant le diagnostic final posé (type de MSD pour les locuteurs avec AoS ou sous-type de MSD pour les locuteurs avec MD-FlSp ou HD). Ces taux de précision ont été établis à partir des taux de précisions obtenus en classification perceptive.

→ Les critères de sélection des locuteurs TPB parmi les locuteurs pathologiques étaient les suivants :

- locuteurs ayant reçu des taux de précision en classification perceptive inférieurs au taux de précision moyen pour les échantillons de parole de leur groupe MSD (cf. détails chap. 2), soit :
  - **pour les locuteurs avec AoS** : **taux de précision < 59 %** (cf. chapitre 2, classification perceptive : question 3) ;
  - **pour les locuteurs avec HD : taux de précision < 72 %** (cf. chapitre 2, classification perceptive : question 4) ;
  - **pour les locuteurs avec MD-FlSp : taux de précision < 60 %** (cf. chapitre 2, classification perceptive : question 4).

→ Les critères de sélection des locuteurs TPE étaient les suivants :

- locuteurs ayant reçu des taux de précision en classification perceptive supérieurs au taux moyen de précision pour l'ensemble des locuteurs MSD pathologiques aux tâches de « parole continue » et « lecture » issues du protocole MonPaGe-2.0.s :

- pour les locuteurs avec AoS, MD-FlSp, HD : taux de précision > 86%.

Pour le groupe des locuteurs TPE, nous avons souhaité ne retenir qu'un groupe restreint de locuteurs ayant reçu les taux de précision les plus élevés. Le seuil a ainsi été déterminé en moyennant les valeurs des trois groupes et uniquement sur les tâches de « parole continue » qui avaient reçu les taux les plus élevés lors de la classification perceptive.

La moitié des locuteurs pathologiques de l'étude de classification perceptive (N = 30) présentée au chapitre précédent (chapitre 2) a été intégrée aux analyses de ce chapitre (N = 15 dont N HD = 14 ; N AoS = 10 ; N MD-FlSp = 6). Le nombre de locuteurs dans chaque groupe de MSD s'avère ici proportionnel au nombre de locuteurs de chaque groupe MSD de la première expérience.

3.2.2. Données et mesures

Données démographiques et médicales

Les données démographiques et médicales prises en compte lors de la description et comparaison des groupes TPB et TPE constitués sont les suivantes :

- **âge** ;
- **genre** ;
- **nombre de mois post-diagnostic** (locuteurs HD atteints de maladie de Parkinson idiopathique (MPI) et locuteurs avec MD-FlSp atteints de ALS) ou suite à la survenue de l'accident vasculaire cérébral (AVC) (locuteurs avec AoS) ;
- **groupe MSD** (dysarthrie ou AoS) ;
- **étiologie ou pathologie** (pour les accidents vasculaires cérébraux : précision du territoire touché) ;
- **troubles associés** (cognitifs, perceptifs, parole) ;
- **prise en soin orthophonique** (oui / non).

Mesures cognitives globales, langagières, de motricité oro-faciale et de voix-parole

Les mesures cognitives globales, langagières, de motricité oro-faciale et de voix-parole prises en compte dans nos analyses et présentées dans la partie « Résultats » pour chacun des sujets TPE et TPB sont les suivantes :

→ Score total du MMSE

Le Mini Mental State Examination (MMSE) (Folstein et al., 1975) dans sa version française consensuelle élaborée par le GRECO (Groupe de réflexion sur les évaluations cognitives) (Kalafat, et al., 2003) (**annexe 5**) qui en a réalisé la normalisation française, est un test permettant de mesurer l'efficience cognitive globale à partir d'un screening de l'orientation spatio-temporelle, des capacités mnésiques, attentionnelles et langagières, du calcul et des praxies constructives des patients de manière simple et rapide. Le score maximal de ce test est de 30, un score inférieur à 24 signalant l'existence d'un trouble neurocognitif.

→ Score total de l'e-GeBAS

L'e-GeBAS (Chicherio, Genoud-Prachex, Assal, & Laganaro, 2019) constitue une batterie informatisée sur tablette tactile normalisée auprès d'une population de référence de 170 sujets francophones de 20 à 89 ans. Elle est dédiée à l'évaluation précoce de dépistage des troubles phasiques. Elle est initialement prévue pour être administrée en phase aiguë dans les unités neuro-vasculaires. L'e-GeBAS, dont la passation est rapide (10-15 min), se compose de 12 sous-tests :

- 10 sous-tests d'évaluation du langage oral écrit en production et perception/compréhension (expression spontanée, orientation, série automatique et complétion de phrases, dénomination d'images, répétition, fluence verbale, questions fermées, désignation d'images et d'exécution d'ordres, écriture, lecture) ;
- 1 sous-test d'évaluation du calcul ;
- et 1 sous-test d'évaluation des praxies gestuelles.

Sa cotation semi-automatique s'effectue sur une échelle de 100 points (ce score maximal correspond à une absence de troubles langagiers). Le score global et les différents sous-scores de l'ensemble des sous-tests sont exportés dans un rapport quantitatif et qualitatif généré par le logiciel.

→ Score de l'examen moteur (motricité oro-faciale) de la BECD

L'examen moteur est l'un des tests composant la BECD (Batterie d'Evaluation Clinique de la Dysarthrie) (Auzou & Rolland-Monnoury, 2006, 2019). Il s'agit d'une grille permettant d'évaluer le fonctionnement des différents niveaux moteurs mis en jeu lors de la production de la parole, dans un contexte verbal (lors de la parole) et non verbal (en dehors de la production de la parole).

Les 11 domaines verbal et non verbal de cette batterie comprennent une évaluation de la respiration, du niveau laryngé, vélaire, lingual, labial, jugal, des mâchoires, de la face, des mouvements alternatifs, de la sensibilité et des réflexes, chacun coté sur 4.

Nous avons utilisé dans le cadre de cette étude la première version de l'examen moteur (BECD, 2006) (**annexe 6**) et **uniquement sa partie non verbale**, qui se cote sur un total de 44 points (ce score maximal correspond à une atteinte majeure de la motricité oro-faciale).

→ Score total de l'ASRS 1.0

L'Apraxia of Speech Rating Scale 1.0 (ASRS 1.0.) (Strand, Duffy, Clark, & Josephs, 2014) (voir **annexe 1**) est une échelle visant la quantification de la présence ou de l'absence d'une AoS (initialement dans le cadre d'étiologies neurodégénératives), sa fréquence relative et le degré de sévérité des caractéristiques fréquemment associées à l'apraxie de la parole, à savoir la dysarthrie et l'aphasie.

Cette échelle, validée, comprend 16 items se cotant de 0 à 4, répartis en 4 sections, à savoir :

- signes primaires distinctifs d'AoS (6 items) ;
- signes distinctifs sauf si une dysarthrie est diagnostiquée (6 items) ;
- signes distinctifs sauf si une aphasie est diagnostiquée (2 items) ;
- signes distinctifs sauf si une dysarthrie et/ou une aphasie ont été diagnostiquées (2 items).

Le score maximal est donc de 64, avec un cut-off score > 8 indiquant l'existence d'une AoS, sauf dans les cas où une aphasie et/ou une dysarthrie lui sont associées.

La cotation de l'ASRS 1.0 s'effectue à partir de l'ensemble des tâches de parole et langagières administrées.

→ Score perceptif de la grille perceptive de la BECD

La grille perceptive de la BECD (Auzou & Rolland-Monnoury, 2006) (voir **annexe 2**) propose une analyse perceptive de la voix et de la parole à partir d'une liste de 35 traits perceptifs ou critères reprenant en grande partie ceux utilisés par Darley, Aronson, et Brown (1969a) pour l'établissement de la classification actuelle des dysarthries (voir chapitre 1, section 1.1.4.).

Le score perceptif, coté sur 20, correspond au total de 5 sous-scores de critères globaux de cette grille, recevant chacun un score allant de 0 à 4 (4 étant une atteinte majeure) et a permis de déterminer les degrés de sévérité des MSDs des locuteurs de cette étude. Les 5 sous-scores sont les suivants :

- **Qualité vocale** (comprenant 11 sous-items) : présence ou non d'une altération de la voix, pouvant porter sur un ou plusieurs paramètres (hauteur, intensité, timbre), plus ou moins marquée, indicateur global de sévérité de l'atteinte vocale ;
- **Réalisation phonétique** (comprenant 5 sous-items) : présence ou non d'une réduction de la précision articulatoire des consonnes et/ou des voyelles, d'une altération de la résonance nasale (hypo- ou hypernasalité), perturbant de manière plus ou moins marquée l'intelligibilité de la parole ;
- **Prosodie** (comprenant 11 sous-items) : présence ou non d'une altération des caractéristiques prosodiques ou suprasegmentales de la parole, perturbant le débit de parole, ou encore les modulations de la hauteur et/ou de l'intensité vocale dans les fonctions expressive, distinctive et/ou démarcative de l'intonation ;
- **Intelligibilité** : présence ou non d'une perturbation de l'intelligibilité, en tenant compte des efforts réalisés par l'auditeur pour comprendre le patient ;

- Caractère naturel de la parole : perception d'une parole anormale ou non, ayant perdu son caractère naturel par une ou plusieurs perturbations légères à sévères, altérant le plus souvent la prosodie, mais aussi la qualité vocale ou la réalisation phonétique.

→ TotalDevScore et scores de déviance du rapport MonPaGe-2.0.s

Les données issues de l'évaluation effectuée à partir du protocole informatisé MonPaGe-2.0.s (Fougeron et al., 2016 ; Fougeron, Delvaux, Ménard, & Laganaro, 2018 ; Pernon et al., 2020 ; Laganaro et al., 2021 ; Trouville, Delvaux, Fougeron, & Laganaro, 2021) occupent une place centrale dans ce chapitre axé sur une approche phonético-acoustique discrète. Cet outil est ainsi présenté plus avant dans cette section. De fait, seules les tâches de parole de MonPaGe-2.0.s dont les extraits ont été intégrés à l'expérience de classification perceptive, ont été décrites dans le chapitre 2.

La passation de cet examen s'effectue sur plusieurs tâches de parole détaillés ci-après à partir de l'application « Passation » de cet outil. La cotation de ces tâches de parole et l'extraction des résultats issus des marqueurs retenus est réalisée dans un second temps à partir de l'application « cotation », qui sera aussi présentée plus bas.

Application « Passation » de MonPaGe-2.0.s

L'application logicielle « MonPaGe_Passation », fonctionnant sous Python, permet la passation des 8 modules de MonPaGe-2.0.s. Elle a une durée de 15 min à 1h environ selon la sévérité du MSD et la fatigabilité du locuteur.

Cette application permet de contrôler les enregistrements, de communiquer au patient de façon standardisée les instructions relatives à chaque tâche (par exemple, lire à voix haute et de manière intelligible, répéter le plus vite possible, etc.), et affiche à l'écran dans un ordre standardisé les productions de parole sollicitées (voyelles, pseudo-mots, phrases, etc.). Selon les tâches, les stimuli sont présentés en modalité écrite et/ou auditive (répétition). Des modèles audios sont disponibles dans 4 régiolectes : français de Belgique (Mons), de Suisse (Genève), du Québec (Montréal) et de France (Paris).

Lors des passations, le sujet est assis face à l'écran de l'ordinateur. Il est équipé d'un micro et est guidé tout au long de la passation par le clinicien ou le chercheur. L'enregistrement, le stockage et le codage des fichiers audio selon le code donné au locuteur sont gérés directement par l'application.

Les 8 modules de MonPaGe, leur corpus et consignes sont détaillés ci-après (Pernon et al., 2020).

A noter pour l'ensemble des tâches de parole de ces modules que le degré de complexité phonético-phonologique pouvant induire des difficultés au niveau de la réalisation et/ou de la planification des séquences à produire est manipulé à travers plusieurs variables : la longueur du corpus (voyelles isolées à phrases), sa complexité (structure syllabique : CV versus CCV, par exemple), sa fréquence (mots versus non-mots, syllabes plus ou moins fréquentes).

Application « Passation » : module 1 « Intelligibilité »

Ce module débute le protocole MonPaGe. Il s'agit d'un court test d'intelligibilité standard, administré sous la forme d'une tâche interactive entre un examinateur et un patient assis face-à-face.

Le patient a pour consigne d'indiquer à l'examinateur où placer un mot cible sur une grille comportant 5 formes de 5 couleurs chacune, illustrée à la **figure 3.**

Le patient voit s'afficher l'un après l'autre les mots cibles et leur position associée sur la grille figurant à l'écran, non visible de l'examinateur. Ce dernier doit écrire le mot-cible qu'il a entendu / compris sur la forme colorée correspondante sur la même grille dont il dispose sous format papier.

Afin d'éviter un effet d'apprentissage des mots cibles par l'examinateur, le logiciel MonPaGe permet une extraction randomisée de 15 mots cibles et de 15 positions sur la grille (ces dernières correspondant aux formes colorées). Ces mots sont issus d'une base de 437 mots français imageables, où chaque mot possède 1 à 6 distracteurs, voire plus dans le lexique français. Les mots appartiennent à des paires minimales contrastant sur la base d'un trait phonologique (voisins phonologiques) : lieu, mode d'articulation, voisement, nasalité/cluster syllabique ou voyelle. Trois mots sont sélectionnés de manière aléatoire pour chaque session d'évaluation au sein de chacun de ces 5 subsets de façon à obtenir 15 mots, qui apparaissent ensuite à l'écran l'un après l'autre lors de la passation.

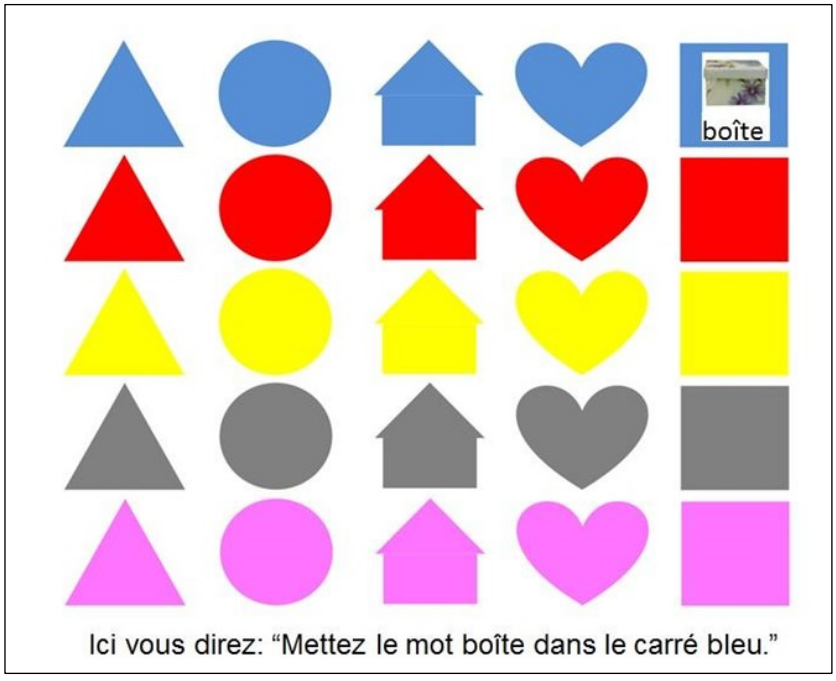


***Figure 3** : illustration de la consigne du module « Intelligibilité » de MonPaGe.*

Le choix s'est porté sur des mots du français et non sur des pseudo-mots de façon à faciliter l'examen de patient présentant des déficits cognitifs et permettre une présentation écrite et imagée des mots cibles.

Le patient doit employer toujours la même phrase cadre, qu'il a apprise au préalable, lors de ses consignes à l'examinateur : « Mettez le mot [mot cible] dans le/la [forme] [couleur] » → « Mettez le mot boîte dans le carré bleu » (cf. **figure 3**). Cette phrase cadre permet la présentation du mot cible en parole continue, tout en contrôlant l'influence contextuelle ou la prédictibilité du message linguistique (i.e., le mot n'est pas précédé par un article), non souhaitées.

Cette passation interactive offre la possibilité de tester l'intelligibilité dans le cadre d'une situation communicationnelle, contrairement à l'intelligibilité évaluée en tâche de lecture.

L'examinateur a pour consigne d'écrire systématiquement quelque chose sur sa grille de sorte à ne pas décourager les patients inintelligibles ou pour ne pas induire une hyperarticulation artificielle supplémentaire. Deux réponses sont admises en cas de doute (par exemple : pâle / mâle).

Application « Passation » : module 2 « PneumoPhonatoire »

Il comporte 3 tâches :

- **Tenue d'un [a] durant 2 secondes** : le locuteur doit produire un [a] tenu durant 2-3 secondes à une hauteur et intensité vocales confortables, permettant d'évaluer la qualité vocale sur une tâche standard de voyelle tenue.
- **Temps maximum de phonation (TMP)** : le locuteur doit produire un [a] tenu le plus longtemps possible sur une seule expiration après avoir pris une bonne inspiration, à une hauteur et une intensité vocale confortables. Le contrôle pneumo-phonatoire est ici évalué. La tâche est produite autant de fois que nécessaire et deux productions sont enregistrées. La meilleure performance sera retenue.
- **Modulation de l'intensité vocale** : le locuteur doit moduler l'intensité de sa voix lors de la production d'un appel « hé ho ! » sur 4 degrés d'intensité, du plus faible au plus fort. Une visualisation graphique sur 4 degrés est illustrée sur l'écran (cf. **figure 4**) mais sans feedback, de façon à tester les capacités de modulation et de contrôle de l'intensité.

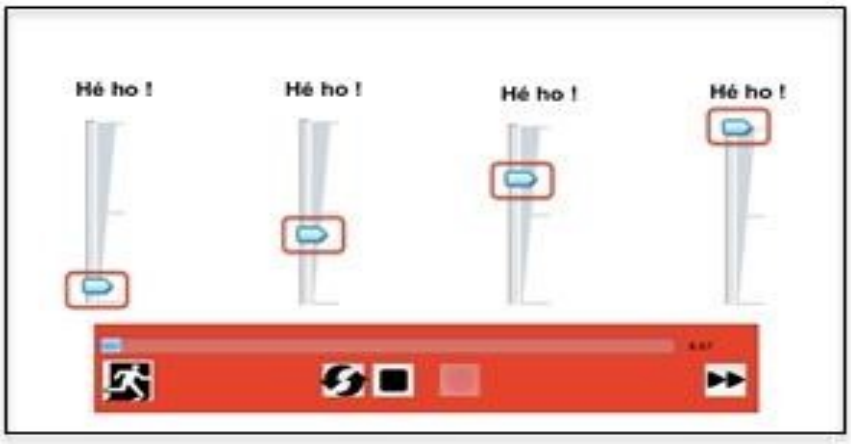


***Figure 4** : Modulation de l'intensité vocale dans le module « Pneumo-phonatoire » de MonPaGe-2.0.s.*

Application « Passation » : module 3 « PseudoMots »

Il permet d'évaluer perceptivement la précision articulatoire sur un set de 50 pseudo-mots, respectant la phonotactique du français (ex. : « rafau », « tabon », « laspa »), construit pour tester l'articulation de la plupart des consonnes (/p, b, m, f, v, t, d, n, s, z, l, ʃ, ʒ, k, g, R, j, w/) et des voyelles du français (/i, y, e, ø, ɛ, a, ɔ, o, u, ɔ̃ , ɛ̃, ɑ̃/), tout comme des clusters consonantiques. Différents facteurs de complexité phonétique et phonologique sont manipulés : la structure syllabique, la position dans le mot, la longueur du mot et la fréquence syllabique (Fougeron et al., 2018). Les items sont présentés par ordre de complexité croissante.

Ces pseudo-mots sont présentés de manière isolée au patient sous formes orthographique et auditive. Des modèles audios ont été enregistrés par 4 locuteurs de chaque régiolecte (Belgique, France, Québec, Suisse). Le choix de cette double présentation des pseudo-mots permettant à la fois la lecture et la répétition des items repose sur l'existence de potentiels troubles en lecture chez certains patients.

Application « Passation » : module 4 « Diadococinésies » (DDK)

Il constitue une tâche de répétition maximale de séquences syllabiques cibles qui doivent être répétées de manière continue durant au moins 4 secondes, aussi rapidement et aussi précisément que possible. Il permet d'évaluer la précision et la vitesse des mouvements articulatoires sous contrainte temporelle. La performance est testée sur six séquences diadococinésiques, ou mouvements alternatifs rapides verbaux, qui varient en termes de complexité. Sont ici incluses 6 diadococinésies (DDK) répétitives (AMRs : Alternate Motion Rates) dont 3 simples, constituées de syllabes CV variant en lieu d'articulation (labiale, coronale, vélaire avec voyelles homorganiques) (AMR CV : [bababa], [dededе], [gogogo]), et 3 complexes constituées de syllabes CCV (AMR CCV [klaklakla], [tRatRatRa] [klatRa]). S'y ajoute une DDK séquentielle composée de syllabes CV (SMR CV : Sequential Motion Rates : [badego]).

Application « Passation » : module 5 « Phrases »

Il contient 6 phrases présentées l'une après l'autre à l'écran, que les locuteurs doivent lire à voix haute. Ce module teste la capacité à utiliser adéquatement la prosodie linguistique dans ses fonctions distinctives (pour produire un contraste de modalité : déclarative versus interrogative) et démarcative (pour produire un contraste reposant sur le phrasé : « Anne-Marie et moi » vs. « Anne, Marie et moi »). Le locuteur doit d'abord produire la modalité déclarative, puis la modalité interrogative pour la même phrase.

Pour permettre une bonne extraction de la fréquence fondamentale, ces phrases comportent quasi exclusivement des phonèmes voisés.

Application « Passation » : module 6 « Semaine »

Il teste la production de séries automatiques. Les jours de la semaine doivent être récités en boucle durant 30 secondes. Ce module évalue la parole continue dans son mode « automatique », les séries automatiques étant considérées comme surapprises.

Il est à noter que les données du module « Semaine » n'ont pas été prises en compte, n'étant pas disponibles pour la totalité des locuteurs.

Application « Passation » : module 7 « Texte »

Il met en jeu la lecture d'un conte. Les paragraphes sont présentés successivement à l'écran. Le texte comprend 188 mots. Son contenu linguistique permet la manipulation de plusieurs aspects évalués dans les autres modules : précision articulatoire sur des séquences plus ou moins complexes (dont des mots identiques), phénomène de coarticulation, utilisation de la prosodie dans sa fonction expressive (nombreuses marques de ponctuation, discours direct), fluence/ débit de parole, effet de fatigue (comparaison d'une même phrase en début et fin de texte).

Application « Passation » : module 8 « Description » OU Module « Spontané »

Il s'agit de tâches permettant le recueil de parole continue semi-spontanée, permettant à la fois d'analyser perceptivement les paramètres de voix et de parole, ainsi que les aspects langagiers (organisation du discours, syntaxe, accès lexical, phonologie), dans une condition moins contrainte, semi-dirigée.

L'un des deux modules « Description » ou « Spontané » est administré au choix.

Le module « Description » consiste à faire produire un discours narratif orienté à partir de la description d'une image représentant une scène de cirque comportant des éléments visuels présents également dans le module « Texte » (*loup, cape rouge, chat, nain, oignon, chou*…) afin de pouvoir mettre en évidence d'éventuelles dissociations de production de ces termes entre les deux tâches de parole.

Le module « Spontané » consiste à faire produire au patient de la parole continue, assez naturelle, sur la base de réponses à deux questions posées par l'examinateur : « Qu'avez-vous

fait durant vos dernières vacances ou week-end ? » « Pourriez-vous dire votre recette de l'omelette ? », en recueillant environ 1 à 2 minutes de parole pour chaque question.

Pour la totalité des sujets inclus dans cette étude, le **module « Spontané »** a été administré. Seul celui-ci est ainsi décrit dans cette section.

Au fil de la passation des modules, les productions de parole sollicitées s'affichent à l'écran et sont simultanément enregistrées. Les détails du matériel et des conditions d'enregistrement des locuteurs analysés dans ce chapitre sont rapportés dans la section « Speech samples » de la partie méthode de l'article du chapitre 2.

Cotation de MonPaGe-2.0.s

La cotation s'effectue a posteriori à partir de l'application « MonPaGe_Cotation ».

Deux dimensions sont évaluées au moyen de mesures perceptives et les 5 autres avec des mesures acoustiques. Nous ne détaillerons ci-après que les **15 marqueurs** pris en compte dans le calcul des scores de déviance.

Dimensions et marqueurs de la cotation perceptive

La cotation perceptive rassemble deux dimensions, constituant aussi des marqueurs (Fougeron, Delvaux, Ménard, & Laganaro, 2018 ; Laganaro et al., 2021 ; Pernon et al., 2020) **:**

*** marqueur « Intelligibilité » (en nombre d'erreurs)** (**également dimension**) : il correspond au nombre de mots incorrectement compris par l'examinateur durant la passation du module intelligibilité décrit plus haut (indépendamment de la position du mot dans la grille). Un score de 1 est donné pour chaque réponse incorrecte, un score de 0.5 lorsque deux réponses (dont l'une correspond à l'item cible, par ex : poison / poisson pour « poison ») ont été transcrites par l'examinateur.

*** marqueur « Erreurs segmentales » (précision articulatoire)** (**également dimension**) **:** il est établi sur le nombre total d'items erronés (sons ou syllabes cibles) cotés 0 ou 1, pour un score maximal de 151.

Dimensions et marqueurs de la cotation acoustique

L'évaluation acoustique, semi-automatisée, se fait via le logiciel Praat® (Boersma & Weenink, 2021) à l'aide de scripts dédiés. Ils permettent l'analyse de caractéristiques temporelles et fréquentielles ciblées sur un nombre limité de fichiers sons (Fougeron et al., 2018 ; Pernon et al., 2020 ; Laganaro et al., 2021), à savoir :

*** Dimension « Composite Voix »** : son score est calculé dans un second temps à partir **de 6 marqueurs vocaux** extraits sous Praat® (Boersma et Weenink, 2021) à partir de la production du **[a] tenu durant 2 secondes** et de la **lecture à voix haute d'une phrase de 7 syllabes voisées**

« *Mélanie vend du lilas* » [parole]. La phrase lue est intégrée à ces mesures afin d'améliorer la validité écologique de l'évaluation vocale dans la mesure où elle reflète davantage les plus larges variations de fréquences et d'amplitudes observées en parole continue (Maryn et al., 2010). Le calcul du score « composite voix » est détaillé plus bas dans le **tableau 9).**

Deux marqueurs d'instabilité à court terme (période par période) ont été inclus :

1. en termes de fréquence : **jitter mesuré sur le [a] tenu de 2 secondes** (**Five-point Period Perturbation Quotient Jitter-PPQ5 5 (en %) :** il s'agit d'un quotient calculé à partir de la moyenne de la différence (en valeur absolue) entre la durée d'une période et la durée moyenne des 4 périodes les plus proches, divisée par la durée moyenne d'une période du signal. Cette mesure est exprimée en pourcentage.

2. en termes d'intensité : **shimmer mesuré sur le [a] tenu de 2 secondes** (**Eleven-point Amplitude Perturbation Quotient : Shimmer-APQ11** (**en %)** : il s'agit également d'un quotient calculé à partir de la moyenne de la différence (en valeur absolue) entre l'amplitude maximale de la période **Ti** et l'amplitude moyenne des pics des périodes Ti-5 à Ti+5, soit 11 périodes, divisée par l'amplitude moyenne).

Des **marqueurs à long terme** ont été aussi intégrés :

3. et 4. Ecart type de f0 (f0 SD) du [a] tenu et de la phrase lue (en Hz), pour l'instabilité du f0 sur du long terme, marqueur de dysphonie ;

Enfin, **deux marqueurs de qualité vocale** ont été intégrés au calcul de la dimension «Composite voix » :

5. et 6. Smoothed cepstral peak prominence (CPPS) (en dB) (Hillenbrand, Cleveland, & Erickson, 1994) **du [a] tenu et de la phrase lue**, mesure acoustique de la qualité vocale, également considéré comme un marqueur de dysphonie (Maryn et al., 2009, 2010). Il correspond à la version lissée du cepstral peak prominence (CPP), normalisée sur l'amplitude de la totalité du signal au moyen d'une ligne de régression linéaire calculée en rapportant la fréquence à l'amplitude du pic.

*** Dimension et marqueur « TMP » (en sec)** : il s'agit de la mesure du temps maximal de phonation en seconde sur la durée des deux [a] tenus, la meilleure performance étant sélectionnée.

*** Dimension et marqueur « Débit » (en nombre de phonèmes / syllabe)** : il renvoie à la mesure du nombre de phonèmes produits par seconde sur la phrase de 7 syllabes voisées comportant 14 phonèmes « *Mélanie vend du lilas* » selon la formule : 14 (phonèmes) / durée.

*** Dimension et marqueur « Contraste prosodique »** : il prend en compte les capacités de production d'un contraste prosodique entre les modalité déclarative et interrogative, testées sur la phrase « *Laurie l'a lu. / Laurie l'a lu ?* ». La mesure consiste en la différence de modulation de f0 en Herz (Hz) entre les deux modalités. La différence de modulation entre modalités est donnée par la formule suivante :

(plage de f0 partie2 – plage de f0 partie1) interrogative – (plage de f0 partie2 – plage de f0 partie1) déclarative.

* **Dimension « Composite DDK » :** il correspond à la mesure du nombre de phonèmes produits sur 4 ou 2 secondes de production continue pour chacune des DDK. Il comprend 4 marqueurs, à savoir :

1. AMR CCV: il correspond à la moyenne du débit articulatoire des deux DDK AMR de type CCV, à savoir [tRa] et [kla], calculé en nombre de phonèmes par syllabe sur une durée de 4 secondes ;

2. AMR CV: il correspond à la moyenne du débit articulatoire des trois DDK AMR de type CV, à savoir [ba], [de] et [go], calculé en nombre de phonèmes par syllabe sur une durée de 4 secondes ;

3. SMR CV : il correspond à la moyenne du débit articulatoire de la DDK SMR de typeC V, à savoir [badego], calculé en nombre de phonèmes par syllabe sur une durée de 4 secondes ;

4. SMR CV - AMR CV : il correspond à la différence entre la valeur du **marqueur 3.** DDK SMR CV et la valeur du marqueur 2 . DDK AMR CV : (SMR CV – AMR CV)**,** permettant de capturer les difficultés relatives à la répétition des mêmes syllabes (DDK AMR) par rapport à celle d'une séquence de 3 syllabes (SMR) qui peuvent être caractéristiques des locuteurs avec AoS.

Le score de la dimension « **Composite DDK »** est calculé dans un second temps, comme détaillé plus bas (**tableau 9**).

Rapport d'analyse MonPaGe-2.0.s

Au terme du processus de cotation, **un rapport d'analyse** est généré. Il correspond à un compte rendu chiffré de l'évaluation globale de MonPaGe-2.0.s., sous forme de 2 tableaux qui récapitulent les **marqueurs** analysés à partir des enregistrements des locuteurs, **leur valeurs brute**, **leur déviation à la norme en centile**, **leur score de déviance** et le **TotalDevScore**.

Sévérité	Distance quantitative par rapport à la norme	Valeur du score de déviance
Dans la norme	> centile 5	**0**
Légèrement pathologique	< centile 5 et ≥ centile 1 ou centile 95	**1**
Modérément pathologique	< centile 1 et ≥ 1,5*(centile 50 - centile 5) ou < centile 1 et ≥ 1,5*(centile 50 - centile 95) ou au-delà du score d'erreur maximum	**2**
Sévèrement pathologique	> 1.5*(centile 50 - centile 5) and ≤ 2*(centile 50 – centile 5) ou > 1.5*(centile 50 - centile 95) and ≤ 2*(centile 50 – centile 95) ou > score d'erreurs maximum (intelligibilité, erreurs segmentales)	**3**
Extrêmement pathologique	> 2*(centile 50 – centile 5) ou > 2* (centile 50 – centile 95) ou très au-delà du score d'erreur maximum (Intelligibilité > 7 erreurs ; erreurs segmentales > 20 erreurs)	**4**

***Tableau 8** : calcul des scores de déviance de MonPaGe-2.0.s (traduction et adaptation du tableau 2, issu de Laganaro et al. (2021)).*

Dimension	Marqueur	score de déviance	Données intégrées au calcul du TotalDevScore MonPaGe-2.0.s
1. (Composite) Voix	[a] tenu 2 s **a1.** E.T. fo [a] **b.** Jitter [a] **c.** Shimmer [a] **d1.** CPPS [a] Phrase [Mélanie] **a2.** E.T. fo [parole] **d2.** CPPS [parole]	DevS (0 à 4) individuel de chacune des 6 mesures	**score de déviance « Composite Voix »** (0 à 6) = ½*[max DevS (a1, a2) + max DevS(b, c) + max DevS (d1, d2)
2. Intelligibilité	Nombre d'erreurs (max 15)	DevS (0 à 4)	DevS (0 à 4)
3. Err. segmentales (précision articulatoire)	Nombre d'erreurs segmentales (max 151)	DevS (0 à 4)	DevS (0 à 4)
4. Temps maximum de Phonation	TMP (sec)	DevS (0 à 4)	DevS (0 à 4)
5. Débit de parole	Débit de parole (phonèmes/sec)	DevS (0 à 4)	DevS (0 à 4)
6. Contraste Prosodique	Interrogative - Assertive Différence de modulation de f0 (Hz)	DevS (0 à 4)	DevS (0 à 4)
7. (Composite) DDK Débit	**A**. AMR CCV **B**. AMR CV **C**. SMR CV **D.** SMR CV -CV AMR Différence C-B (phonèmes/sec)	DevS (0 à 4) individuel de chacune des 4 mesures	**score de déviance « Composite DDK »** (0 à 6) = ½*[DevS (A) + max DevS (B, C) + DevS D)]
TotalDevScore MonPaGe-2.0.s			**Somme des DevS des 7 dimensions (0 à 32)**

***Tableau 9** : Marqueurs et scores de déviance pour chacune des 7 dimensions de parole (traduction et adaptation du tableau 3, issu de Laganaro et al. (2021)) (DevS = score de déviance).*

Les **valeurs des scores de déviance** s'étendent de 0 à 4. Ils sont définis pour chaque marqueur en fonction de leur distance à la norme, la **valeur seuil par rapport à la norme ayant été fixée au centile 5** (Laganaro et al., 2021). Plus un score de déviance présente une valeur élevée, plus la dimension de parole concernée est perturbée. Ainsi, un score de déviance d'une valeur de 0 se situe dans la norme et un score de déviance de 4 correspond à une valeur très éloignée de la norme. Le **tableau 8** précise le calcul des scores de déviance.

Pour les dimensions « Composite voix » et « Composite DDK », qui regroupent plusieurs marqueurs, les scores de déviance sont calculés selon un calcul détaillé dans le **tableau 9** apparaissant ci-dessous (Laganaro et al., 2021).

Le TotalDevScore, allant de 0 à 32, correspond à la somme des scores de déviance obtenues pour les 7 dimensions (voir **tableau 9**).

Le **cut-off score du TotalDevScore** pour le diagnostic d'un locuteur avec un MSD léger-modéré est **> 2**, correspondant à une spécificité de 95% et une sensibilité de 83.8% (Laganaro et al., 2021).

3.2.3. Procédures d'analyse

Les analyses de ce chapitre sont à la fois descriptives et comparatives.

Pour la comparaison des caractéristiques démographiques, cognitives, langagières, de motricité oro-faciale et de parole/voix des groupes TPB et TPE, nous avons procédé sous le logiciel R (R Core Team, 2019), selon la distribution des données, à des tests t non appariés (2 échantillons indépendants) et à des tests U de Mann-Whitney pour échantillons indépendants.

Nous n'avons pas réalisé de tests statistiques sur les scores de déviance du rapport MonPaGe-2.0.s, ni sur les sous-scores de déviance des « Composite Voix » et « Composite DDK » des sous-groupes de locuteurs par sévérité et par type de MSD compte tenu du faible nombre de sujets dans les sous-groupes TPB et TPE constitués (N max = 2).

Les données descriptives globales issues des profils du rapport MonPaGe-2.0.s et des sous-scores de déviance des scores « Composite Voix » et « Composite DDK » des locuteurs des sous-groupes constitués ont été successiveent décrits. Lorsque les sous-groupes comportent des locuteurs TPB et TPE, ces derniers seront comparés qualitativement.

En cas de valeur nulle du TotalDevScore, la description s'appuie sur les sous-scores perceptifs de la grille perceptive de la BECD, cotée par un seul juge.

3.3. Résultats

Dans un premier temps, cette section présentera les caractéristiques globales (démographiques, cognitives, langagières, de motricité oro-faciale et de voix/parole) des locuteurs des deux groupes TPB

et TPE constitués suite à l'application des critères de sélection présentés plus haut. Les données propres à chaque groupe seront comparées.

Dans un second temps, les profils individuels des sujets TPB et TPE des sous-groupes établis en fonction du type de MSD seront décrits pour leurs caractéristiques descriptives globales, pour leurs profil des scores de déviance du rapport MonPaGe-2.0.s et pour leurs profils des sous-scores de déviance du « Composite voix » et du « Composite DDK ».

3.3.1. Comparaison globale des groupes TPB et TPE à partir des données démographique, médicales, cognitive, parole/voix

Les critères indiqués dans la partie méthode ont été appliqués pour constituer le groupe des locuteurs pathologiques incorrectement classés, à savoir ceux ayant reçu les taux de précision les plus bas (groupe TPB) à l'expérience de classification perceptive aux tâches de parole « parole spontanée » et « lecture » présentées au chapitre précédent et celui des locuteurs pathologiques correctement classés ayant reçu les taux les plus élevés (groupe TPE).

Les caractéristiques démographiques, médicales de chaque locuteur pathologique et les résultats obtenus aux tests cognitifs, de motricité oro-faciale et de parole/voix de ces deux groupes sont détaillés dans le **tableau 10** figurant plus bas.

Le groupe TPB comporte 9 locuteurs et le groupe TPE en inclut 6. Ils obtiennent respectivement des taux de précision moyens de 37,8% et de 90,83%.

Les groupes TPB et TPE sont équilibrés au niveau de la répartition des **genres** et ne diffèrent pas au niveau de l'âge moyen, $t(13) = 0.78$, $p = 0.448$. Il en est de même pour le **nombre de mois post-diagnostic** du groupe TPB (*Mdn* = 74) et du groupe TPE (*Mdn* = 21,5), *U (N TPB* = 9 *; N TPE* = 6) = 22,50, $z = -0,53$, $p = 0.596$.

Les deux groupes comportent une majorité de **sujets avec HD, soit au total 8 locuteurs**, ainsi que **4 locuteurs avec AoS et 3 locuteurs avec MD-FlSp**.

Les locuteurs avec HD se concentrent principalement dans le groupe TPB qui en compte 6, auxquels viennent s'ajouter 2 locuteurs avec AoS et 1 locuteur avec MD-FlSp.

Le groupe TPE, quant à lui, comprend 2 locuteurs de chaque groupe MSD (N AoS = 2, N HD = 2, N MD-FlSp = 2).

Plus de la moitié des locuteurs (N=8) est en cours de **prise en soin orthophonique** pour le suivi du/des trouble(s) moteurs de la parole présenté(s).

A noter également que la totalité des locuteurs avec HD des groupes TPB et TPE constitués étaient tous sous **traitement dopaminergique**.

.

LOCUTEURS AUX TAUX DE PRECISION LES PLUS BAS (TPB)

Locuteurs	% précision	Age	Genre	Nombre de mois post-diagnostic	Groupe MSD	Etiologie / Pathologie (AIC : détails territoire)	Troubles associés (cognitifs, perceptifs, parole)	Prise en soin orthophonique	Score total MMSE /30	Score total e-GeBAS /100	Score motricité oro-faciale BECD /44	Score total ASRS 1.0 /64	Score Perceptif BECD /20	TotalDevScore MonPaGe-2.0.s/32
GE_MSD_014	**12,5**	55	F	98	HD	PD		non	29	99,5	5	3	1	0
GE_MSD_032	**22,5**	58	M	121	HD	PD		oui	27	99,5	11	0	4	0
GE_MSD_012	**32,5**	73	M	58	HD	PD		oui	29	100	2	1	1	0
GE_MSD_028	**35**	69	M	74	HD	PD		oui	26	98,5	9	1	2	0
GE_MSD_038	**40**	72	F	38	AoS	AIC (artère cérébrale moyenne, gauche, territoire superficiel)	dysarthrie aphasie non fluente	non	26	84	8	41	15	8
GE_MSD_016	**47,5**	80	F	131	HD	PD		non	29	98	9	1	3	5,5
GE_MSD_031	**47,5**	74	M	124	HD	PD		oui	26	98,5	7	2	4	4
GE_MSD_021	**50**	72	F	1	AoS	AIC (sylviens superficiels gauches, insulo-operculaire, centre semi-ovale)	aphasie non fluente, déficits exécutifs	non	27	91	15	32	7	5
GE_MSD_033	**52,5**	77	F	26	MD-FlSp	ALS		non	27	96	21	4	5	1
MOYENNES	**37,8**	**66**	**5 F, 4 M**	**76**					**27,3**	**96,1**	**9,7**	**9,4**	**4,6**	**2,6**
(E.T.)	**(13,5)**	**(15)**		**(47)**					**(1,3)**	**(5,3)**	**(5,6)**	**(15,5)**	**(4,3)**	**(3,1)**

LOCUTEURS AUX TAUX DE PRECISION LES PLUS ELEVES (TPE)

Locuteurs	% précision	Age	Genre	Nombre de mois post-diagnostic	Groupe MSD	Etiologie / Pathologie (AIC : détails territoire)	Troubles associés (cognitifs, perceptifs, parole)	Prise en soin orthophonique	Score total MMSE /30	Score total e-GeBAS /100	Score motricité oro-faciale BECD /44	Score total ASRS 1.0 /64	Score Perceptif BECD /20	TotalDevScore MonPaGe-2.0.s/32
GE_MSD_011	**87,5**	79	M	198	HD	PD		non	28	98	10	2	4	5
GE_MSD_036	**87,5**	43	F	1	AoS	AIC (sylvien superficiel, gyrus frontal moyen et inferieur gauche, insula antérieure)	aphasie non fluente	oui	26	80	7	22	11	6
GE_MSD_008	**92,5**	32	F	228	AoS	AIC (frontal gauche)	aphasie non fluente	oui	27	86	14	21	6	4
GE_MSD_009	**92,5**	75	F	10	MD-FlSp	ALS		oui	28	90,5	16	14	12	11,5
GE_MSD_022	**92,5**	74	M	7	MD-FlSp	ALS	déficits attentionnels et exécutifs	oui	28	95,5	24	17	14	10
GE_MSD_023	**92,5**	81	M	33	HD	PD		non	29	99,5	11	2	10	3
MOYENNES	**90,83**	**64**	**3 F, 3 M**	**80**					**27,7**	**91,6**	**13,7**	**13**	**9,5**	**6,6**
(E.T.)	**(2,6)**	**(21)**		**(104)**					**(1)**	**(7,6)**	**(6)**	**(9)**	**(3,8)**	**(3,4)**

Note. MSD : troubles moteurs de la parole ; F = féminin ; M = masculin ; PD = maladie de Parkinson idiopathique ; ALS = sclérose latérale amyotrophique ; AIC = accident ischémique cérébral

Tableau 10 *: Tableau 10 : Données démographiques, médicales et d'inclusion des locuteurs pathologiques ayant reçu les taux de précision les plus bas (N=9) et de ceux ayant reçu les taux de précision les plus élevés (N=6) à la classification perceptive (moyenne des taux de précision obtenus aux tâches de parole « Texte » et « Parole spontanée »*

Les **signes associés cognitifs, perceptifs ou relatifs au langage et à la parole** concernent majoritairement les **locuteurs avec AoS**, présentant également une **aphasie non fluente**, de sévérité légère au vu des scores obtenus à la e-GeBAS, l'un des locuteurs avec AoS GE_MSD_038 est aussi atteint d'une **dysarthrie.** Des troubles exécutifs sont rapportés pour deux locuteurs : un locuteur avec AoS (GE_MSD_021) et un locuteur avec MD-FlSp (GE_MSD_022), non reflétés par leur score au MMSE, respectivement 27/30 et 28/30.

De fait, concernant le **niveau cognitif global mesuré au MMSE**, les valeurs obtenues par l'ensemble des sujets se situent dans la norme, ce qui constituait l'un des critères d'inclusion. Aucune différence n'est retrouvée entre les deux groupes TPE (*Mdn* = 27) et TPB (*Mdn* = 28), *U (N TPB* = 9 *; N TPE* = 6) = 22,50, *z* = -0,53 , *p* = 0.596.

Le **degré d'atteinte langagière associée au(x) troubles moteurs de la parole**, évalué à partir du **score total obtenu à la batterie e-GeBAS**, n'est pas significativement différent entre les deux groupes TPB (*Mdn* = 98,5) et TPE (*Mdn* = 93), *U (N TPB* = 9 *; N TPE* = 6) = 14,50, *z* = -1,47, *p* = 0.141.

Il en est de même pour le **score total de l'ASRS 1.0, indicateur de la présence d'une apraxie de la parole** : les valeurs obtenues par le groupe TPB (*Mdn* = 2) ne montrent pas de différence significative avec celle du groupe TPE (*Mdn* = 15,5), *U (N TPB* = 9 *; N TPE* = 6) = 17, *z* = -1,18, *p* = 0.239.

Pour ce qui est de la **sévérité des déficits touchant la motricité oro-faciale**, aucune différence significative n'est retrouvée entre les deux groupes, *t*(13) = -1.32, *p* = 0.208.

En revanche, les deux groupes TPB et TPE diffèrent significativement par le **degré de sévérité de leurs troubles de la voix et de parole**, déterminé à partir **des moyennes du score perceptif de la BECD** (*t*(13) = -2.22, *p* = 0.0447) et de celles du **TotalDevScore de MonPaGe-2.0.s** (*t*(13) = -2,36, *p* = 0.0349). Le groupe TPE présente des perturbations de la voix et de la parole plus sévères que le groupe TPB.

En résumé :

*** Selon les critères de sélection définis, 9 locuteurs pathologiques ont été inclus dans le groupe TPB et 6 locuteurs pathologiques dans le groupe TPE, soit un total de 15 sujets.**

*** La proportion des locuteurs avec AoS (N=4), avec HD (N=8) et avec MD-FlSp (N=3) sélectionnés pour ces deux groupes est similaire à celle de l'échantillon de l'expérience de classification perceptive (Chap. 2).**

*** Les sujets avec HD sont plus nombreux dans le groupe TPB (N=6).**

*** Les données démographiques, cognitives, langagières et de motricité oro-faciale des groupes TPE et TPB ne diffèrent pas.**

*** Les degrés de sévérité des troubles de la voix et de la parole sont significativement différents entre les deux groupes (score perceptif BECD, TotalDevScore MonPaGe-2.0.s), le groupe TPE présentant une atteinte plus sévère que le groupe TPB.**

3.3.2. Analyse des profils MonPaGe en fonction du type de MSD

Au vu des résultats concernant les caractéristiques globales de voix et de parole, il nous a paru pertinent d'explorer plus avant les profils individuels des locuteurs MonPaGe-2.0.s des deux groupes tout en les intégrant à des sous-groupes constitués en fonction du type de MSD.

Quatre sous-groupes de locuteurs par type de MSD (AoS, MD-FlSp, HD) ont été constitués avec des degrés de sévérité différents définis par le score perceptif de la BECD. Chaque sous-groupe comportait des locuteurs TPB et/ou TPE. Il s'agissait de/d':

1. un **sous-groupe de locuteurs avec dysarthrie HD très légère**, uniquement issus du groupe TPB (N = 4), rassemblés du fait de leur score nul au TotalDevScore MonPaGe-2.0.s n'en permettant pas l'analyse ;
2. un **sous-groupe de locuteurs** du groupe TPB (N = 2) et du groupe TPE (N = 2) **avec dysarthrie HD légère-modérée** ;
3. un **sous-groupe de locuteurs** du groupe TPB (N = 2) et du groupe TPE (N = 2) **avec AoS légère-modérée** ;
4. un **sous-groupe de locuteur** du groupe TPB (N = 1) **avec MD-FlSp très légère** et de locuteurs du groupe TPE (N = 2) **avec dysarthrie MD-FlSp modérée-sévère**.

→ Locuteurs du groupe TPB avec HD très légère (N = 4)

<u>Données descriptives globales (locuteurs TPB avec HD très légère)</u>

Les 4 locuteurs du groupe TPB ayant reçu les taux de précision les plus bas en classification perceptive (allant de 12.5% à 69%) présentent une **HD très légère**, non détectée par l'outil MonPaGe-2.0.s où ils ont obtenu un TotalDevScore nul.

Il est à noter que ce sous-groupe comprend **les 3 locuteurs les plus âgés** des groupes TPB (GE_MSD_016 : 80 ans) et TPE (GE_MSD_011 : 79 ans ; GE_MSD_023 : 81 ans).

Leur maladie de Parkinson a été diagnostiquée entre 3 et 10 ans avant leur inclusion dans notre étude. Trois d'entre eux sont suivis en orthophonie.

Les résultats obtenus à l'examen moteur de la BECD objective une atteinte de la motricité oro-faciale non verbale chez l'ensemble de ces quatre locuteurs (scores allant de 2 à 11/44), en lien avec l'évolution de leur maladie de Parkinson. Elle peut concerner, selon les locuteurs, la respiration, le larynx, le voile du palais, les lèvres, les joues, la langue et les mâchoires ainsi que leurs mouvements alternatifs.

A l'ASRS 1.0., les scores totaux se situent entre 0 et 3, en lien avec la présence d'un MSD de type dysarthrie pour les valeurs > 0 et < 8.

Les scores perceptifs de la BECD de ces sujets s'étendent entre 1 et 4, les dimensions perceptivement touchées étant notamment celles de la « Qualité vocale » et la « Réalisation phonétique ».

Répartition des taux obtenus pour chaque locuteur par groupe lors de la classification perceptive (locuteurs TPB avec HD très légère) :

		Taux obtenus en classification perceptive (%)			
Locuteur	Groupe	**Neurotypique**	**AoS**	**HD**	**MD-FlSp**
GE_MSD_014	TPB	**56.25**	13.75	20	10
GE_MSD_032	TPB	**50**	21.25	22.5	6.25
GE_MSD_012	TPB	**43.75**	17.5	25	13.75
GE_MSD_028	TPB	**55**	11.25	23.75	10

***Tableau 11** : Répartition des taux obtenus pour chaque locuteur avec HD légère du groupe TPB avec dysarthrie très légère par groupe lors de la classification perceptive.*

L'analyse détaillée de la répartition des taux de classification perceptive obtenus pour chaque locuteur par groupe, tel que détaillé dans le **tableau 11,** montre qu'ils sont majoritairement confondus avec des locuteurs neurotypiques.

Données individuelles perceptives complémentaires (locuteurs TPB avec HD très légère) :

La dysarthrie très légère de ces 4 locuteurs HD, dont la présence de signes constituait l'un des critères d'inclusion, n'a pas été détectée par l'outil MonPaGe-2.0.s où leur TotalDevScore présente une valeur nulle. Les résultats obtenus par ces sujets aux différents sous-scores de la grille perceptive de la BECD seront ainsi présentés sous forme d'études de cas à partir de l'analyse effectuée sur la parole continue (tâches de parole : « Texte » et « Spontané ») et sur les autres tâches du protocole MonPaGe-2.0.s, qui pourrait mettre en évidence des déficits sur des dimensions non prises en compte par les marqueurs de MonPaGe-2.0. s.

A l'écoute des enregistrements des différents modules de MonPaGe-2.0., nous avons pu noter pour :

- la locutrice GE_MSD_014 (taux de précision en classification perceptive : 12.5%)

Les manifestations des signes de l'HD très légère de cette locutrice s'avèrent fluctuantes, ce qui pourrait expliquer son faible taux de précision en classification perceptive pour les tâches « lecture » et « parole spontanée ».

Il existe perceptivement un discret essoufflement ainsi qu'une légère diminution de l'intensité vocale et des modulations de la F0 en parole continue chez cette locutrice (score perceptif BECD : 1/ 20), ce, de manière inconstante. Elle se plaint par ailleurs d'une intensité vocale parfois insuffisamment forte en vie quotidienne.

- le locuteur GE_MSD_032 (taux de précision en classification perceptive : 22.5%)

La HD légère de ce sujet, chez lequel la maladie de Parkinson a été diagnostiquée 10 ans auparavant, suivi en orthophonie, se caractérise perceptivement par une réduction de son intensité vocale (discrète hypophonie), une altération de sa qualité vocale (timbre voilé), un nasonnement a minima, et une discrète diminution des modulations de f0 en parole continue (score perceptif BECD : 4/20).
Un léger trouble de la fluence de la parole est perçu en parole spontanée (débit de parole légèrement accéléré, rares disfluences de type palilalie : 2 à 3 répétitions de syllabes initiales d'énoncé).

- le locuteur GE_MSD_012 (taux de précision en classification perceptive : 32.5%)

La HD très légère de ce locuteur, également pris en soin en orthophonie, est marquée perceptivement principalement par un discret nasonnement sur les tâches de parole continue (score BECD : 1/20).
Les DDK AMR CV [ba], [de] et [go] se caractérisent par de discrètes distorsions phonétiques de type dévoisement partiel et modification du mode d'articulation.

- le locuteur GE_MSD_028 (taux de précision en classification perceptive : 35%)

La HD très légère de ce locuteur, suivi en orthophonie, est uniquement caractérisée en parole continue par une altération de la qualité vocale (timbre éraillé) s'accompagnant d'un probable serrage (score perceptif BECD : 2/20). Ce trait perceptif se manifeste notamment après une certaine durée de production et pourrait être en lien avec une fatigabilité vocale.

En résumé :

*** La classification perceptive effectuée par les auditeurs de l'expérience de classification perceptive (chapitre 2) pour ce sous-groupe de locuteurs avec HD très légère du groupe TPB va dans le même sens que leurs TotalDevScores MonPaGe-2.0.s, non pathologiques. Les résultats du screening MonPaGe-2.0.s ne permettent pas non plus de diagnostiquer ces locuteurs comme présentant un MSD.**

*** Ces locuteurs avec HD ont été majoritairement classés dans le groupe des locuteurs neurotypiques en classification perceptive.**

*** L'analyse perceptive qualitative individuelle (score perceptif BECD, enregistrements des modules MonPaGe-2.0.s) des 4 locuteurs avec HD très légère ayant reçu les taux de précision les plus bas à l'expérience de classification perceptive aux tâches « lecture » et « parole spontanée » montre :**

- des altérations discrètes et intermittentes dans des tâches de parole telles celles de parole continue (parole spontanée, lecture) sur lesquelles les mesures MonPaGe n'ont pas été réalisées, ou encore sur lesquelles un type de dimension / mesure a seulement été analysé.e (cf. DDK : débit articulatoire) ;

- des signes dysarthriques concernant une altération de la qualité vocale, un nasonnement, des distorsions phonétiques, une réduction de l'intensité vocale ou des modulations de la f0.

→ Locuteurs du groupe TPB (N = 2) et locuteurs du groupe TPE (N = 2) avec HD légère-modérée

A présent, les profils du rapport MonPaGe-2.0.s de 4 locuteurs parkinsoniens issus de chacun des deux groupes TPB et TPE, vont être comparés, tous présentant une HD de sévérité légère-modérée.

La locutrice GE_MSD_016 et le locuteur GE_MSD_031 font partie du groupe TPB (respectivement, taux de précision en classification perceptive : 47.5% et 47.5% ; TotalDevScore MonPaGe-2.0.s : 5,5 et 4) (voir **tableau 10**).

Le locuteur GE_MSD_011 et le locuteur GE_MSD_023 appartiennent au groupe TPE (respectivement, taux de précision en classification perceptive : 87.5% et 92.5% ; TotalDevScore MonPaGe-2.0.s : 5 et 3) (voir **tableau 10**).

Données descriptives globales (locuteurs avec HD légère-modérée) :

La maladie de Parkinson des locuteurs du groupe TPB est diagnostiquée depuis plus de 10 ans au moment de leur inclusion dans notre étude. Pour ceux du groupe TPE, cette durée post-diagnostic se situe à plus de 16 ans post-diagnostic pour GE_MSD_011 et à plus de 2 ans pour GE_MSD_023.

Seul l'un d'entre eux (groupe TPB : GE_MSD_031) est suivi en orthophonie (voir **tableau 10**).

Les résultats obtenus à l'examen moteur de la BECD objective une atteinte de la motricité oro-faciale non verbale chez l'ensemble de ces quatre locuteurs (scores allant de 7 à 11/44), en lien avec l'évolution de leur maladie de Parkinson. Les locuteurs du groupe TPB présentent des troubles oro-moteurs touchant la respiration, les niveaux laryngé, lingual, vélaire, jugal, les réflexes (nauséeux, vélaire). La sensibilité tactile oro-faciale n'est pas perturbée, ni la motricité des lèvres et des mâchoires, ni la face au repos dans ce groupe. Chez le groupe TPE, l'atteinte de la motricité oro-faciale peut concerner la respiration, le niveau laryngé, le voile du palais, les lèvres, les joues, la langue et les mâchoires et les réflexes (vélaire, nauséeux). Les mouvements alternatifs rapides non verbaux et la sensibilité tactile oro-faciale sont préservés chez les deux locuteurs de ce groupe.

Par ailleurs, à l'ASRS 1.0., les scores totaux ont pour valeur 1 ou 2, en lien avec la présence d'un MSD de type dysarthrie pour des valeurs > 0 et < 8 (voir **tableau 10**).

Les scores perceptifs de la BECD de ces sujets s'étendent entre 3 et 10, avec des valeurs plus élevées, soit plus sévères, pour le groupe TPE (GE_MSD_011 : 4, GE_MSD_023 : 10) que pour le groupe TPB (GE_MSD_016 : 3 ; GE_MSD_031 : 4), ce qui va dans le sens de nos observations globales pour ces deux groupes. Les dimensions perceptivement touchées sont notamment celles de la « Qualité vocale » et la « Réalisation phonétique » (voir **tableau 10**).

Répartition des taux obtenus pour chaque locuteur par groupe lors de la classification perceptive (locuteurs avec HD légère-modérée) :

		Taux obtenus en classification perceptive (%)			
Locuteur	**Groupe**	**Neurotypique**	**AoS**	**HD**	**MD-FlSp**
GE_MSD_016	TPB	**41.25**	10	30	18.75
GE_MSD_031	TPB	**35**	32.5	20	12.5
GE_MSD_011	TPE	6.25	3.75	**87.5**	2.5
GE_MSD_023	TPE	2.50	8.75	**87.5**	1.25

Tableau 12 : *Répartition des taux obtenus pour chaque locuteur du groupe TPB (N = 2) et du groupe TPE (N = 2) avec HD légère-modérée par groupe lors de la classification perceptive.*

L'analyse de la répartition des taux de classification perceptive obtenus par les locuteurs avec HD légère, telle que détaillée dans le **tableau 12**, montre que les échantillons de parole des locuteurs du groupe TPB ont été classés majoritairement dans le groupe des locuteurs neurotypiques.

Profils du rapport MonPaGe-2.0.s (locuteurs avec HD légère-modérée) :

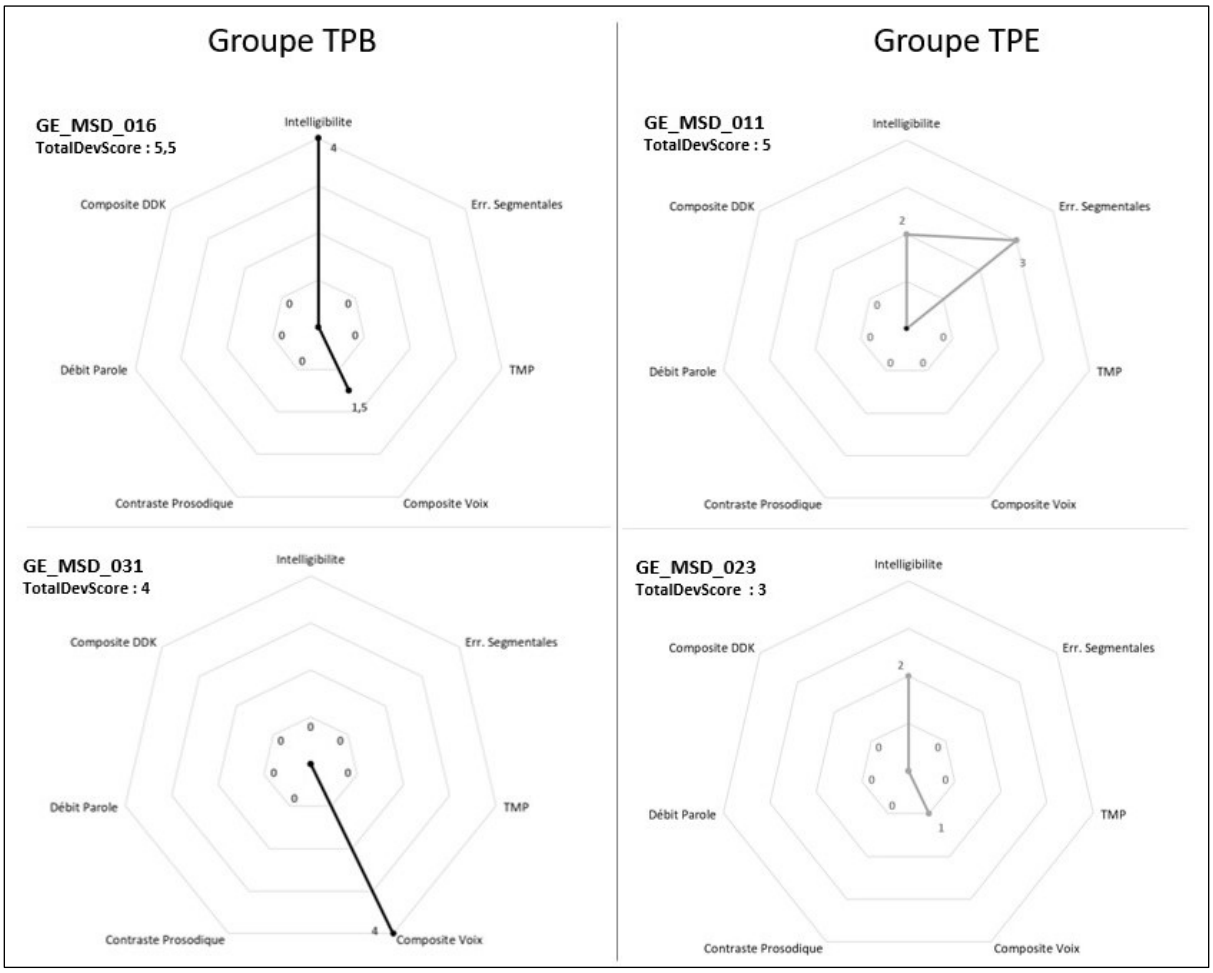


Figure 5 : *Profils des scores de déviance des rapports MonPaGe-2.0.s des locuteurs des groupes TPE et TPB avec HD légère-modérée.*

La **figure 5** représente les scores de déviance du rapport MonPaGe de ces 4 sujets. Nous pouvons observer qu'ils ont au maximum 2 scores de déviance pathologiques (GE_MSD_016, GE_MSD_011, GE_MSD_023). GE_MSD_031 n'en compte qu'un.

Les perturbations retrouvées au rapport MonPaGe-2.0-s dans les dysarthries hypokinétiques de ces locuteurs concernent majoritairement le « Composite Voix » (GE_MSD_016, GE_MSD_031 et GE_MSD_023) et l'« Intelligibilité » (GE_MSD_16 ; GE_MSD_11 ; GE_MSD_23). Seul GE_MSD_011 appartenant au groupe TPE présente un score de déviance pathologique des « erreurs segmentales » du profil.

Les profils MonPaGe-2.0.s de GE_MSD_016 du groupe TPB et de GE_MSD_023 du groupe TPE sont similaires (atteinte du « Composite voix » et de l'« Intelligibilité ») à un degré de sévérité moindre pour le second alors qu'il appartient au groupe TPE où les scores de sévérité sont globalement plus sévères comme vu précédemment.

Profils détaillés du « Composite voix » (locuteurs avec HD légère-modérée) :

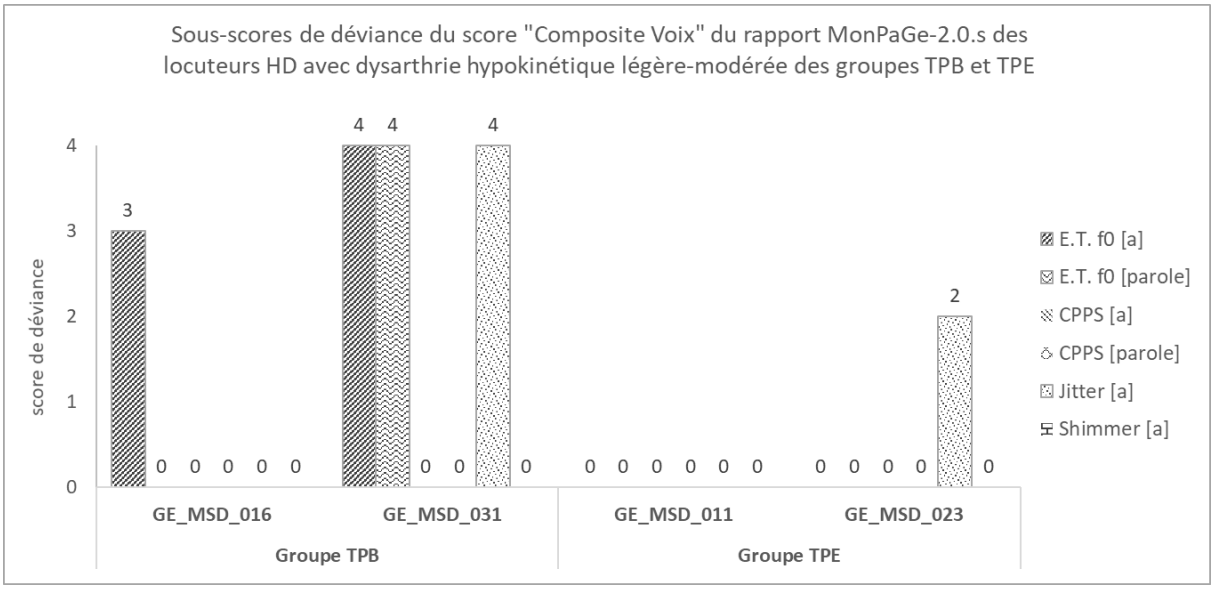


Figure 6 : *Sous-scores de déviance du score « Composite Voix » du rapport MonPaGe-2.0.s des locuteurs avec HD légère-modérée des groupes TPB et TPE.*

L'étude détaillée des sous-scores de déviance du score « Composite Voix » observe des valeurs pathologiques plus nombreuses pour GE_MSD_031 (3 marqueurs acoustiques) faisant partie du groupe TPB, telle qu'illustrée à la **figure 6**. Les sujets GE_MSD_016 et GE_MSD_023 n'ont, quant à eux, qu'une seule mesure ne se situant pas dans la norme, respectivement l'écart type du f0 du [a] et le jitter du [a]. Les marqueurs touchés concernent les variations à court et à long terme de f0, tous deux augmentés ici. Chez ces sujets, un enrouement et un tremblement vocal sont perceptibles.

Les CPPS calculés sur le [a], sur la phrase « Mélanie » ([parole]) et le Shimmer calculé sur le [a] ne s'avèrent perturbés pour aucun sujet.

Profils du « Composite DDK » (locuteurs avec HD légère-modérée) :

Les mesures de débit articulatoire des diadococinésies verbales se situent dans la norme pour les 4 sujets.

En Résumé :

*** Les scores de déviance du rapport MonPaGe-2.0.s les plus pathologiques sont l'« Intelligibilité » et le « Composite Voix » pour les locuteurs des deux groupes avec HD légère-modérée.**

*** Les deux locuteurs TPB ont été classés dans le groupe des locuteurs neurotypiques, ce qui suit la tendance générale des erreurs de classification relevée dans l'étude de classification perceptive (chap. 2).**

*** Deux locuteurs : GE_MSD_016 du groupe TPB et de GE_MSD_023 du groupe TPE présentent des profils similaires (atteinte du « Composite voix » et de l'« Intelligibilité ») à un degré de sévérité moindre pour le second.**

*** Les locuteurs des deux groupes TPB et TPE présentent des TotalDevScore moyens globalement similaires. Le score perceptif moyen de la BECD est plus élevé pour le groupe TPE.**

*** Les sous-scores altérés de déviance du « Composite Voix » concernent les mesures de variations de f0 à long terme : « E.T. f0 [a] », « E.T. fo [parole], et à court terme : « Jitter [a] », la perturbation étant plus importante dans le groupe TPB (tremblement vocal et enrouement selon l'analyse perceptive globale : grille perceptive BECD).**

*** Aucune atteinte des scores de déviance MonPaGe-2.0.s : « TMP », « Contraste prosodique », « Débit de parole » et « DDK », n'est relevée pour les locuteurs avec HD des deux groupes.**

→ Locutrices du groupe TPB (N = 2) et locuteurs du groupe TPE (N = 2) avec AoS légère-modérée

Nous allons à présent examiner les profils du rapport MonPaGe-2.0.s des 4 locutrices présentant une AoS légère-modérée issus des deux groupes TPB et TPE.

La locutrice GE_MSD_038 et la locutrice GE_MSD_021 font partie du groupe TPB (respectivement, taux de précision en classification perceptive : 40% et 50% ; TotalDevScore MonPaGe-2.0.s : 8 et 5) (voir **tableau 10**).

La locutrice GE_MSD_036 et la locutrice GE_MSD_008 appartiennent au groupe TPE (respectivement, taux de précision en classification perceptive : 87.5% et 87.5% ; TotalDevScore MonPaGe-2.0.s : 6 et 4) (voir **tableau 10**).

Données descriptives globales (locuteurs avec AoS légère-modérée) :

Au moment de l'inclusion dans cette étude, la durée depuis la survenue de l'accident vasculaire cérébral ischémique de ces locutrices s'étend entre 1 mois et 19 ans (voir **tableau 10**).

Toutes ces locutrices ont pour signe associé une aphasie non fluente légère, l'une d'entre elle (GE_MSD_038) présente également une dysarthrie (voir **tableau 10**).

Les résultats obtenus à l'examen moteur de la BECD objective une atteinte de la motricité oro-faciale non verbale chez l'ensemble de ces quatre locuteurs (scores allant de 2 à 11/44), de type faiblesse

musculaire et apraxie bucco-faciale. Elle peut concerner, selon les locutrices, la respiration, le larynx, le voile du palais, les lèvres, les joues, la langue et les mâchoires ainsi que leurs mouvements alternatifs.

Les scores totaux obtenus à l'ASRS 1.0. indiquent bien la présence d'une AoS chez ces locutrices, avec des valeurs supérieures à 8 (cut-off score), se situant entre 21 et 41 (voir **tableau 10**).

L'analyse perceptive au moyen de la grille perceptive de la BECD, généralement destinée à l'analyse perceptive des locuteurs dysarthriques, a été réalisée pour la totalité des sujets de l'étude du chapitre 2 lors de leur inclusion, quel que soit leur type de MSD. Le score perceptif de la BECD de ces sujets s'étend entre 6 et 15. Les valeurs moyennes des scores perceptifs sont plus élevées, soit plus sévères pour le groupe TPB (GE_MSD_038 : 15, GE_MSD_021: 7) que celle du groupe TPE (GE_MSD_036 : 11 ; GE_MSD_031 : 6), ce qui va dans le sens opposé de nos observations globales pour ces deux groupes.

Les dimensions les plus touchées sur le plan perceptif sont celles de la « Réalisation phonétique » et de la « Prosodie » (voir **tableau 10**).

Répartition des taux obtenus pour chaque locuteur par groupe lors de la classification perceptive (locuteurs avec AoS légère-modérée) :

		Taux obtenus en classification perceptive (%)			
Locuteur	**Groupe**	**Neurotypique**	**AoS**	**HD**	**MD-FlSp**
GE_MSD_038	TPB	30	10	18.75	**41.25**
GE_MSD_021	TPB	12.5	32.5	20	**35**
GE_MSD_036	TPE	6	**87.5**	3.5	3
GE_MSD_031	TPE	2.50	**87.5**	8.75	1.25

Tableau 13 : *Répartition des taux obtenus pour chaque locuteur du groupe TPB (N = 2) et du groupe TPE (N = 2) avec AoS légère-modérée par groupe lors de la classification perceptive.*

L'analyse de la répartition des taux de classification perceptive des locuteurs AoS par groupe, telle que détaillée dans le **tableau 13**, montre que les échantillons de parole des deux locuteurs du groupe TPB ont été majoritairement classés dans le groupe des locuteurs avec MD-FlSp.

Profils du rapport MonPaGe-2.0.s (locuteurs avec AoS légère-modérée) :

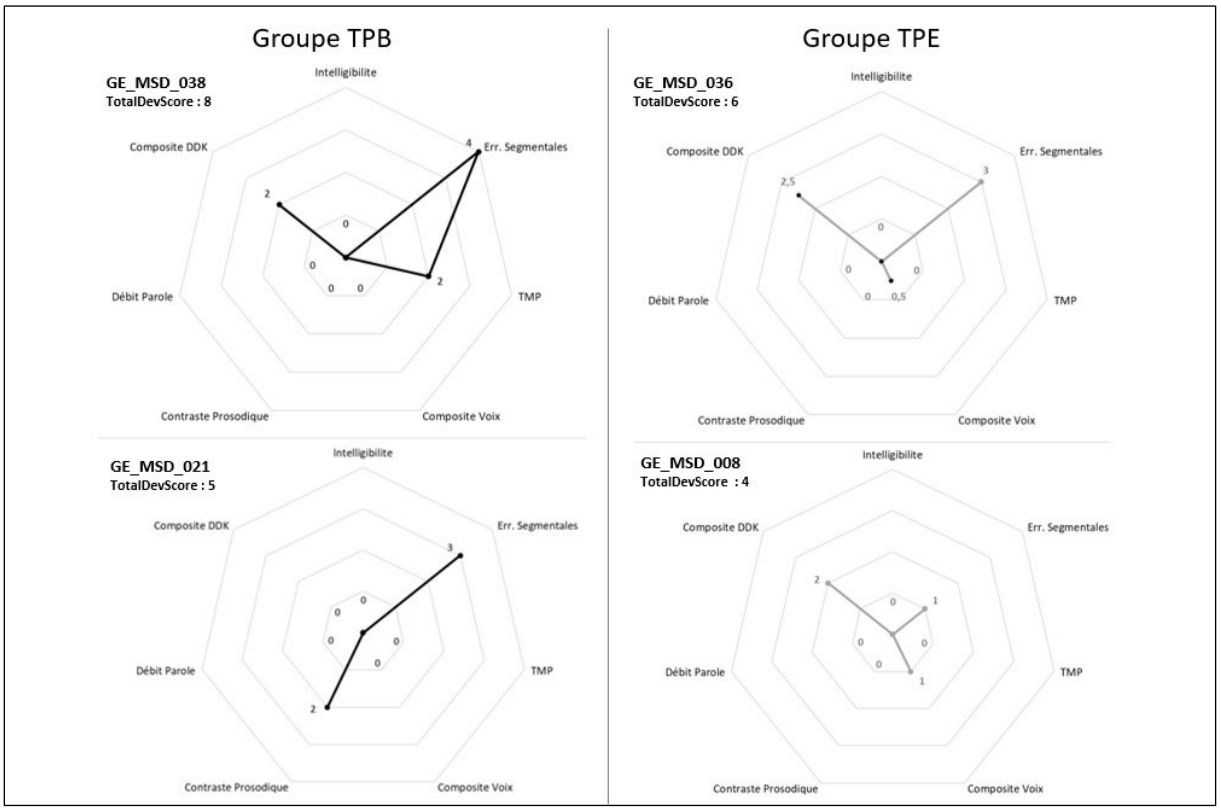


Figure 7 *: Profils des scores de déviance des rapports MonPaGe-2.0.s des locuteurs avec AoS légère-modérée des groupes TPE et TPB.*

L'examen des profils des locutrices avec AoS met en évidence un nombre de scores de déviance pathologiques de 3 pour 3 des 4 locutrices (groupe TPB : GE_MSD_038 ; Groupe TPE : GE_MSD_036, GE_MSD_008) et de 2 pour la locutrice GE_MSD_021, comme représenté sur la **figure 7.**

Le degré de sévérité moyen au TotalDevScore du rapport MonPaGe-2.0.s du groupe TPB est plus élevé que celui du groupe TPE, ce qui va dans le sens opposé des valeurs globales moyennes de ces deux groupes pour l'ensemble des 15 locuteurs sélectionnés.

La totalité des locutrices avec AoS de ce sous-groupe a un score de déviance « Erreurs segmentales » pathologique (voir **figure 7**).

Le score de déviance « Composite DDK » ne se situe pas dans la norme pour 3 locutrices (groupe TPB : GE_MSD_038 ; groupe TPE : GE_MSD_036, GE_MSD_008).

Les scores de déviance « Erreurs segmentales » et « Composite DDK » sont ainsi majoritairement atteints dans notre sous-groupe AoS dans les deux groupes TPB et TPE.

Les profils de deux locutrices du groupe TPE (GE_MSD_036, GE_MSD_008) sont similaires, avec un degré de sévérité moindre pour GE_MSD_008. Ils se caractérisent par des scores de déviance pathologiques pour « Erreurs segmentales », « Composite DDK » et « Composite Voix », ce dernier n'étant pas touché dans le groupe TPB (voir **figure 7**).

Concernant les deux locutrices avec AoS du groupe TPB, hormis le score de déviance « Erreurs segmentales », leurs profils diffèrent, notamment pour GE_MSD_021 qui n'a que deux scores de déviance pathologiques (voir **figure 7**). Seule cette locutrice présente par ailleurs une atteinte pour « Contraste prosodique ». Le score de déviance « TMP » est perturbé uniquement pour une locutrice (groupe TPB : GE_MSD_038).

Profils du « Composite Voix » (locuteurs avec AoS légère-modérée) :

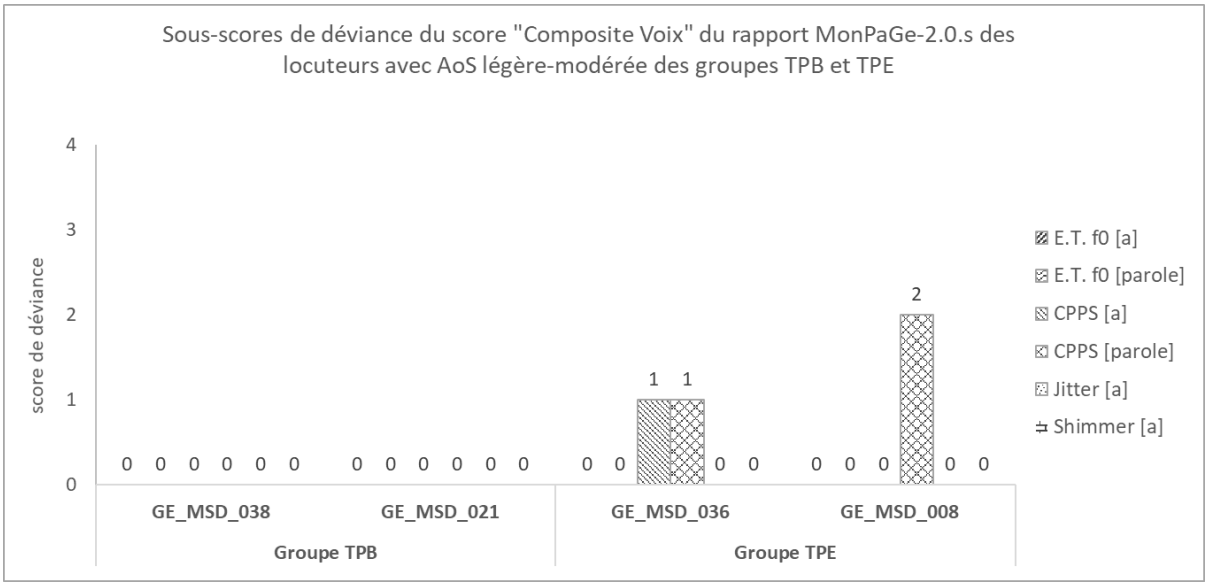


Figure 8 : *Sous-scores de déviance du score « Composite Voix » du rapport MonPaGe-2.0.s des locuteurs avec AoS légère-modérée des groupes TPB et TPE.*

Comme le montre la **figure 12**, seuls les deux locuteurs avec MD-FLSP du groupe TPE présentent une atteinte du « Composite DDK ».

Les deux sous-scores de déviance de DDK AMR (CV et CCV) sont touchés pour GE_MSD_009 et pour GE _MSD_022. Ce dernier présente également un score de déviance DDK SMR CV pathologique. Ils marquent un ralentissement du débit articulatoire sur ces DDK.

Aucun de ces deux sujets avec MD-FLSP dysarthriques du groupe TPE n'ont un score de déviance « Diff SMR-AMR CV » pathologique (voir **figure 12**).

Profils du « Composite DDK » (locuteurs avec AoS légère-modérée) :

Comme le montre la **figure 9**, les profils d'atteinte des DDK des deux locutrices du groupe TPE sont similaires, avec une perturbation du débit articulatoire, ralenti, sur les DDK AMR CCV, la plus marquée, et sur les DDK SMR CV et sur la différence DDK SMR-AMR CV puisque les DDK AMR CV ne sont pas perturbés dans ce groupe.

Concernant le groupe TPB, seule la locutrice GE_MSD_038, qui présente également une dysarthrie, a un débit articulatoire perturbé (ralenti) en DDK, ce, de manière équivalente et modérée, sur les DDK

AMR CV, les DDK AMR CCV et les DDK SMR CV. Il n'y a ainsi pas de différence entre DDK SMR et AMR CV (voir **figure 9**).

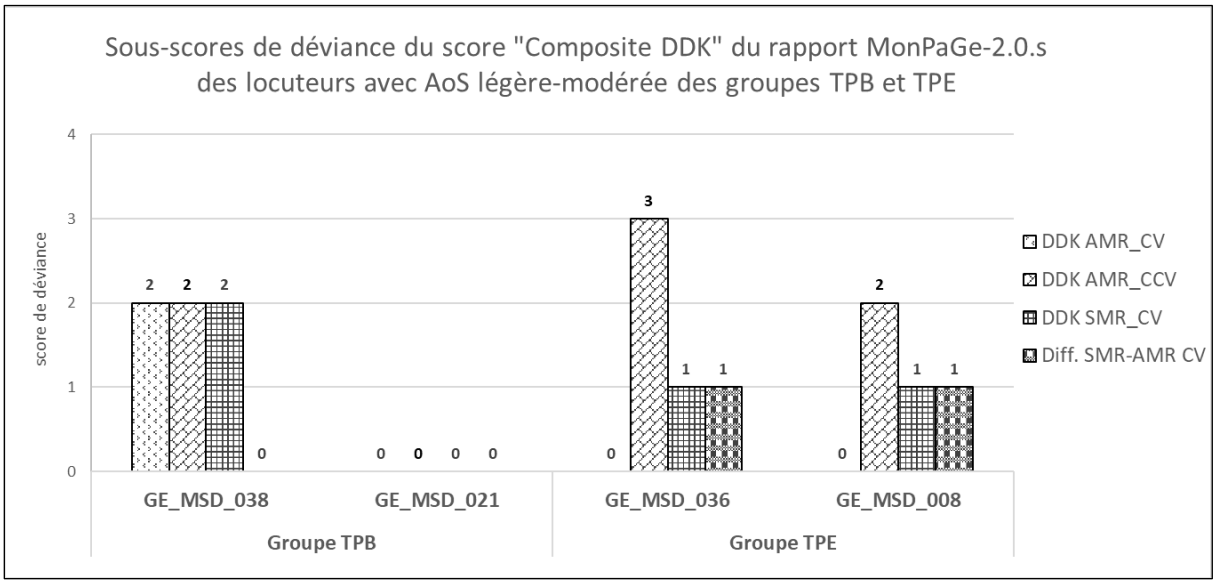


Figure 9 : *Sous-scores de déviance du score « Composite DDK » du rapport MonPaGe-2.0.s des locuteurs avec AoS légère-modérée des groupes TPB et TPE.*

En résumé :

*** Les TotalDevScores moyens sont plus sévères pour les locutrices avec AoS du groupe TPB que pour celles du groupe TPE, à l'inverse des sous-groupes (TPB et TPE) de sujets avec HD et avec MD-FlSp.**

*** Les deux locutrices TPB ont été classées dans le groupe des locuteurs avec MD-FlSp, ce qui suit la tendance générale des erreurs de classification relevées dans l'étude de classification perceptive (chap. 2).**

*** En moyenne, 3 scores de déviance du rapport MonPaGe-2.0.s sont pathologiques pour les locutrices avec AoS.**

*** Les scores de déviance majoritairement touchés au rapport MonPaGe-2.0.s dans les deux groupes TPB et TPE sont : « Erreurs segmentales » et « Composite DDK ».**

*** Les profils du rapport MonPaGe-2.0.s des deux locutrices du groupe TPE sont similaires, avec une atteinte des scores de déviance « Erreurs segmentales », « Composite DDK » et « Composite Voix ».**
*** Les sous-scores de déviance perturbés du « Composite Voix » des deux locutrices avec AoS du groupe TPE concernent les « CPPS [a] » et « CPPS [parole] » (voix voilée perceptivement).**

*** Les scores-score de déviance perturbés du « Composite DDK » des deux locutrices avec AoS du groupe TPE présentent le même profil avec une atteinte du « DDK AMR CCV », du « DDK SMR CV » et du « Diff SMR-AMR CV », marquant un ralentissement du débit articulatoire sur ces tâches de parole.**

*** Les profils des deux locutrices du groupe TPB introduisent d'autres scores de déviance pathologiques : « TMP » pour l'une et « Contraste Prosodique » pour l'autre.**

→ Locuteurs du groupe TPB (N = 1) avec MD-FlSp très légère et locuteurs du groupe TPE (N = 2) avec MD-FlSp modérée-sévère

A présent, les profils du rapport MonPaGe-2.0.s des 3 locuteurs avec MD-FlSp, issus de chacun des deux groupes TPB et TPE, vont être comparés.

La locutrice du groupe TPB (GE_MSD_033), ayant reçu un taux de précision en classification de 52,5%, présente **une MD-FlSp légère** (TotalDevScore MonPaGe-2.0.s : 1/ 20) (voir **tableau 10**).

Les locuteurs avec MD-FLSP du groupe TPE, GE_MSD_009 et GE_MSD_022, ont, quant à eux, une MD-FlSp **modérée-sévère** (respectivement, taux de précision en classification perceptive : 92.5% et 92.5% ; TotalDevScore MonPaGe-2.0.s : 11.5 et 10) (voir **tableau 10**).

Données descriptives globales (locuteurs avec MD-FlSp) :

Le diagnostic de sclérose latérale amyotrophique a été porté entre 7 et 26 mois avant leur inclusion dans cette étude (voir **tableau 10**).

Le locuteur GE_MSD_022 présente des déficits attentionnels et exécutifs associés.

Par ailleurs, les deux locuteurs du groupe TPE sont suivis en orthophonie (voir **tableau 10**).

Les résultats obtenus à l'examen moteur de la BECD objectivent une atteinte notable de la motricité oro-faciale non verbale chez ces 3 locuteurs (scores totaux allant de 16 à 24/44), en rapport avec l'atteinte spastique et flasque (bulbaire) de leur maladie. Ces troubles de la motricité oro-faciale concernent la respiration, le niveau laryngé, vélaire, labial, jugal, lingual, les mâchoires et la réalisation des mouvements alternatifs non verbaux.

Par ailleurs, à l'ASRS 1.0, les scores totaux se situent entre 4 et 17. Il est à noter que les valeurs obtenues par GE_MSD_009 (score ASRS 1.0 : 14) et par GE_MSD_022 (score ASRS 1.0 : 17) se situent au-delà du score seuil de 8/64 (au-delà duquel peuvent s'associer apraxie de la parole / dysarthrie et/ou une aphasie telle que décrite pour cette version de l'ASRS 1.0 (Strand et al., 2014)) (voir **tableau 10**).

Le score perceptif de la BECD de ces sujets s'étend entre 5 et 14. L'analyse perceptive au moyen de la grille perceptive de la BECD, quant à elle, met en évidence des scores perceptifs plus élevés, soit plus sévères pour le groupe TPE (GE_MSD_009 : 12, GE_MSD_022 : 14) que pour le groupe TPB (GE_MSD_033 : 1), ce qui va dans le sens de nos observations globales pour ces deux groupes. Le score perceptif à la BECD de GE_MSD_022 est plus élevé que celui de GE_MSD_009 à l'inverse des valeurs du TotalDevScore MonPaGe-2.0.s (voir **tableau 10**).

L'ensemble des dimensions perceptives : « Qualité vocale », « Réalisation phonétique », « Prosodie » sont touchées à la BECD pour les 3 locuteurs avec MD-FlSp.

Répartition des taux obtenus pour chaque locuteur par groupe lors de la classification perceptive (locuteurs avec MD-FlSp) :

La répartition des taux de classification obtenus pour les locuteurs avec MD-FlSp par groupe, telle que détaillée dans le **tableau 14,** montre que les échantillons de parole de la locutrice GE_MSD_033 du groupe TPB ont été principalement considérés comme appartenant au groupe des locuteurs HD.

		Taux obtenus en classification perceptive (%)			
Locuteur	**Groupe**	**Neurotypique**	**AoS**	**HD**	**MD-FlSp**
GE_MSD_033	TPB	18.75	15	**40**	26.25
GE_MSD_009	TPE	1.25	1.25	5	**92.5**
GE_MSD_022	TPE	0	1.25	6.25	**92.5**

***Tableau 14** : Répartition des taux obtenus pour chaque locuteur du groupe TPB (N = 1) avec MD-FlSp très légère et locuteurs du groupe TPE (N = 2) avec MD-FLSP modérée-sévère par groupe lors de la classification perceptive.*

Profils du rapport MonPaGe-2.0.s (locuteurs avec MD-FlSp) :

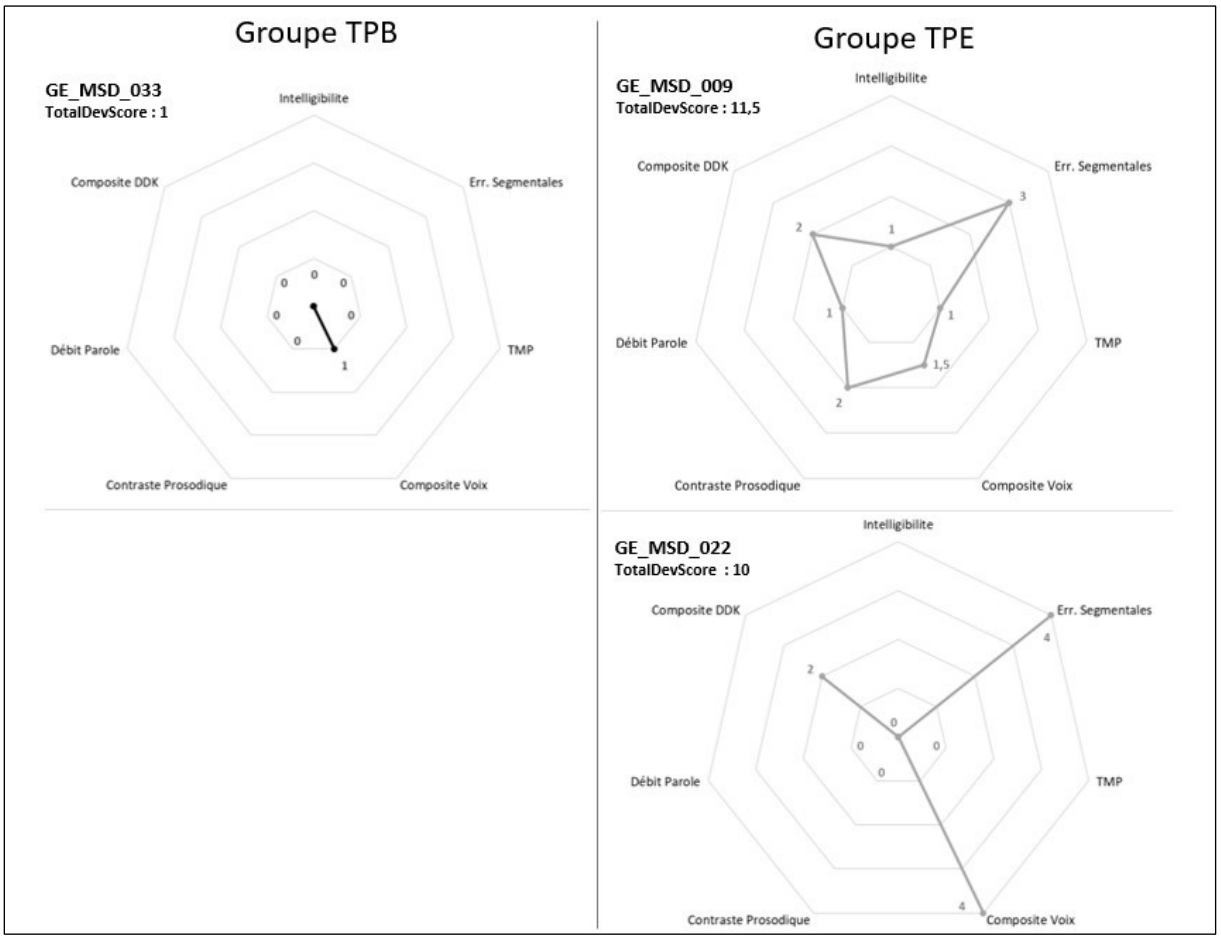


Figure 10 : *Profils des scores de déviance des rapports MonPaGe-2.0.s des locuteurs dysarthriques avec MD-FlSp des groupes TPE et TPB.*

L'examen des profils des locuteurs avec MD-FlSp met en évidence un nombre de scores de déviance pathologiques s'élevant à 1 pour GE_MSD_033 du groupe TPB, à 3 pour GE_MSD_022 (groupe TPE) et enfin à 7 pour GE_MSD_009 (groupe TPE) (voir **figure 10**).

Comme indiqué plus haut, le degré de sévérité moyen au TotalDevScore du rapport MonPaGe-2.0.s du groupe TPE est plus élevé que celui du groupe TPB, ce qui va dans le sens des valeurs globales moyennes de ces deux groupes pour l'ensemble des 15 locuteurs sélectionnés.

Chez tous les locuteurs de ce sous-groupe, le score de déviance « Composite Voix » est touché, allant d'une atteinte légère (GE_MSD_033) à majeure (GE_MSD_022) (voir **figure 10**).

La locutrice avec MD-FlSp du sous-groupe TPB a uniquement un score de déviance « Composite Voix » légèrement pathologique, tel qu'apparaissant dans la **figure 10**. Son TotalDevScore de 1 se situe en dessous du seuil pathologique.

Les profils des deux locuteurs du groupe TPE diffèrent (voir **figure 10**) :

- GE_MSD_009 présente une atteinte modérée-sévère sur l'ensemble des dimensions mesurées du rapport MonPaGe-2.0.s, avec une perturbation plus marquée au niveau du score de déviance « Erreurs segmentales » ;
- GE_MSD_022, quant à lui, présente un profil avec des scores de déviance pathologiques pour « Composite DDK », « Composite Voix » et « Erreurs segmentales », ce dernier étant également le plus perturbé.

Profils du « Composite voix » (locuteurs avec MD-FlSp) :

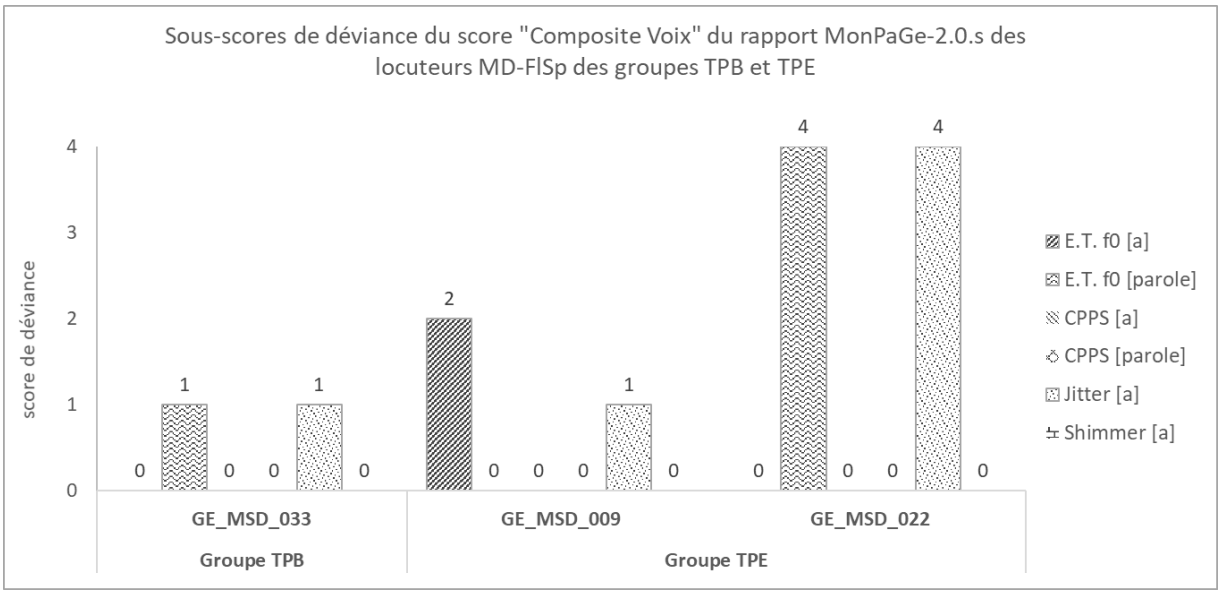


***Figure 11** : Sous-scores de déviance du score « Composite Voix » du rapport MonPaGe-2.0.s des locuteurs avec MD-FLSP des groupes TPB et TPE.*

Tels qu'apparaissant sur la **figure 11** et comme indiqué plus haut, l'ensemble des locuteurs ont des sous-scores de déviance pathologiques au « Composite Voix ».
Les perturbations s'avèrent relativement homogènes, avec un nombre de 2 sous-scores perturbés pour chaque sujet.
Elles concernent uniquement les variations de f0 sur des marqueurs court terme (jitter ppq5) et long terme (E.T. F0 du [a] ou de la phrase [Mélanie]) (**figure 11**). Sur le versant perceptif, sur ces échantillons de parole, une instabilité vocale notable (tremblement ?) est présentée par l'ensemble de ces locuteurs, ainsi qu'un enrouement vocal chez GE_ MSD_009 et une raucité vocale chez GE_MSD_022.

Profils du « Composite DDK » (locuteurs avec MD-FlSp) :

Comme le montre la **figure 12**, seuls les deux locuteurs avec MD-FLSP du groupe TPE présentent une atteinte du « Composite DDK ».

Les deux sous-scores de déviance de DDK AMR (CV et CCV) sont touchés pour GE_MSD_009 et pour GE _MSD_022. Ce dernier présente également un score de déviance DDK SMR CV pathologique. Ils marquent un ralentissement du débit articulatoire sur ces DDK.

Aucun de ces deux sujets avec MD-FLSP dysarthriques du groupe TPE n'ont un score de déviance « Diff SMR-AMR CV » pathologique (voir **figure 12**).

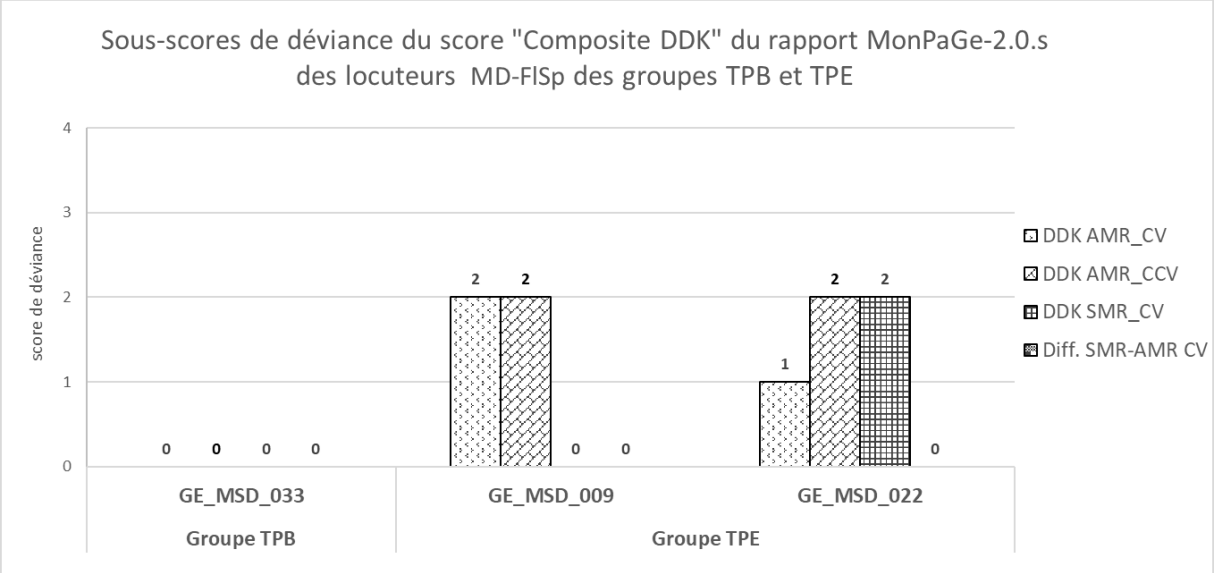


Figure 12 : *Sous-scores de déviance du score « Composite DDK » du rapport MonPaGe-2.0.s des locuteurs avec MD-FlSp des groupes TPB et TPE.*

En résumé :

*** Les TotalDevScores des locuteurs avec MD-FlSp du groupe TPE sont plus élevés que celui de la locutrice avec MD-FlSp du groupe TPB, ce qui va dans le sens de nos observations globales pour l'ensemble des locuteurs des groupes TPB et TPE avec une sévérité plus importante pour le groupe TPE.**

*** Le TotalDevScore du locuteur avec MD-FlSp du groupe TPB se situe en dessous du seuil pathologique (>2). Le MSD de ce locuteur n'est ainsi pas diagnostiqué par MonPaGe-2.0.s**

*** La locutrice GE_MSD_033 (groupe TPB) a été majoritairement classée comme appartenant au groupe des locuteurs HD, cette confusion suivant la tendance générale des erreurs de classification pour les locuteurs avec MD-FlSp.**

*** Les profils du rapport MonPaGe-2.0.s des trois locuteurs avec MD-FlSp diffèrent pour les types de scores de déviance pathologiques et leur nombre.**

*** Tous les locuteurs avec MD-FlSp ont un score de déviance « Composite Voix » pathologique.**

*** Les sous-scores de déviance perturbés du « Composite Voix » concernent des marqueurs de variations de f0 à court terme : « Jitter [a] » et à long terme : « E.T. f0 [a] » et « E.T. f0 [parole] » (instabilité vocale, enrouement et raucité perceptivement).**

*** Les sous-scores de déviance perturbés du « Composite DDK » des locuteurs du groupe TPE concernent le « AMR CV », « AMR CCV » et « SMR CV » dont le débit articulatoire est ralenti.**

3.4. Discussion

Ce chapitre se proposait d'examiner les caractéristiques et les profils issus des analyses de MonPaGe-2.0.s des locuteurs ayant reçu les taux de classification perceptive les plus bas (TPB) et les plus élevés (TPE). Leurs données ont été comparées qualitativement au sein de sous-groupes établis en fonction du type de MSD. Il s'agissait aussi d'étudier les apports des scores de déviance fournis par de l'outil de screening MonPaGe-2.0.s au diagnostic de MSD. Ils s'inscrivent dans l'approche phonético-acoustique discrète par dimension de parole dans l'évaluation de la parole que nous comparons ici à l'approche auditivo-perceptive globale.

3.4.1. Différences de degré de sévérité du MSD entre locuteurs TPB et TPE

Les caractéristiques globales (démographiques, données cognitives, langagières, relatives à la motricité oro-faciale, à la voix /parole) des locuteurs pathologiques des groupes TPB et TPE ne différaient pas et la proportion par type de MSD pour l'ensemble des 15 locuteurs était similaire à celle retrouvée dans l'étude de classification perceptive du chapitre 2. Au sein de chaque groupe, tous les types de MSD étaient présents. Le nombre de locuteurs avec HD était plus important dans le groupe TPB.

En revanche, le degré de sévérité des MSD, déterminé par le marqueur du score total (TotalDevScore) du protocole MonPaGe-2.0.s, présenté par les locuteurs du groupe TPE était significativement plus important que celui des locuteurs du groupe TPB. Les locuteurs avec HD très légère du groupe TPB (score nul au TotalDevScore de MonPaGe-2.0.s) peuvent expliquer cet effet. Une tendance inverse a toutefois été notée pour les locuteurs avec AoS avec dysarthrie légère, le degré de sévérité de l'AoS des locuteurs du groupe TPB étant plus marqué que celui du groupe TPE. L'effet de sévérité repose en grande partie sur les mesures acoustiques réalisées par MonPaGe-2.0.s et va dans le sens des travaux de Kim et al. (2011). Ces derniers avaient proposé d'évaluer les possibilités de classification des dysarthries à partir de données acoustiques et sur la base de différents critères (étiologie neurologie / pathologie sous-jacente, sous-type de dysarthrie, sévérité de la dysarthrie). Il s'était avéré que la classification la plus fiable était celle relative à la sévérité de la parole, puis celle reposant sur l'étiologie / pathologie et enfin selon le sous-type de dysarthrie. Parmi les facteurs prédictifs de sévérité figuraient la pente de F2, à relier à la précision articulatoire, et le débit articulatoire.

3.4.2. Profils MonPaGe-2.0.s des locuteurs des groupes TPB et TPE par type de MSD

Locuteurs avec HD légère-modérée

Nous traiterons ici des locuteurs avec HD dont le MSD a été détecté par MonPaGe-2.0.s, à savoir ceux avec une dysarthrie légère-modérée. Dans la tâche de classification perceptive (chap. 2), ils ont aussi

été confondus avec les locuteurs neurotypiques par la majorité des orthophonistes. Les scores de déviance retrouvés dans ce sous-groupe sont majoritairement ceux de l'intelligibilité de la parole et de la voix, celui de la voix étant moins perturbé que celui de l'intelligibilité.

La dimension voix était aussi l'un des traits perceptifs utilisés par les orthophonistes lors de la classification perceptive. Cela va dans le sens des caractéristiques perceptives et acoustiques décrites aux stades légers-modérés pour les locuteurs HD. Ainsi, les altérations de la voix, présentes à la fois chez les locuteurs des groupes TPB et TPE, sont bien représentatives des dysarthries décrites dans la PD. L'atteinte de la voix est en effet l'une des perturbations précoces de l'HD, donnant lieu à une voix soufflée et à une raucité vocale, s'associant à une réduction de l'intensité vocale et une diminution de la hauteur vocale (Dromey, 2003 ; Ramig et al. 1988 ; Tjaden, 2008). Les analyses acoustiques de la voix révèlent des atteintes homogènes entre les locuteurs. Elles portent sur les variations à court terme et à long terme du f0 chez les locuteurs des deux groupes TPB et TPE (jitter [a] et écart-type du f0 sur le [a] et la phrase). Ces modifications pourraient expliquer la réduction de l'intelligibilité, peut-être en lien avec l'hypophonie, qui n'est pas mesurée directement par MonPaGe-2.0.s. Ce manque de mesure d'intensité vocale a été soulignée par Kent et al. (2003) et Pommée et al. (2022). Kent et Kent (2000) et Holmes et al. (2000) avaient aussi retrouvé des jitters augmentés, qui pourraient être mis en rapport avec l'enrouement sur le versant perceptif. L'augmentation de l'écart-type du f0, consistante avec les données des études de Doyle et al. (1995) et Zwirner et al. (1991), pourrait refléter en partie le tremblement vocal perçu chez les locuteurs concernés, allant de 6 à 8 Hz dans l'étude de Kent et Kent (2000). Un tremblement vocal est de fait fréquemment objectivable en vidéolaryngostroboscopie chez les locuteurs avec HD atteints de PD (Perez et al., 1996).

L'atteinte du débit de parole, de la fluence de la parole, pathognomonique des locuteurs HD (Duffy, 2013 ; Ho et al., 1998; Kim et al., 2011 ; Logemann et al., 1978 ; Moya-Galé & Levy, 2019), n'est pas relevée ici, soit parce que les locuteurs inclus dans ce chapitre, ne présentaient pas ces difficultés, soit parce que les corpus analysés étaient produits à un débit de parole se situant dans la norme (mesures effectuées : débit articulatoire en DDK et débit de parole sur une phrase isolée). Les données de la littérature montrent que le débit de parole est variable, normal, ou ralenti, ou encore accéléré en parole continue (Blanchet & Snyder, 2009 ; Duffy, 2013; Skodda & Schlegel, 2008) et en tâches de DDK (Karlsson et al., 2020 ; Kent et Kent, 2000 ; Wong et al., 2012). Les modifications des paramètres temporels auraient pu se manifester sur d'autres tâches de parole (telles que la lecture, ou encore la parole spontanée), ou s'exprimer à travers d'autres mesures telle que celles de disfluences, ne faisant pas partie des analyses de MonPaGe-2.0.s.

Locuteurs avec AoS légère-modérée

Les locuteurs avec AoS du groupe TPE ont des profils similaires avec des déviances sur des erreurs segmentales, DDK et voix, retrouvés en partie chez les locuteurs avec AoS du groupe TPB. Ces profils

vont de nouveau dans le sens des traits perceptifs utilisés par les orthophonistes lors de la classification perceptive, à savoir le « débit de parole, la fluence de la parole », l'« articulation », et le paramètre plus global du « caractère naturel de la parole ». L'atteinte des dimensions articulation et débit articulatoire, objectivée par MonPaGe-2.0.s, va également dans le sens des données de la littérature issues d'analyses acoustiques, ayant mis en évidence des distorsions vocaliques et consonantiques des locuteurs avec AoS (Cunningham et al., 2016 ; Jacks et al., 2010 ; Odell et al., 1990) et un ralentissement du débit articulatoire en DDK (Ziegler et al. 2002).

Le profil du « composite DDK » des locuteurs avec AoS du groupe TPE montre une perturbation du marqueur SMR-AMR CV, indiquant que le débit articulatoire en DDK SMRs est plus lent que celui en DDK AMRs, résultat également retrouvé par Deger et Ziegler (2002). Ce marqueur est uniquement présent pour ces deux locuteurs parmi l'ensemble de ceux analysés dans ce chapitre. Il pourrait être considéré comme le reflet de l'atteinte du niveau de planification motrice de la parole chez les locuteurs avec AoS (Van der Merwe, 2021), qui présenteraient plus de difficultés sur des séquences DDK nécessitant le passage d'un plan moteur à un autre (Duffy, 2013). Par ailleurs, les marqueurs DDK AMRs présentent également, pour certains locuteurs, des débits articulatoires plus lents, tels que mis en évidence par Ziegler (2002).

Les dimensions perturbées retrouvées dans le cadre des approches perceptive globale et phonético-acoustique discrète par dimension se révèlent quasi similaires pour les locuteurs avec AoS. Toutefois, l'atteinte de la voix n'est mise en évidence que par l'analyse acoustique de MonPaGe-2.0.s. Le profil de la voix des locuteurs avec AoS diffère ici de celui des locuteurs dysarthriques par la présence des marqueurs CPPS [a] et [parole]. Les locuteurs dysarthriques sont, quant à eux, uniquement concernés par des altérations du f0 sur les marqueurs à court terme (jitter) et long terme (écart-type de f0). Le CPPS constitue une mesure fiable et validée de la qualité de la voix sur une voyelle tenue et en parole continue, corrélée dans l'ensemble au jugement perceptif du degré de dysphonie et aux différents types de qualité de la voix (Hillenbrand et al., 1994 ; Maryn et al., 2009, 2010). Cette atteinte de la voix ne constitue pas un critère diagnostic chez les locuteurs avec AoS et n'a pas été particulièrement décrite chez eux. Une première hypothèse explicative pourrait concerner leurs troubles du contrôle du voisement (Ballard, Maas, & Robin, 2007). Des phénomènes de dévoisement ont en effet été décrits pour les fricatives et les occlusives sonores (Cunningham et al., 2016 ; Jacks et al., 2010 ; Odell et al., 1990), avec une variabilité plus importante des VOT (voice onset time : délai d'établissement du voisement) (Basilakos et al., 2017). Les mesures de CPPS ont ici été effectuées sur un [a] tenu et la phrase [Mélanie]), ne comportant qu'une occlusive sonore, ce qui ne permet pas de soutenir complètement cette hypothèse. Nous pourrions également faire l'hypothèse de l'implication d'une stratégie de compensation des difficultés de mise en œuvre ou de récupération des plans moteurs chez les locuteurs avec AoS (Marczyk & Machuca, 2018). Elle serait ici délétère car elle donnerait lieu à une participation inadaptée de la musculature laryngée extrinsèque et/ou intrinsèque à l'origine de

tensions laryngées modifiant le mode de vibration des plis vocaux, qui pourrait aller jusqu'au forçage. Il pourrait s'agir aussi d'une dysarthrie associée (par atteinte unilatérale du premier motoneurone) s'exprimant principalement au niveau de la voix chez ces patients, au vu du caractère permanent, continu du trouble de la voix perçu en parole spontanée et en lecture.

Enfin, les scores de déviance TMP et contraste prosodique retrouvés chez les locuteurs avec AoS du groupe TPB, moins prototypiques, seraient liés en partie aux signes dysarthriques associés. Ainsi, le locuteur GE_MSD_038, au TMP pathologique et dont le TotalDevScore (=8) est le plus élevé parmi les locuteurs avec AoS, présente également une dysarthrie associée par atteinte unilatérale du premier motoneurone. Elle se reflète aussi dans ses performances aux DDK, toutes touchées de manière équivalente.

Les profils MonPaGe-2.0.s. des locuteurs avec AoS se révèlent assez proches de ceux des locuteurs avec MD-FlSp, avec toutefois une atteinte de la voix moins marquée chez les locuteurs avec AoS. Cette similarité pourrait expliquer les confusions avec ce type de MSD lors de la classification perceptive (chap. 2) où les juges orthophonistes ont fourni des traits perceptifs également similaires à ceux des locuteurs avec MD-FlSp.

Locuteurs avec MD-FlSp légère-modérée

Les locuteurs avec MD-FlSp les plus sévères ont été correctement classés (groupe TPE) et se caractérisent essentiellement par des déviances sur : erreurs segmentales, voix , tous deux perturbés au même degré, et DDK. L'altération de ces dimensions est en adéquation avec les données de la littérature sur les signes perceptifs et acoustiques de la MD-FlSp dans la ALS (Darley et al., 1969a, 1969b, 1975 ; Duffy, 2013 ; Hanson et al., 2011; Rong et al., 2019 ; Tomik and Guiloff, 2010; Waito et al., 2021 ; Yunusova et al., 2019). Ces scores de déviance s'avèrent par ailleurs concordants avec les 3 traits perceptifs les plus fréquemment utilisés par les orthophonistes pour classer les locuteurs avec MD-FlSp lors de l'expérience perceptive (chapitre 2), à savoir le « débit de parole, la fluence de la parole », « la qualité vocale », l'« articulation », à des taux équivalents.

Le débit articulatoire en DDK est ralenti chez les locuteurs avec MD-FlSp du groupe TPE. Les DDK AMRs sont perturbées et les DDK SMRs seulement pour l'un des locuteurs, ce, avec le même degré d'atteinte. Ces résultats vont dans le sens des profils observés dans les dysarthries et chez les locuteurs avec Md-FlSp atteints de ALS (Nishio & Niimi, 2000 ; Nishio & Niimi, 2001 ; Rong, 2019).

Quant aux perturbations relatives à la qualité de la voix, homogènes chez l'ensemble des locuteurs des groupes TPB et TPE, elles concernent essentiellement les variations de f0 sur des marqueurs à court terme (jitter ppq5) et à long terme (E.T. f0 du [a] ou de la phrase [Mélanie]), tous deux augmentés. Ces signes seraient ici davantage en lien avec le sous-type spastique, qui génère des tensions au niveau des plis vocaux pouvant modifier le f0 (Tomik & Guiloff, 2010).

Le TotalDevScore MonPaGe-2.0.s de la locutrice avec MD-FlSp du groupe TPB se situe en dessous du seuil pathologique et n'établit donc pas la présence d'un MSD. Seul le score de déviance « voix » est présent chez elle. Elle a été majoritairement classée comme locutrice avec HD lors de la classification perceptive, du fait sans doute de la présence de signes précoces d'atteinte de la voix caractérisant cette dysarthrie (Dromey, 2003 ; Ramig et al., 1988 ; Tjaden, 2008).

En résumé, à partir des données MonPaGe-2.0. des locuteurs TPB et TPE avec MSD de sévérité légère-modérée, les caractéristiques suivantes se profilent :
- perturbations des locuteurs avec HD : intelligibilité de la parole > voix (f0 : jitter et ET f0)
- perturbations des locuteurs avec MD-FlSp : erreurs segmentales = voix (f0 : jitter et ET f0) > DDK (débit AMR CV, AMR CCV, SMR CV)
- perturbations des locuteurs avec AoS : erreurs segmentales > DDK (débit différence SMR CV - AMR CV) > voix (CPPS).

3.4.3. Diagnostic des locuteurs pathologiques du groupe TPB avec MonPaGe-2.0.s

Pour rappel, comme précisé dans l'introduction de ce chapitre, l'outil MonPaGe-2.0.s ne permet pas dans sa version actuelle de distinguer les différents types et sous-types de MSD selon les profils / marqueurs, mais permet de déterminer si la parole / voix du locuteur évalué est pathologique.

Le recours à l'outil MonPaGe-2.0.s a ici permis de porter un diagnostic de MSD chez les deux locuteurs avec HD légère-modérée du groupe TPB (GE_MSD_016 : 3 ; GE_MSD_031), classés majoritairement comme locuteurs neurotypiques dans l'étude de classification perceptive.
Par ailleurs, les résultats obtenus au screening MonPaGe-2.0.s se situent bien au-dessus du seuil pathologique pour les deux locutrices avec AoS légère-modérée du groupe TPB, classés majoritairement parmi les locuteurs avec MD-FlSp par les auditeurs orthophonistes lors de la tâche de classification perceptive (chap. 2).
En revanche, les analyses de MonPaGe-2.0.s n'ont pas permis de détecter les MSDs de 5 locuteurs du groupe TPB. Parmi eux, figurent les 4 locuteurs avec HD très légère classés dans le groupe des locuteurs neurotypiques par les auditeurs de l'expérience de classification perceptive, dont les TotalDevScores se sont révélés nuls.
Le TotalDevScore de MonPaGe-2.0.s de la locutrice avec MD-FlSp du sous-groupe TPB (GE_MSD_033) ne s'avère pas non plus pathologique. Ici, à l'inverse, les auditeurs, lors de la classification perceptive, l'avaient majoritairement classée dans le groupe des locuteurs HD, et avaient donc, pour la plupart, perçu la présence d'un MSD.

MonPaGe-2.0.s, au stade de sa validation actuelle, constitue donc bien ici un apport diagnostique pour les 2 locuteurs avec HD légère-modérée du groupe TPB. En prenant l'ensemble des données, seule une différence de 1 locuteur correctement diagnostiqué comme pathologique est retrouvée entre l'outil MonPaGe-2.0.s et les classifications perceptives à choix forcé réalisées par les orthophonistes.

Pour les locuteurs du groupe TPB avec HD très légère, la dysarthrie n'a été détectée ni par les auditeurs à partir des échantillons de parole de l'expérience de classification perceptive, ni par l'outil MonPaGe-2.0.s, alors qu'elle était retrouvée perceptivement à la grille perceptive de la BECD, couramment utilisée en clinique. Les scores perceptifs se situaient entre 1 et 4/20. Cette différence pourrait s'expliquer par plusieurs raisons.

D'une part, 35 items/critères perceptifs ont été évalués, offrant potentiellement la possibilité de relever davantage de signes perceptifs altérés. Il reste toutefois difficile de savoir si les signes perceptifs légers intermittents cotés à la grille perceptive de la BECD relèvent de la pathologie ou de la normalité, ne disposant pas de marqueurs, ni de normes pour certains d'entre eux, tels que le nasonnement ou encore les disfluences.

D'autre part, la cotation de la grille perceptive a été réalisée sur un corpus de parole plus large de parole continue (parole spontanée et lecture à voix haute de la totalité d'un texte), ce qui a permis de saisir des altérations de la qualité vocale, de résonance, de prosodie, etc., pouvant être intermittentes, comme mentionné dans le descriptif de ces patients. En effet, les MSDs s'expriment également avec une certaine variabilité dans la parole des locuteurs, fonction de leur degré de sévérité, de l'état de santé et de la fatigabilité des sujets lors de la parole, des émotions éprouvées, de leur(s) traitement(s) médicamenteux, etc. (Duffy, 2013 ; Huber & Darling, 2011 ; Pinto et al., 2017 ; Yorkston, 2010). De fait, dans MonPaGe-2.0.s, les analyses acoustiques de qualité vocale ([a] tenu, 1 phrase) ou de débit de parole (1 phrase), d'intonation modale (1 phrase) sont réalisées sur des corpus très courts. D'autre part, un effet de la tâche de parole pourrait aussi être impliqué dans la non-détection du MSD par MonPaGe-2.0.s (Brown & Docherty, 1995; Kempler & Van Lancker, 2002; Sidtis et al., 2010; Van Lanker Sitdis et al., 2012). Par exemple, l'articulation est évaluée par une approche phonétique perceptive discrète sur une tâche de répétition / lecture de pseudo-mots où la précision articulatoire est susceptible d'être améliorée par l'effet de la tâche, ou encore d'être contrôlée sur des énoncés courts selon le type de MSD. En effet, dans les dysarthries associées à un trouble de la programmation motrice selon le modèle de Van der Merwe (1997, 2021), telles les dysarthries hypokinétiques, hyperkinétiques ou encore ataxiques, l'articulation peut être réajustée en fonction du contrôle exercé par le locuteur et des feedbacks apportés.

Enfin, la cotation perceptive de la BECD a été réalisée par un seul juge, ce qui en limite la fiabilité.

Par ailleurs, il faut préciser que les marqueurs de la version actuelle de MonPaGe-2.0.s n'ont pas l'ambition de viser l'exhaustivité dans cette première version, ni de refléter l'ensemble des perturbations d'une dimension donnée (Laganaro et al., 2021). Dans le cadre du screening proposé par cet outil, ils ont été choisis pour leur informativité et leur représentativité des compétences d'un locuteur pour chaque dimension. Ainsi, le TMP, communément utilisé en pratique clinique, a été retenu comme marqueur du contrôle pneumo-phonatoire alors que les liens entre fonction respiratoire et laryngée lors de la parole ne peuvent se résumer à cette mesure (Solomon et al., 2000), par ailleurs très variable (Kent et al., 1987 ; Ziegler et al., 2019). L'examinateur devrait ainsi garder à l'esprit qu'une dimension donnée ne peut se réduire au(x) marqueur(s) retenu(s). MonPaGe-2.0.s. sera toutefois amené à évoluer afin d'intégrer l'analyse d'autres dimensions, paramètres, facteurs contextuels tels que décrits par Van der Merwe (1997), agissant sur la production motrice de la parole, via l'ajout d'autres modules et /ou tâches de parole. D'autres marqueurs, pour certains plus sensibles à des formes très légères de MSD, pour d'autres présents dans les formes précoces de MSD de certaines pathologies neurodégénératives, seront ainsi sans doute ultérieurement validés et intégrés (Laganaro et al., 2021 ; Pernon et al., 2020). De plus, l'analyse acoustique de corpus plus larges serait envisageable par le recours à la reconnaissance et segmentation automatique de la parole pathologique (Duffy, 2016a ; Kodrasi et al., 2020a, 2020b).

3.5. Conclusion

A travers l'analyse des locuteurs pathologiques correctement (groupe TPE) et incorrectement classés (groupe TPB) de l'expérience de classification perceptive (chapitre 2 de cette thèse), le présent chapitre s'est penché plus avant sur les profils de ces locuteurs, de manière qualitative, pour rechercher ce qui aurait conduit à ces classifications correctes et incorrectes. Les données de ces locuteurs présentant un MSD issues de MonPaGe-2.0.s ont également été analysées afin d'examiner la contribution diagnostique de l'outil MonPaGe-2.0.s. Il s'agissait aussi d'étudier l'apport de l'approche phonético-acoustique discrète par dimension de parole à la caractérisation des MSDs de ces locuteurs par rapport à l'approche perceptive globale. Ce point sera davantage discuté au sein de la Discussion générale de cette thèse (chap. 5).

MonPaGe-2.0.s a ainsi permis de diagnostiquer le MSD de deux locuteurs HD, considérés comme non pathologiques via le jugement des auditeurs orthophonistes lors de la classification perceptive. En revanche, les locuteurs avec HD très légère n'ont pas non plus été diagnostiqués comme présentant un MSD au moyen de l'approche phonético-perceptive proposée par MonPaGe-2.0.s. De plus, un locuteur ALS du groupe TPB, considéré comme ayant une parole pathologique dans la classification perceptive, n'a pas été diagnostiqué comme porteur d'un MSD par MonPaGe.2.0.s. Ainsi, au total, le recours à l'outil MonPaGe-2.0.s a permis de porter un diagnostic de parole pathologique / de présence de MSD, chez un locuteur de plus par rapport à la classification perceptive sur les 15 locuteurs analysés

dans ce chapitre. L'effet de sévérité a été retrouvé pour les locuteurs dysarthriques sélectionnés (avec HD ou MD-FlSp). Les dysarthries les plus sévères des locuteurs TPE étaient les mieux diagnostiquées par MonPaGe-2.0.s.
D'un point de vue qualitatif, les approches perceptive globale et phonético-acoustique discrète par dimension de parole seraient complémentaires pour la caractérisation des signes du MSD. Les tâches de parole, telles les DDK, qui étaient peu contributives en classification perceptive, se sont révélées fournir ici des indices acoustiques pertinents, caractéristiques des patterns spécifiques des types de MSD, tout comme les marqueurs vocaux.

La généralisation des résultats de ce chapitre demeure néanmoins limitée au vu de la taille des sous-groupes de locuteurs n'ayant pas permis de réaliser des analyses statistiques sur les données de voix et de parole. Nos données pourraient toutefois être considérées comme en grande partie fiables dans la mesure où les analyses descriptives et qualitatives des locuteurs TPB et TPE, ont montré, à partir des marqueurs phonético-acoustiques de MonPaGe-2.0.s, que les atteintes par MSD étaient plus prototypiques dans le groupe TPE pour lequel elles allaient dans le sens des données de la littérature et concordaient en grande partie avec les traits perceptifs utilisés par les orthophonistes lors de la classification perceptive.

Cette approche phonético-acoustique discrète par dimension de l'évaluation de la parole a ainsi permis d'examiner plus objectivement les dimensions de voix et de gestion temporelle de la parole et de fournir des premières pistes sur les profils spécifiques de MSDs sur plusieurs dimensions de parole et pour le diagnostic différentiel entre MSDs via l'outil MonPaGe-2.0.s. Les données recueillies dans ce chapitre pourraient constituer une base de réflexion pour les développements ultérieurs de cet outil.

Pour finir, nous pouvons remarquer à partir d'un plus large point de vue sur les approches d'évaluation que les tâches de parole, élicitées dans le cadre de l'outil MonPaGe-2.0.s, ne reproduisent pas les conditions, les contraintes, la demande cognitive exercées sur la production motrice de la parole en vie quotidienne. Le locuteur pourrait parfois éprouver des difficultés en situation écologique, non observables dans les tâches de parole classiquement proposées. Au moment où il parle, il se trouve généralement dans un environnement où il est simultanément confronté à d'autres stimuli. Il est aussi souvent en train de réaliser une autre action comme marcher, ce qui le place en situation de double tâche. Ainsi, la plainte des locuteurs avec HD très légère, non détectée par les auditeurs de l'expérience perceptive, ni par l'outil MonPaGe-2.0.s, aurait éventuellement pu se manifester sous cette condition spécifique mais fréquente. Cette approche cognitive de l'évaluation de la parole sera explorée plus avant dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 4 : APPROCHE COGNITIVE DE L'EVALUATION DE LA PAROLE

- étude exploratoire de l'effet bidirectionnel de double tâche chez des locuteurs neurotypiques en fonction de la nature et des propriétés des tâches de parole et non verbales -

Ce chapitre aborde l'approche cognitive de l'évaluation de la parole à travers l'étude de l'effet de double tâche dans le cadre d'un paradigme de double tâche. Ce dernier consiste à comparer les performances à une tâche réalisée en csondition isolée à celles obtenue à cette même tâche effectuée simultanément à une autre tâche (condition de double tâche). Cette approche, peu explorée en clinique, est plus expérimentale que celles des chapitres précédents.

Le travail faisant l'objet de ce chapitre a été présenté lors de l'International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS) 2019 (Melbourne, Australie), dont l'acte de conférence figure en ***annexe 7****. Nous en développons ici davantage la méthode. Il fait suite à deux études préliminaires (Pernon et al., 2013a, 2017) exposées en introduction de ce chapitre. Pour les aspects théoriques relatifs à cette approche cognitive de l'évaluation de la parole, nous renvoyons le lecteur à l'Introduction générale (chapitre 1, section 1.2.4.).*

Les deux études préliminaires ont porté sur l'impact de la double tâche sur la gestion temporelle de la parole de locuteurs dysarthriques atteints de maladie de Wilson et de locuteurs neurotypiques appariés. Elles analysaient l'effet de double tâche sur la parole sans analyse bidirectionnelle de l'interférence attentionnelle en double tâche. L'effet de double tâche sur les tâches non verbales n'avait donc pas été étudié, ce qui ne nous avait alors pas permis d'interpréter les stratégies adoptées par les locuteurs. De plus, les tâches de parole et le mode de présentation des stimuli différaient entre elles, rendant difficile la détermination des facteurs influençant les effets de double tâche. Ces facteurs ont ainsi été combinés dans la présente étude proposant une analyse bidirectionnelle des effets et focalisée uniquement sur des locuteurs neurotypiques afin de mieux saisir le fonctionnement normal.

4.1. Introduction

Ce chapitre aborde une approche cognitive de l'évaluation de la voix et de la parole. Elle est ici traitée principalement au moyen du paradigme de double tâche où les performances à une tâche réalisée en condition isolée sont comparées à celles obtenues à cette même tâche effectuée en condition de double tâche (Pashler, 1994). Nous ne reviendrons pas sur l'état de l'art relatif à cette question figurant dans la section approche cognitive de l'Introduction générale (voir chapitre 1, section 1.2.4.).

Cette approche cognitive de l'évaluation de la voix et de la parole se révèle davantage expérimentale, car peu explorée dans ce domaine pour le moment, et s'inscrit à la fois dans une démarche écologique, dans la mesure où elle serait plus proche d'une parole naturelle. De fait, la production de parole en vie quotidienne s'effectue souvent simultanément à une autre tâche, telle que marcher ou encore conduire. La plainte des patients dysarthriques relative aux difficultés de voix et de parole en clinique peut porter sur ce type de contexte où la charge cognitive, le degré de demande attentionnelle sont augmentés en situation d'attention divisée. Leur déficit pourrait alors ne pas se manifester dans les tests effectués en condition isolée, a fortiori chez les locuteurs avec des MSD très légers, mais être

objectivé en condition de double tâche. Ainsi, cette approche cognitive aurait peut-être permis de détecter la dysarthrie HD très légère des locuteurs du sous-groupe atteints de maladie de Parkinson, n'ayant pas été diagnostiquée par les auditeurs orthophonistes de l'étude de classification perceptive, ni au moyen des marqueurs de MonPaGe-2.0.s.

4.1.1. Données préliminaires sur l'effet de double tâche sur la gestion temporelle de la parole

L'étude exploratoire présentée dans ce chapitre a été élaborée à la lumière des résultats issus d'études antérieures menées chez des locuteurs dysarthriques et neurotypiques contrôles (Pernon, 2009 ; Pernon et al., 2013a ; Beurton & Bodiguel, 2016 ; Pernon et al., 2017 ; Pernon, 2018). Les paramètres de parole étudiés sont le débit de parole et le débit articulatoire, ce, d'une part, car leurs perturbations se révélaient prégnantes dans la population de locuteurs dysarthriques étudiée initialement, et d'autre part, car ces paramètres de gestion temporelle de la parole sont considérés comme des indicateurs sensibles à la présence ou à la sévérité d'un déficit neurologique (Ackermann et al., 1995). Nous rappelons ci-après les principaux résultats de ces premiers travaux sur l'effet de double tâche sur la parole.

Etude préliminaire 1

La première étude préliminaire (Pernon, 2009 ; Pernon et al., 2013a) avait pour point de départ une interrogation clinique relative aux plaintes et difficultés observées chez des patients présentant des dysarthries mixtes atteints d'une forme hépato-neurologique de la maladie de Wilson que nous suivions dans le cadre du centre de référence pour cette maladie génétique rare liée à une atteinte du métabolisme du cuivre (CRMR Wilson, Hôpital Lariboisière, AP-HP, Paris ; actuellement situé à l'Hôpital Fondation A. de Rothschild, Paris). Leur parole, perturbée, semblait nécessiter une attention accrue. Cela survenait notamment lorsqu'ils essayaient de parler de la manière la plus intelligible possible ou encore lorsqu'ils devaient parler et effectuer une autre tâche simultanément en vie quotidienne, majorant les répercussions sur leur qualité de vie.

Nous avons alors souhaité examiner la parole de ces locuteurs en condition de double tâche. L'étude a été débutée dans le cadre de notre mémoire de Master 2 de Sciences du Langage, parcours Phonétique (Pernon, 2009) et ultérieurement poursuivie par des analyses sur un échantillon plus important avec l'inclusion de nouveaux locuteurs dysarthriques wilsoniens (Pernon et al, 2013a).

Pour rappel, compte tenu de l'importante variabilité des tableaux neurologiques dans la maladie de Wilson (Poujois et al., 2021), les profils dysarthriques sont loin d'être purs (Pernon et al., 2009, 2013b, 2015). Les patients atteints de la maladie de Wilson présentent ainsi des dysarthries mixtes dans 91% des formes hépato-neurologiques selon Machado et al. (2006). Répondant à une physiopathologie complexe, elles peuvent être de prédominance hypokinétique (forme extrapyramidale de type parkinsonien), ou ataxique (également appelée cérébelleuse), ou encore dystonique (forme

extrapyramidale, classée dans les dysarthries hyperkinétiques de type dystonique selon la classification de Darley et al. (1969a, 1969b)).

Les données de la littérature se rapportant aux dysarthries dans la maladie de Wilson restent peu nombreuses, en grande partie du fait de la rareté de cette pathologie (Berry et al., 1974a, 1974b ; Day et Parnell, 1987 ; Dordain & Chevrie-Muller, 1977 ; Hefter et al., 1993b ; Jauer-Niworowska et al., 2014 ; Liao et al., 1991 ; Pernon et al., 2013a ; Volkmann et al., 1992). En raison de la prégnance perceptive de l'altération des paramètres temporels de parole et de leur importante participation à la perte d'intelligibilité des locuteurs wilsoniens, Dordain et Chevrie-Muller (1977) ont ainsi proposé une classification de leurs dysarthries en fonction du débit de parole (groupe au débit de parole ralenti et groupe au débit de parole accéléré). Le ralentissement du débit de parole serait le plus fréquent, tel que décrit perceptivement par Berry et al. (1974a), caractérisé par les traits de « ralentissement du débit de parole », de « silences inappropriés », d'« allongement des sons » et d'« allongement des pauses ». Ces données vont dans le sens de deux études acoustiques portant sur le débit de parole dans la maladie de Wilson : Volkmann et al. (1992) et Hefter et al. (1993b) avaient trouvé une réduction significative du débit de parole des locuteurs dysarthriques wilsoniens, avec un débit de parole préférentiel se situant entre 3 et 4 syll./sec.

Nous avons ainsi réalisé une étude cas-témoin afin d'examiner si l'exécution d'une tâche parallèle modifiait le paramètre temporel du débit de parole de ces patients (condition de double tâche).

Vingt-six locuteurs wilsoniens dysarthriques (13 femmes, 13 hommes ; âge moyen : 32,42 ans ± 10,82 E.T.) présentant une forme hépato-neurologique de la maladie de Wilson, appariés en âge et en sexe à 26 locuteurs neurotypiques contrôles (13 femmes, 13 hommes ; âge moyen : 34,86 ans ± 10,76 E.T.), ont participé à cette étude. Ont été exclus les locuteurs dysarthriques en période d'exclusion d'une autre étude, dont la langue maternelle n'était pas le français ou qui présentaient des perturbations majeures de l'intelligibilité et du caractère naturel de la parole.

Ils ont répété en condition isolée le même énoncé, à savoir « Le coquin Pépito papotait tout à coup ». Dans le cadre d'un paradigme de double tâche, cette phrase a ensuite été répétée à débit de parole spontané simultanément à la réalisation de 3 épreuves exécutives et attentionnelles de mode continu de présentation des stimuli, à savoir tous visibles simultanément. Il s'agissait de tâches papier crayon de barrage de cibles aux degrés de demande attentionnelle différents : 1 tâche de GO mettant en jeu notamment des capacités d'attention soutenue et sélective, une tâche de GO-NOGO faisant intervenir principalement des processus d'inhibition et une tâche de CODE ajoutant également des processus de planification et de flexibilité mentale. Il était demandé aux sujets de les traiter le plus rapidement possible sans donner de priorité à l'une des deux tâches.

Le débit de parole a été examiné à travers l'effet de la double tâche et le débit de parole en condition isolée a ainsi été comparé aux débits de parole obtenus en condition de double tâche.

Les résultats ont mis en évidence un débit de parole significativement plus lent en condition isolée chez les locuteurs wilsoniens dysarthriques par rapport aux locuteurs neurotypiques contrôles, allant dans le sens des données de la littérature (Berry et al., 1974a, 1974b ; Dordain & Chevrie-Muller, 1977 ; Hefter et al., 1993b ; Volkmann et al., 1992).

En condition de double tâche, les locuteurs neurotypiques ont significativement accéléré leur débit de parole. Chez les locuteurs dysarthriques, deux comportements ont été observés : 42% d'entre eux ont présenté un débit de parole significativement accéléré, tout comme les locuteurs contrôles, et 58% d'entre eux ont ralenti significativement, alors que les débits de parole de ces deux groupes de locuteurs dysarthriques en condition isolée ne différaient pas. Un possible effet d'apprentissage de la tâche de parole, non contrôlé par le contrebalancement des conditions, pouvait être en cause dans cette accélération du débit de parole, lié à la répétition de l'énoncé au fil des 4 conditions (1 condition isolée, 3 conditions de double tâche).

Etude préliminaire 2

La seconde étude préliminaire (Beurton & Bodiguel, 2016 ; Pernon et al., 2017 ; Pernon, 2018) a permis de poursuivre notre questionnement sur l'impact de facteurs cognitifs (attentionnels et exécutifs) sur la gestion temporelle de la parole en condition de double tâche, à partir d'une autre tâche de parole et de tâches non verbales différentes.

Dix locuteurs dysarthriques atteints de maladie de Wilson (1 femme, 9 hommes ; âge moyen : 27,5 ans ± 1,9 E.T.) et 40 locuteurs neurotypiques contrôles (20 femmes, 20 hommes ; âge moyen : 36,9 ans ± 3,5 E.T.) ont été inclus dans cette étude. Ont été exclus les locuteurs wilsoniens dysarthriques présentant des perturbations majeures de l'intelligibilité et du caractère naturel de la parole (scores perceptifs de la Grille perceptive de la BECD : « caractère naturel » et « intelligibilité » > 3 ; Auzou et Rolland-Monnoury, 2006), une atteinte cognitive globale (score MMSE < 24 ; Folstein et al., 1975), une pathologie neurologique intercurrente invalidante, dont la langue maternelle n'était pas le français, et en période d'exclusion d'une autre étude.

La parole était élicitée à travers une tâche de récitation d'une série automatique en boucle, ici les jours de la semaine. Cette série était produite durant 55 secondes en condition isolée, puis simultanément à deux tâches informatisées visuo-spatiales de degrés de demande attentionnelle et exécutive différents. Ces tâches informatisées faisaient partie d'un module annexe de l'outil MonPaGe version 5, alors en cours de validation (Fougeron et al., 2016, 2018 ; Laganaro et al., 2021). Il s'agissait d'une tâche de réaction simple (GO), mettant notamment en jeu des processus d'attention soutenue, et d'une autre faisant principalement intervenir des processus d'inhibition (GO-NOGO), cette dernière étant supposée avoir une charge cognitive plus importante. Enfin, une 4ème condition de récitation

isolée, identique à la condition initiale, était réalisée afin de prendre en compte un éventuel effet de fatigabilité et /ou d'apprentissage.
L'effet de double tâche sur la parole a été mesuré à partir de la mesure du débit articulatoire sur les jours « mercredi » et « jeudi » produits lors de la récitation de la série automatique de la semaine, à l'aide du logiciel Praat® (Boersma & Weenink, 2016). Ces deux jours, situés au milieu de la semaine, avaient été choisis en raison de leur complexité articulatoire supérieure à celle des autres jours.

Comme dans l'étude préliminaire 1, en condition isolée, les locuteurs dysarthriques ont présenté un débit articulatoire significativement plus lent que les locuteurs neurotypiques contrôles.
La comparaison de la parole produite en conditions isolée et finale n'a pas mis en évidence d'effet de fatigue ni d'apprentissage. L'effet de la double tâche sur le débit articulatoire s'est révélé similaire entre les deux groupes de locuteurs avec un ralentissement significatif uniquement en tâche de GO-NOGO chez les locuteurs wilsoniens dysarthriques et en tâches de GO et de GO-NOGO pour les locuteurs neurotypiques. L'absence d'effet de double tâche sur le débit articulatoire des locuteurs wilsoniens en tâche de GO pourrait être en rapport avec un effet statistique de la taille de l'échantillon des locuteurs dysarthriques, insuffisamment grand. Il est également possible que deux sous-groupes de locuteurs dysarthriques soient mêlés ici, comme dans l'étude préliminaire 1, établis en fonction de leur comportement en double tâche (groupes aux débits articulatoires accéléré ou ralenti). Ce point n'a pas été exploré plus avant compte tenu de la taille de l'échantillon de ce groupe (N = 10).

Ces deux premières études sont venues confirmer que la production motrice de la parole requiert des ressources attentionnelles au vu des effets observés en condition de double tâche. Cependant, elles ne permettaient pas de savoir si ces effets étaient liés au mode de présentation des stimuli (discret, continu) ou encore au type de tâche de parole (série automatique, répétition d'un énoncé) ni d'effectuer une interprétation des stratégies adoptées par les locuteurs en double tâche, faute d'analyse bidirectionnelle des données (analyse des effets de double tâche sur la tâche de parole et sur les tâches non verbales réalisées simultanément).

4.1.2. Problématique et objectifs

L'étude exposée dans ce chapitre fait suite à ces deux premières études préliminaires où différents facteurs semblaient ainsi entrer en jeu dans l'interférence observée pour les tâches réalisées simultanément. Parmi eux, il a été montré que la modalité (Wickens, 2008) et le mode de présentation des stimuli à traiter (Pashler et al., 2001) pouvaient affecter le chevauchement dans le temps des deux tâches (Eichorn et al., 2016). De plus, la priorité donnée à une tâche par rapport à l'autre et la vitesse

allouée à leur réalisation viennent aussi moduler les effets de double tâche (Masquetiaux et al., 2018 ; Pashler et al., 2001). Enfin, la prise en compte du degré d'automaticité des tâches (Masquetiaux et al., 2018 ; Pashler, 1994), de leur coût cognitif et de leur complexité (Pashler, 1994) s'est révélée cruciale pour l'étude de l'effet de double tâche.

Pour chercher à comprendre les résultats divergents de ces précédents travaux dont la nature et les propriétés des tâches de parole et non verbales différaient (étude préliminaire 1 : accélération du débit de parole en répétition d'énoncé pour une partie des locuteurs lors de la réalisation d'une tâche continue visuo-motrice ; étude préliminaire 2 : ralentissement du débit articulatoire en récitation des jours de la semaine lors de la réalisation d'une tâche discrète visuo-spatiale informatisée), nous avons combiné ces facteurs dans le design de deux expériences réalisées par les mêmes locuteurs neurotypiques. Le mode de présentation des stimuli des tâches non verbales de l'une était discret, et celui de l'autre continu. Les tâches non verbales des études précédentes ont été reprises et homogénéisées pour les besoins de cette nouvelle étude. Les deux types de tâches de parole (série automatique et répétition d'un énoncé) y ont été intégrées et leurs analyses de parole se sont focalisées uniquement sur le paramètre temporel du débit de parole.

Nous avons par ailleurs fait le choix de nous centrer uniquement sur des locuteurs neurotypiques afin de mieux saisir leur comportement en double tâche et de pouvoir à terme le comparer à celui de locuteurs pathologiques avec un MSD.

De plus, une analyse bidirectionnelle a été effectuée dans la présente étude, à savoir la prise en compte des résultats obtenus à la fois aux tâches de parole et aux tâches non verbales afin de pouvoir appréhender les stratégies adoptées par les locuteurs en double tâche.

Enfin, nous avons veillé à corriger les biais relevés dans les deux précédentes études, à savoir contrebalancer les tâches, modifier les consignes relatives à la vitesse de traitement, supprimées ici, et prendre en compte l'éventuel effet d'apprentissage entre les conditions pour les tâches de parole en ajoutant une condition isolée finale.

Nos questions de recherche étaient ainsi les suivantes :

- Dans le cadre d'une analyse bidirectionnelle, existe-t-il un effet de double tâche sur le débit de parole des tâches de parole et sur les performances en tâches non verbales ?
- Les propriétés des tâches (degré de demande attentionnelle des tâches non verbales, type de tâche de parole, mode de présentation des stimuli) influencent-elles ces effets de double tâche sur le débit de parole ?
- Au vu des résultats des analyses bidirectionnelles, quelle.s est/sont la/les stratégie.s attentionnelle.s utilisée.s par les locuteurs pour la réalisation de la double tâche ?

4.2. Méthode

4.2.1. Sujets

Les participants ont été recrutés en mars 2017 pour ces deux expériences rémunérées (Fonds National Suisse (FNS), subside n° CRSII5_173711 / 1, projet "MoSpeeDi. Motor Speech Disorders: characterizing phonetic speech planning and motor speech programming/execution and their impairments" via des annonces déposées au sein de la Faculté de Psychologie de l'Université de Genève.

Critères d'inclusion

Les critères d'inclusion étaient les suivants :

- sujet francophone ayant le français pour langue première, sans accent étranger. Les sujets bilingues et multilingues ont été inclus si leur parole était effectivement fluente en français et si aucun accent étranger n'était détecté par l'expérimentateur.
- âgé.e entre 19 et 30 ans ;
- sans pathologie neurologique connue.

Ont été exclus les participants présentant :

- des déficits visuels et auditifs non corrigés ;
- des antécédents de troubles du langage, de la parole et/ou de la voix n'ayant pas été compensés et/ou rééduqués.

Nous avons exclu 4 sujets, en raison d'un accent étranger perceptible chez trois d'entre eux, en raison d'un trouble de la fluence de la parole de type bredouillement chez le quatrième.

Données démographiques

Au total, vingt-sept jeunes adultes ont été inclus. Leurs caractéristiques démographiques sont présentées dans le **tableau 15** ci-après et davantage détaillées dans l'**annexe 8** :

N	genre	âge (Moy., E.T., min-max)	Niveau d'éducation	Latéralité
27	21 féminin	22,26, 2,8, 19-29	Niveau 2 = 1	24 droitiers
	7 masculin		Niveau 3 = 26	3 gauchers

Notes. moy. : moyenne, E.T. : écart-type. (1) Niveaux d'éducation (Suisse romande) : 1= scolarité obligatoire ; 2= apprentissage ou école secondaire technique ; 3= diplôme de fin d'études secondaires et supérieures.

Tableau 15 : *caractéristiques démographiques des 27 sujets inclus.*

4.2.2. Procédure expérimentale

Par souci de clarté, compte tenu des nombreuses conditions et tâches de nos deux expériences, nous exposerons d'abord la procédure expérimentale, puis nous détaillerons dans un second temps les tâches de nos expériences.

Paradigme de double tâche

Les expériences composant cette étude reposaient sur le paradigme de double tâche : chacune des tâches de parole et des tâches non verbales ont été administrées aux sujets en condition isolée, puis dans deux conditions de double tâche.

Deux expériences ont été élaborées et successivement administrées :

- l'Expérience 1 se caractérisait par le **mode discret de présentation des stimuli** de ses tâches non verbales informatisées visuo-spatiales, à savoir une présentation visuelle des stimuli un à un. Les participants devaient détecter sur un écran d'ordinateur une forme cible parmi d'autres et répondre aux stimuli cibles par appui sur une touche du clavier. Ces réponses digitales/manuelles étaient enregistrées par le clavier en termes de précision et de temps de réaction.

- l'Expérience 2 se caractérisait par le **mode continu de présentation des stimuli** de ses tâches non verbales visuo-motrices de barrage papier crayon, à savoir comportant des stimuli tous visibles simultanément. Les formes cibles figuraient parmi d'autres sur les lignes d'une feuille A3. Les participants devaient les rechercher ligne par ligne, en allant de haut en bas et de gauche à droite, et les barrer au moyen d'un instrument scripteur (voir **annexe 9**).

Plan expérimental

Les deux expériences présentaient le **même design.**

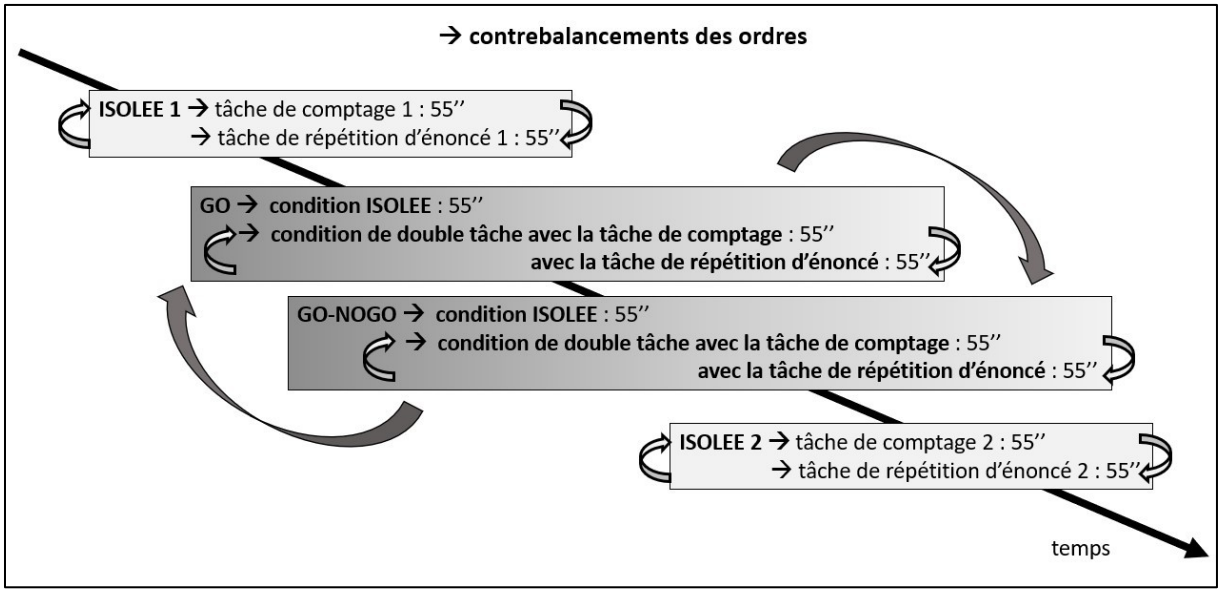


***Figure 13** : Design et contrebalancements des ordres des expériences 1 et 2.*

Chaque expérience comportait **4 blocs,** tel qu'illustré par la **figure 13 :**

- 2 blocs de tâches de parole (comptage et répétition d'un énoncé) en condition isolée (IS1 et IS2) réalisés en début et en fin d'expérience ;

- et, 2 blocs en condition de double tâche (GO et GO-NOGO), réalisés entre le premier bloc isolé et le dernier bloc isolé, incluant la réalisation de deux tâches non verbales, tout d'abord isolément, puis simultanément à chacune des tâches de parole.

Chaque tâche de parole d'une durée de 55'' était donc effectuée dans **4 conditions** : IS1, comptage-double tâche GO, répétition d'un énoncé-double tâche G0-NOGO, IS2 ; et chaque tâche non verbale dans **3 conditions** : condition isolée, condition double durant le comptage, condition double durant la répétition d'un énoncé.

Ainsi, le **design global pour chacune de ces deux expériences est : 2*2*2**, soit :

- **condition :** isolée et double tâche,
- **tâches de parole** : comptage et répétition d'un énoncé,
- **tâches non verbales** : GO et GO-NOGO.

Versions, ordre et contrebalancement des tâches

Les deux expériences (mode discret et mode continu), les deux degrés de demande attentionnelle des tâches non verbales (GO et GO-NOGO), les deux tâches de parole (comptage, répétition d'un énoncé) ont tous été contrebalancés de manière aléatoire, tel qu'illustré sur la **figure 13.**

Ainsi, la moitié des sujets a réalisé en premier l'expérience 1 (mode discret), soit l'ordre I, l'autre moitié l'expérience 2 (mode continu), soit l'ordre II.

La moitié des sujets a commencé par la tâche non verbale GO, soit l'ordre A, l'autre moitié par la tâche non verbale GO-NOGO, soit l'ordre B.

Enfin, la moitié des sujets a débuté par la tâche de parole du comptage, soit l'ordre 1, l'autre moitié par la tâche de parole de répétition d'un énoncé, soit l'ordre 2.

Cela a donné lieu à un total de 8 ordres de passation (IA1, IA2, IB1, IB2, IIA1, IIA2, IIB1, IIB2) pour les 2 expériences réalisées à la suite, dans lesquels les sujets ont été répartis de manière équilibrée comme détaillé dans **l'annexe 8**. L'ordre du degré de demande attentionnelle des tâches non verbales et l'ordre des tâches de parole étaient identiques dans l'expérience 1 et dans l'expérience 2 pour un même sujet.

4.2.3. Tâches

Les deux expériences de cette étude, exposées plus bas, ont été programmées avec PsychoPy2 (version : 1.82.01) (Peirce, 2007), permettant la présentation écrite des consignes à l'écran, l'intégration d'un bip de début et de fin de tâche pour chaque tâche, et l'enregistrement des réponses (temps de réaction

et précision : correct /incorrect) pour les tâches non verbales de l'Expérience 1.Chaque tâche durait 55''.

Tâches de parole

Les deux expériences de cette étude ont intégré deux tâches de parole : (i) une tâche de comptage et (ii) une tâche de répétition d'un énoncé.

Elles se situent sur un continuum de production de la parole allant de productions semi-automatiques, récitation de séquences pré-apprises (ici, dans le comptage de 1 à 20), mettant en jeu a minima le recrutement de processus lexicaux et post-lexicaux, à des productions considérées de prime abord comme plus coûteuses, car plus élaborées au niveau des processus langagiers en jeu (phonologico-lexicaux et morpho-syntaxiques) (ici, lors de la répétition d'un énoncé), mais répétées, devenant alors surapprises. Ces deux tâches de parole surapprises permettent de minimiser les processus de planification linguistique et d'étudier alors les ressources attentionnelles requises par la production motrice de la parole.

D'autre part, le choix de ces tâches nous permet également d'introduire pour les tâches de parole le contraste discret versus continu des tâches non verbales. Le comptage, avec son rythme propre, séquentiel, pourrait se définir comme discret, et la répétition d'un énoncé comme continue.

Pour ces deux tâches, il était rappelé aux participants de reprendre leur respiration si besoin, de parler à leur débit de parole habituel et de le maintenir lors de chaque condition. Un résumé de l'ensemble des consignes de chaque tâche de parole pour chaque condition / bloc figure en **annexe 10**.

→ Comptage :

La parole dans la tâche de comptage peut être considérée comme une tâche non propositionnelle, lexico-sémantique pré-planifiée mettant en jeu une série semi-automatique et impliquant un rythme séquentiel, puisque le locuteur devait compter de 1 à 20 en boucle durant 55''.

La séquence de cette série, composée des nombres de 1 à 20, comporte 24 syllabes dont 16 mots monosyllabiques et 4 mots bisyllabiques (« quatorze », « dix-sept », « dix-huit », « dix-neuf »). Leurs structures syllabiques sont décrites dans le **tableau 16** ci-après.

Un entraînement était prévu lors de la première condition de tâche de comptage, les sujets comptaient une fois de 1 à 20.

structure syllabique	forme orthographique	forme phonétique
V	un	[ɛ̃]
CV	deux, vingt	[dø]
VC	onze	[õz]
CVC	cinq, six, sept, neuf, dix, douze,	[sɛ̃k], [sis], [sɛt], [nœf], [dis], [duz],
	quinze, seize	[kɛ̃z], [sɛz]
CCVV	trois	[tRwa]
CVCC	quatre	[katR]
CVVC	huit	[ɥit]
CCVC	treize	[tRɛz]
CV-CVC	dix-sept	[disɛt]
CVC-CVC	dix-neuf	[diznœf]
CV-CVCC	quatorze	[Katɔ̃Rz]
CV-CVVC	dix-huit	[dizɥit]

***Tableau 16** : Structure syllabique des mots de la tâche de parole comptage.*

→ Répétition d'un énoncé :

La seconde tâche de parole était plus élaborée sur le plan linguistique, mais surapprise/pré-planifiée car le locuteur devait répéter un énoncé "signifiant" de 11 syllabes en continu durant 55'', à savoir « papa et papi papotaient tout à coup » : [papaepapipapɔ̃tɛtutaku], phrase issue de l'une de nos études antérieures (Pernon et al., 2013a) « le coquin Pépito papotait tout à coup », légèrement modifiée.

Les syllabes de cet énoncé, hormis le mot « et », ont une structure CV. Nous avons choisi un C, occlusive non voisée : [p] ou [t], pour faciliter la segmentation acoustique de cette tâche grâce aux silences de la tenue de ces consonnes. Cela, en revanche, ne nous a pas permis de différencier la tenue (portion silencieuse) de ces consonnes d'une éventuelle pause les précédant.

Un entraînement était prévu lors de la première condition comprenant la tâche de répétition d'un énoncé. Les sujets répétaient alors cette phrase plusieurs fois.

Tâches non verbales

Deux degrés de demande attentionnelle et exécutive étaient en jeu dans les tâches non verbales de nos deux expériences. Bien que chacune d'entre elles visait la participation de certains processus attentionnels et exécutifs, il est utile de rappeler qu'il n'existe pas nécessairement de relations systématiques entre processus et tâches attentionnelles / exécutives et que la distinction de ces processus n'est pas toujours aisée en pratique. De plus, les tâches évaluant les processus attentionnels et exécutifs sont, généralement, multidéterminées, impures, faisant participer d'autres processus exécutifs ou non exécutifs (moteurs, sensoriels, perceptifs) que le processus ciblé (Van der Linden et al., 2000 ; Collette, 2004).

Dans chacune de nos deux expériences, les tâches non verbales variant en termes de demande attentionnelle mettaient en jeu différents processus cognitifs, à savoir :

- une tâche de GO impliquant **des processus d'attention soutenue** appartenant au concept intensité du modèle attentionnel proposé par Van Zomeren et Brouwer (1994) présenté dans l'Introduction générale de cette thèse.

L'attention soutenue renvoie à la tenue de l'attention dans le temps à un certain niveau d'activation, exigeant un effort volontaire de concentration pour maintenir l'alerte sur une durée importante afin de préserver la stabilité des performances malgré la routine des stimuli ;

- une tâche de GO-NOGO mettant en jeu **des processus d'attention soutenue et également d'attention sélective focalisée** relevant du concept de sélectivité du modèle de Van Zomeren et Brouwer (1994), et **d'inhibition** (Miyake et al., 2000).

L'attention sélective focalisée correspond à la capacité à concentrer son attention sur un stimulus prédéterminé (la cible) et à ignorer les distracteurs (rejetés et inhibés) afin d'éviter toute interférence, ce qui renvoie à un **travail actif d'inhibition**.

La fonction d'inhibition, processus cognitif à part entière, renvoie à l'ensemble des mécanismes qui permettent, d'une part, d'empêcher que des informations non pertinentes entrent en mémoire de travail et d'autre part, de supprimer des informations précédemment pertinentes, mais devenues inutiles (Miyake et al., 2000 ; Allain et al., 2006). Le degré de demande attentionnelle requis pour cette tâche de GO-NOGO est censé ainsi être plus important.

À ces processus attentionnels (attentions soutenue et sélective) et d'inhibition, viennent s'ajouter à ceux pouvant être mis en jeu en situation de double tâche, dont **l'attention divisée** relevant également de la sélectivité dans le modèle de Van Zomeren et Brouwer (1994), ce, en fonction des stratégies de traitement, de capacités de répartition attentionnelle, de partage-chevauchement temporel entre les tâches.

Nous avons ici tâché de tenir compte des nombreux travaux montrant la sensibilité des sujets aux **consignes et priorités** définies dans le traitement des tâches lors de la réalisation de paradigmes de double tâche. Ainsi, il semblerait que les résultats issus de l'étude de Pernon (2009) et Pernon et al. (2013a) puissent en partie s'expliquer par l'influence des consignes sur les performances des participants, tel le recours à des formulations : « *le plus possible* », « *aussi rapidement que possible* ». Nous avons ainsi évité ce type d'instructions.

D'autre part, les participants étaient informés que chaque tâche était tout aussi importante afin qu'aucune ne soit traitée en priorité, ce qui pouvait constituer une stratégie potentielle en double tâche. En effet, les sujets auraient tendance à se focaliser davantage sur une tâche si les consignes suggèrent que cette dernière est plus importante. Ainsi, en condition de double tâche dans nos deux

expériences, les deux tâches devaient être réalisées simultanément, avec la même précision et la même vitesse que celle adoptée pour chacune d'entre elles en condition isolée pour tenter de maintenir une qualité de traitement identique entre la condition isolée et de double tâche.
Un résumé de l'ensemble des consignes de chaque tâche non verbale pour chaque condition / bloc figure en **annexe 10.**

→ Tâches non verbales de l'Expérience 1 :

Les deux tâches discrètes visuo-manuelles non verbales informatisées GO et de GO-NOGO (modalité de réponse : appui digital sur la touche espace) de l'Expérience 1, au mode discret de présentation des stimuli, ont été conçues dans le cadre de deux projets de recherche, à savoir :

- **le projet Parkinson Suisse 2015-2018** intitulé « Analyse longitudinale de la parole, de l'inhibition cognitive et de la double tâche dans la maladie de Parkinson traitée par STN-DBS » élaboré par Catalano, Laganaro et Burkhard (Catalano Chiuvé et al., 2022 ; Fournet et al., 2021) ;
- le **projet MonPaGe** (Fougeron et al., 2016 ; Fougeron, Delvaux, Ménard & Laganaro, 2018 ; Pernon et al., 2020 ; Laganaro et al., 2021), où ces tâches constituaient un module complémentaire appelé « double tâche + + » de version antérieure de MonPaGe-2.0.s, outil informatisé d'évaluation acoustique et perceptive de la parole.

La conception de ces tâches avait pris en compte les **contraintes** suivantes, à savoir :

- mettre en jeu un mode de présentation discret des stimuli,
- minimiser le recours à la motricité pour répondre (réponse manuelle/digitale sur une touche unique),
- minimiser les possibilités de recourir à la verbalisation pour la réalisation de la tâche non verbale en faisant appel à la modalité visuelle,
- présenter un temps de passation adapté à la durée des expériences afin de recueillir suffisamment de données,
- permettre de recueillir des données fiables et précises à partir du logiciel sur lequel les tâches non verbales sont implémentées (temps de réaction et erreurs /précision des réponses),
- minimiser la prédictibilité de l'apparition du stimulus en variant de manière pseudo-aléatoire la durée des intervalles inter-stimuli ;
- minimiser l'effet de l'ordre des passations sur les performances en prévoyant des versions aux conditions contrebalancées ;
- minimiser les interférences entre les tâches non verbales de GO et de GO-GOGO liées au matériel utilisé en recourant à des stimuli visuels différents.

Par rapport à leur version initiale, nous leur avons apporté quelques modifications sur PsychoPy2 (version : 1.82.01) (Peirce, 2007) pour les besoins de notre expérience, en termes de consignes, de nombre d'items d'entraînement et de la touche du clavier requise pour les réponses manuelles.

→ Tâche de GO de l'Expérience 1

Dans la tâche GO de **l'Expérience 1**, les participants devaient cliquer lorsqu'ils voyaient un cercle à l'écran (les cercles étant les seuls stimuli de cette tâche).

La tâche GO comporte 24 stimuli cibles GO dans son ensemble, chacun présenté durant 200 ms tel qu'illustré par la **figure 14**, qui en schématise le déroulement temporel. La durée des intervalles interstimuli est pseudo-aléatoires (8*1500, 8*2000, 8*2500 ms). Au cours de ces intervalles, un point de fixation central était présenté pour maintenir l'attention des participants focalisée sur l'écran de l'ordinateur. Une phase d'entraînement comportant 6 stimuli GO cibles précédait la condition isolée de cette tâche non verbale de GO.

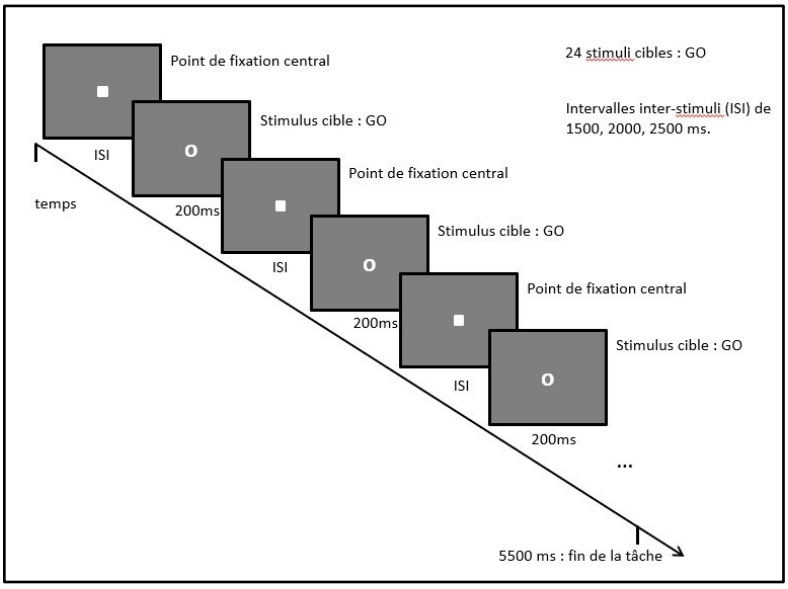


Figure 14 : *Déroulement temporel de la tâche non verbale de GO de l'Expérience 1 en condition isolée.*

→ Tâche de GO-NOGO de l'Expérience 1

Dans la tâche GO-NOGO de **l'Expérience 1**, les participants devaient seulement répondre à l'un des deux types de stimuli apparaissant à l'écran, consigne mettant ainsi en jeu des processus d'inhibition (Miyake et al., 2000). Cette tâche est supposée présenter un degré de demande attentionnelle et exécutive plus élevé que celui de la tâche de GO de mode discret. Ils devaient appuyer sur la touche espace lors de l'apparition du signe "x" (soit le stimulus cible GO), et non lors de l'apparition du signe "+" (soit le stimulus NOGO).

La tâche de GO-NOGO comprend au total 24 stimuli, dont 16 stimuli cibles GO et 8 stimuli NOGO, leur durée d'apparition à l'écran étant de 200 ms, tel qu'illustré par la **figure 15**. La durée des intervalles interstimuli est pseudo-aléatoires (8*1500, 8*2000, 8*2500 ms). Durant ces derniers, un point de fixation central apparaissait à l'écran pour maintenir l'attention des participants focalisée sur l'écran de l'ordinateur. Une phase d'entraînement comportant 6 stimuli cibles GO et 5 stimuli NOGO précédait la condition isolée de cette tâche non verbale de GO.

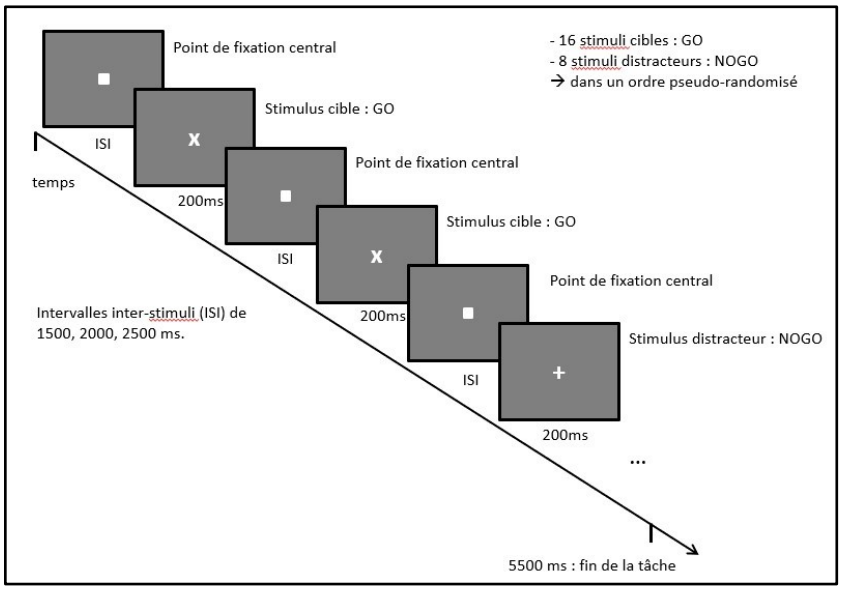


Figure 15 : *Déroulement temporel de la tâche non verbale de GO-NOGO de l'Expérience 1 en condition isolée.*

→ Tâches non verbales de l'Expérience 2 :

Deux tâches continues non verbales grapho-motrices de degrés de demande attentionnelle et exécutive différents, conçues spécifiquement pour cette expérience, ont été administrées successivement. Il s'agit de tâches de barrage de cibles papier crayon, modifiant celles élaborées dans le cadre de l'étude de Pernon et al. (2013a), en raison de leur durée plus longue (passage de 20'' à 55''), avec un rééquilibrage du nombre de stimuli cibles par ligne (3 par ligne), une augmentation du nombre de lignes (15 lignes à 33 lignes) et un changement de format avec un passage du format A4 au format A3.

La conception de ces tâches non verbales a pris en compte les **contraintes** suivantes, à savoir :

- mettre en jeu un mode continu de présentation des stimuli ;
- minimiser les possibilités de recourir à la verbalisation pour la réalisation de la tâche non verbale en faisant appel à la modalité visuelle ;
- requérir un effort minime pour la réponse grapho-motrice (trait pour le barrage) ;

- présenter un temps de passation adapté à la durée des expériences afin de recueillir suffisamment de données ;
- minimiser l'effet de l'ordre des passations sur les performances en prévoyant des versions aux conditions contrebalancées que nous présenterons plus loin.

Leurs consignes étaient présentées à l'oral et à l'écrit sur l'écran de l'ordinateur qui émettait les bips de début et de fin des tâches (PsychoPy2 : version 1.82.01) (Peirce, 2007). Une phase d'entraînement de 6 lignes précédait la condition isolée de chacune des tâches, GO et GO-NOGO.
Les planches des tâches de GO et de GO-GONO au format papier A3 ont été proposées chacune en 3 exemplaires identiques pour la passation de chaque condition, à savoir la condition isolée, la condition de double tâche simultanément au comptage, la condition de double tâche simultanément à la répétition d'un énoncé (voir les extraits de ces tâches non verbales de mode continu de présentation des stimuli en **annexe 9**).

→ Tâche de GO de l'Expérience 2

Dans cette tâche non verbale, en procédant ligne par ligne, de gauche à droite, les participants devaient barrer une forme cible, à savoir des triangles présentés sur des rangées comportant également des cercles (voir **annexe 9**).

→ Tâche de GO-NOGO de l'Expérience 2

Cette tâche non verbale de GO-NOGO en mode continu met en jeu des processus exécutifs d'inhibition, (tout comme la tâche de GO-NOGO en mode discret). Cette tâche est supposée présenter un degré de demande attentionnelle et exécutive plus élevé que celui de la tâche de GO de mode continu. En procédant ligne par ligne, de gauche à droite, les participants devaient barrer uniquement les ronds précédés d'un triangle et inhiber le barrage de ceux précédés d'un autre rond ou d'un carré, considérés comme des distracteurs (voir **annexe 9**).

4.2.4. Déroulement des passations

Les sujets ont été accueillis au sein du Laboratoire de Psycholinguistique de la Faculté de Psychologie et de Sciences de l'Education de Genève et ont été informés du type de tâches auxquelles ils allaient participer. Les passations se sont tenues dans une salle du Laboratoire de Psycholinguistique dans un environnement silencieux. Avant de débuter les deux expériences, les participants ont donné leur consentement par écrit en signant un formulaire, également signé par l'expérimentateur (engagement du chercheur) (voir **annexe 11**). Le document précisait que la recherche s'effectuerait conformément aux normes éthiques concernant les projets de recherche impliquant des participants humains, en

application du *Code d'éthique concernant la recherche au sein de la Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education* et des *Directives relatives à l'intégrité dans le domaine de la recherche scientifique et à la procédure à suivre en cas de manquement à l'intégrité* de l'Université de Genève. L'étude a été approuvée par le comité d'éthique local (Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education, Genève). Les participants ont ensuite rempli un questionnaire (voir **annexe 12**)recueillant des informations générales d'ordre démographique, comportant, entre autres, également l'index de latéralité Edinburgh d'Oldfield (1971) (voir **annexe 12**). Chaque participant s'est vu attribuer un code, sous la forme : DBGE_MP_XX, dont la numérotation suivait l'ordre d'inclusion des sujets.

Lors des passations, les participants étaient assis à environ 40 cm de l'écran de l'ordinateur. Ils ont réalisé l'ensemble des tâches des 2 expériences en présence de l'expérimentateur.

Les consignes des expériences et de chaque condition ont été expliquées oralement par l'expérimentateur au début de chaque tâche et également présentées par écrit, visualisées sur l'écran d'un pc portable.

La durée de chaque expérience était d'environ 20 min. Une pause de 10 minutes était aménagée entre chaque expérience. Le temps total de passation pour chaque participant s'élevait à une heure, incluant également la présentation de l'étude, la complétion du consentement et du questionnaire d'information.

4.2.5. Matériel

L'acquisition du signal acoustique a été effectuée avec un pc portable *Dell Latitude* E6530 Windows 7 Intel Inside Core i7 présentant un écran de 15.6'' pouces, à l'aide d'une carte son externe Scarlett-2i4 de la marque *Focusrite*® (USB 2, driver : 2.5.1 .exe) via un microphone serre-tête cardioïde, statique, de modèle SM35 en XLR, de la marque *Shure*®. Le logiciel utilisé pour ces enregistrements était *Audacity*® (version 2.1.0, 2015) permettant à l'examinateur de visualiser et de contrôler en temps réel la qualité du signal au cours de l'enregistrement. La fréquence d'échantillonnage était paramétrée à 44100 Hz et la quantification à 16 bits par échantillon. Nous disposions d'un second pc portable de même modèle pour la passation successive des deux expériences programmées sous *PsychoPy2*, version 1.82.01 (Peirce, 2007).

4.2.6. Prétraitement des données

Afin de pouvoir extraire les données issues des tâches de parole et non verbales pour leurs analyses, un prétraitement, exposé ci-après, s'est avéré nécessaire.

Prétraitement des tâches non verbales

Le traitement préalable des tâches non verbales n'a concerné que celle de l'Expérience 1.

Concernant les temps de réaction, extraits à partir des fichiers générés par le logiciel *Psychopy2*® (version 1.82.01) (Peirce, 2007), nous n'avons pris en compte pour nos analyses que ceux correspondant aux items corrects en termes de précision de réponse.

Puis, ont été supprimés, parmi ces items corrects, les temps de réaction qui avaient une durée inférieure à 150 ms, et ceux qui étaient supérieurs à 2 écarts-types par sujet, pour chaque condition et pour chaque tâche non verbale (GO et GO-NOGO).

Le **tableau 17** résume le nombre et le pourcentage de rejet par condition pour chacune des tâches non verbales de l'expérience 1.

Tâches non verbales Expérience 1	condition	N items exclus	% items exclus
GO	ISOLEE	4	0.54
	DOUBLE TÂCHE-COMPTAGE	21	2.82
	DOUBLE TÂCHE-REPETITION D'ENONCE	15	2.02
GO-NOGO	ISOLEE	25	3.36
	DOUBLE TÂCHE-COMPTAGE	31	4.17
	DOUBLE TÂCHE-REPETITION D'ENONCE	42	5.65

Tableau 17 : *Nombre et pourcentages d'items exclus par condition pour chaque tâche non verbale de l'Expérience 1.*

Prétraitement des tâches de parole

L'enregistrement des deux tâches de parole des 27 sujets a donné lieu à 432 fichiers sons, sous format .wav, à savoir : 2 (tâches de parole) * 4 (conditions) * 2 (expériences) * 27 (sujets). L'ensemble des 432 fichiers a été pris en compte pour les analyses de l'article présenté dans ce chapitre.

La segmentation et l'annotation du corpus ont été réalisées sous *Praat*® (Boersma et Weeninck, 2017 : version 6.0.36). Nous n'avons pas recouru à un logiciel de segmentation et d'annotation semi-automatique. Les essais de segmentation et d'annotation comparatifs effectués sur 2 sujets de manière semi-automatique au moyen de *EasyAlign* (Goldman, 2011) et de manière manuelle ont montré que, pour les segments nécessaires à nos analyses, le recours à une segmentation semi-automatique de nos données acoustiques s'avérait plus coûteux, plus long en temps de correction des frontières placées automatiquement.

Cette segmentation et annotation ont pris environ 10 à 15 min par fichier pour des segmentations globales de séquences pour les tâches de parole comptage (1 séquence = 1 série) et de répétition d'un énoncé (1 séquence = 1 répétition d'énoncé), soit environ 86h de segmentation (432 fichiers * 12 min).

Segmentation

Dans un premier temps, un script intitulé MonPaGe_DefineInterval_SpeechRate_DBGE_MP_final figurant en **annexe 13**, adaptation d'un script issu du projet MonPaGe (Fougeron et al., 2016, 2018 ; Pernon et al., 2020 ; Laganaro et al., 2021), nous a permis de créer des textgrids pour tous les fichiers sons pour les deux tâches de parole comptage et répétition d'un énoncé. Pour chaque textgrid générée et ouverte par le script, nous insérions manuellement une frontière initiale au niveau du bip de début. Une frontière finale était ensuite placée automatiquement à 55 secondes de cette frontière initiale par le script, correspondant à la durée de chaque tâche de parole.

Pour la tâche de parole comptage, nous avons positionné la frontière initiale de séquence au début du son [ɛ̃] du mot « un » et la frontière finale de séquence à la fin de la voyelle [ɛ̃] du mot « vingt » s'il était prononcé [vɛ̃], sinon à la fin du bruit de relâchement du [t] s'il était prononcé [vɛ̃t].

Pour la tâche de parole répétition d'un énoncé, la séquence débutait avec le relâchement du [p], au début duquel nous avons inséré la frontière initiale. La frontière finale était placée à la fin de la voyelle de [u] de « tout à coup ».

Pour cette segmentation manuelle de nos fichiers, nous nous sommes appuyée sur des repères auditifs et visuels, i.e. la visualisation du spectrogramme et l'écoute du signal acoustique. Ainsi, pour la voyelle [ɛ̃] de « un » et de « vingt » et [u] de « coup », nous nous sommes basée sur la visualisation des formants supérieurs (ceux apparaissant entre F2 et F4), la visualisation du f0 sous *Praat®* (Boersma et Weeninck, 2017 : version 6.0.36), le début et la fin de l'enveloppe du signal périodique et l'augmentation de l'intensité visible sur l'oscillogramme. Quant aux bruits de relâchement du [p] de « papa » et du [t] de « vingt », ils débutent par un pic impulsionnel observable sur le signal acoustique et se termine à la première période vocalique suivante.

Ces segmentations ont été réalisées pour chaque séquence jusqu'à la frontière finale.

Annotation

Un second script intitulé MonPaGe_Annotate_SpeechRate_DBGE_avecpause_v3_final figurant en **annexe 14**, adaptation d'un autre script issu du projet MonPaGe (Fougeron et al, 2016 ; Pernon et al, 2020), a permis l'annotation manuelle des textgrids créées.

Ce script permettait l'insertion de deux tires dans chaque textgrid, à savoir :

- **une tire « Syllabes »,** où nous indiquions le nombre de syllabes produites dans chaque séquence, dans l'intervalle correspondant. Nous appelons ici « séquence » la production d'une série de 1 à 20 pour la tâche de parole comptage, et la production d'un énoncé « papa et papi papotaient tout à coup » pour la tâche de parole répétition d'un énoncé. Les syllabes non audibles, aspirées ou non articulées, n'ont pas été comptabilisées.

- **une tire « Comments »**, où nous insérions des commentaires relatifs aux erreurs telles que les ajouts ou omissions de mots, de syllabes ou de sons, ou encore relatifs aux difficultés de segmentation.

Les figures suivantes illustrent cette segmentation et annotation, respectivement, pour la tâche de parole comptage (voir **figure 16**) et pour la tâche de parole répétition d'un énoncé (voir **figure 17**).

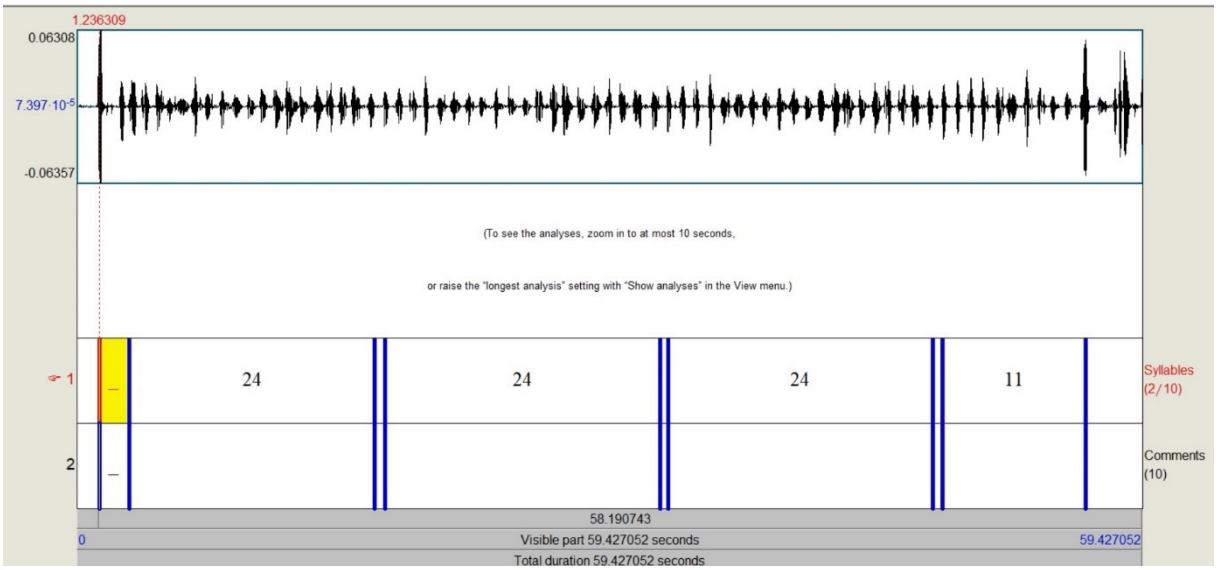


***Figure 16** : Illustration de la segmentation et de l'annotation de la tâche de parole comptage.*

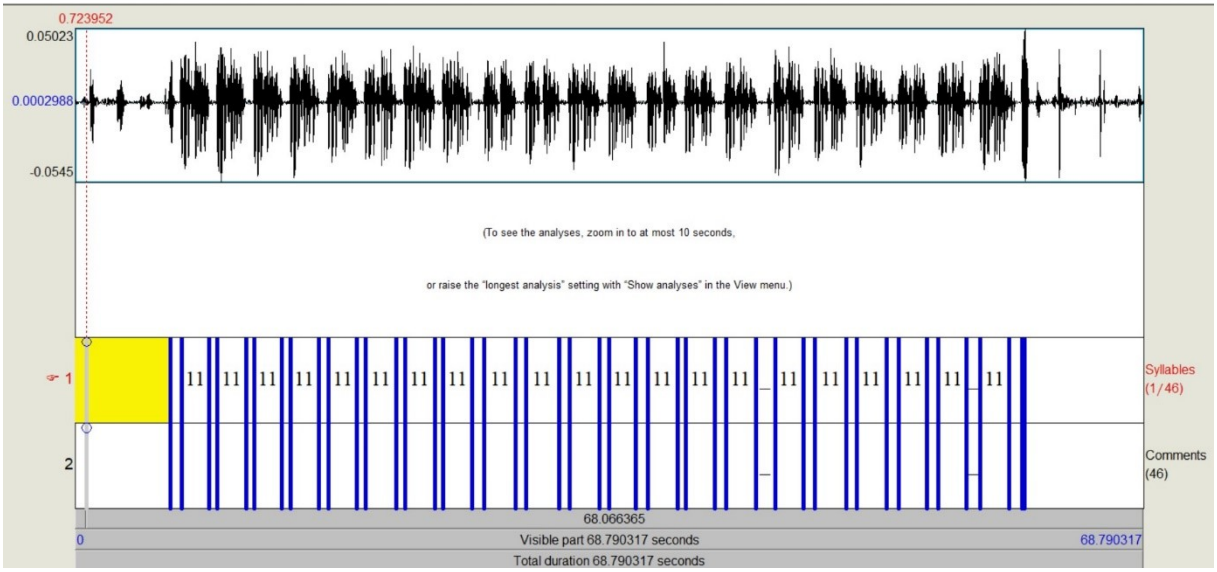


***Figure 17** : Illustration de la segmentation et de l'annotation de la tâche de parole répétition d'un énoncé.*

Le nombre de séquences segmentées et annotées des deux tâches de parole pour les analyses de l'étude 1 s'est élevé à 5712 (Expérience 1 : 2918 séquences ; Expérience 2 : 2794).

Une fois les textgrids annotées, ce second script procédait à l'extraction, dans un fichier résultat, du locuteur, des ordres de passation, du mode de présentation des stimuli, de la condition, de la tâche de parole, des commentaires annotés, du temps de début et de fin de chaque intervalle, de leur durée et du débit de parole calculé pour chaque séquence.

4.2.7. Mesures

Mesure des tâches de parole

A partir des mesures de débit de parole fourni en nombre de syllabes par seconde pour chaque séquence (une répétition d'un énoncé ou une série de 1 à 20) segmentée et annotée par le script adapté du projet MonPaGe décrit ci-dessus (MonPaGe_Annotate_SpeechRate_DBGE_avecpause_v3_final), **le débit de parole moyen** (nb de syll./sec) de chaque tâche de parole a été calculé par locuteur pour chaque condition de chaque expérience.

Mesures des tâches non verbales

L'Expérience 1 a pris en compte les mesures suivantes pour ses tâches non verbales :

- **la moyenne des temps de réaction des stimuli corrects** pour chaque condition par sujet ;
- **le taux de réponses correctes (pourcentage de réponses correctes par rapport au nombre de réponses totales),** correspondant à un score de précision de réponse.

L'Expérience 2 a retenu la mesure suivante pour ses tâches non verbales :

- **nombre de stimuli correctement barrés en 55''**, correspondant à un score de précision de réponse, pour chaque condition par sujet.

4.2.8. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été effectuées sous le logiciel Statistica®, version 13.3.704.1 (Tibco Software Inc, 2017).

Dans nos deux expériences, nous avions un plan d'expérience intra-sujet à un critère de classification pour chaque tâche de parole et chaque tâche non verbale.

Les **variables dépendantes : débit de parole, temps de réaction et de nombre de stimuli corrects traités en 55''** étaient distribuées normalement. Ainsi, pour ces mesures, l'effet de double tâche a été testé au moyen d'une ANOVA (ANalysis Of VAriance) à mesures répétées à un facteur « condition »

comportant 3 niveaux (tâches de parole : ISOLEE, DOUBLE TÂCHE-GO, DOUBLE TÂCHE-GO-NOGO ; tâches non verbales : ISOLEE, DOUBLE TÂCHE-COMPTAGE, DOUBLE TÂCHE-REPETITION D'ENONCE).
Il est à noter que 3 conditions ont été retenues pour nos analyses de débit de parole. De fait, la moyenne des mesures de parole des conditions ISOLEE 1 et ISOLEE 2 a été calculée, l'insertion d'une seconde condition isolée de parole à la fin de chaque expérience visant à prendre en compte les éventuels effets de fatigue et d'entraînement.
D'autre part, la variable dépendante continue « nombre de stimuli corrects traités en 55'' » ne permettait pas de considérer chaque item correctement barré comme un seul échantillon, le recueil de leur position n'ayant pas été effectué. Nous n'avons ainsi pas mené pour cette étude d'analyses statistiques au moyen de modèles mixtes linéaires, ce afin que les analyses de l'ensemble des variables dépendantes étudiées soient harmonisées.
Pour déterminer si les différences des moyennes de la variable dépendante entre les niveaux d'un facteur étaient significatives ou non, des comparaisons posthocs par paires ont été effectuées lorsque cela était approprié en utilisant le test DSH (différence significative honnête) de Tukey (Dubitzky et al., 2013), plus conservateur que le test SDL de Fischer. Le seuil de significativité a été fixé à $p < .05$. La taille de l'effet est indiquée par les êta-carrés partiels (η^2p).
Si le postulat de sphéricité des résidus des données n'était pas respecté, pour tout Epsilon (ε) inférieur à 0.75, la correction de Greenhouse-Geisser (*G-G*) était apportée.

Les **mesures de précision de réponses** à la tâche non verbale de l'Expérience 1 au mode discret de présentation des stimuli ne suivaient pas la loi de distribution normale. Nous avons ainsi mené des analyses statistiques non paramétriques avec une ANOVA de Friedman par rangs et des tests de Wilcoxon pour les comparaisons posthocs par paire en prenant en compte les valeurs statistiques de p corrigées pour les ex-aequo.

4.3. Résultats

4.3.1. Expérience 1

Tâches de parole

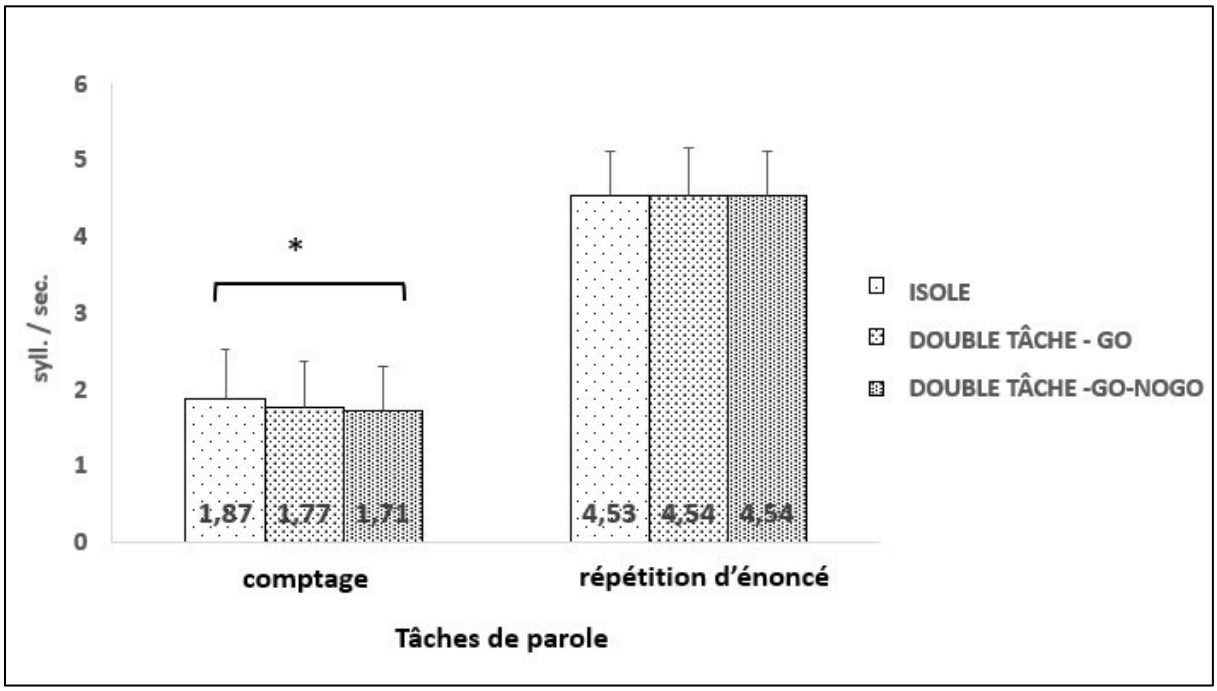


Figure 18 : *Débits de parole moyens (nb de syll. / sec.) et écarts types obtenus par les participants (N=27) aux tâches de parole comptage et de répétition d'énoncé de l'Expérience 1 pour les 3 conditions : ISOLEE, DOUBLE TÂCHE - GO, DOUBLE TÂCHE - GO-NOGO (<0.05 : * ; <0.01 : ** ; <0.001 : ***).*

Comme illustré dans la **figure 18**, le débit de parole est significativement modifié par la condition, mais seulement en tâche de comptage, F (2, 52) = 3.93, p = .02; *partial η2* = .13. Cet effet est dû à la condition double tâche - GO-NOGO où le comptage est produit avec un débit de parole plus lent qu'en condition ISOLEE (p = .02).

Tâches non verbales

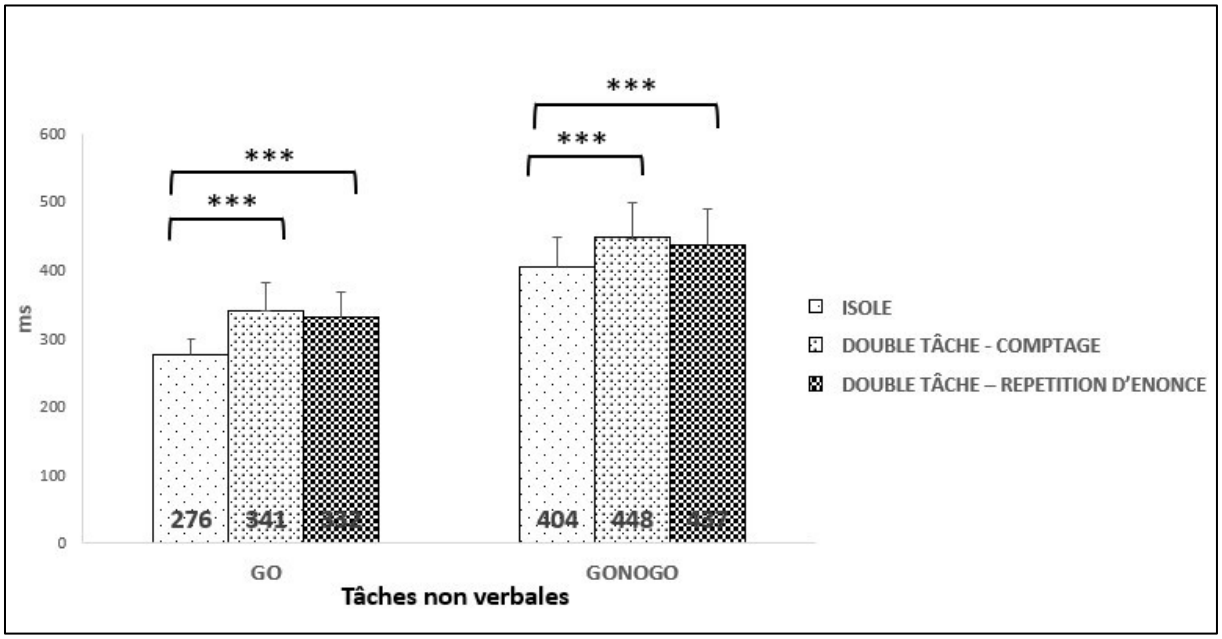


Figure 19 : *Temps de réaction moyens (ms) et écarts types obtenus par les participants (N =27) dans les tâches non verbales de GO et de GO-NOGO de l'Expérience 1 pour les 3 conditions : ISOLEE, DOUBLE TÂCHE - COMPTAGE, DOUBLE TÂCHE - REPETITION D'ENONCE (<0.05 : * ; <0.01 : ** ; <0.001 : ***).*

Un effet de la condition sur les temps de réaction obtenus en tâches non verbales de GO, F (2, 52) = 69.5 ; p < .001 ; *partial* η^2 = .73, et de GO-NOGO, F (2, 52) = 12.27 ; p <.001; *partial* η^2 = .32, est retrouvé. Tel qu'illustré en **figure 19**, les temps de réaction sont plus longs en condition de double tâche à la fois en tâches de GO et de GO-NOGO, que les participants comptent ou répètent simultanément des énoncés, en comparaison avec la condition ISOLEE (tous : p < .001).

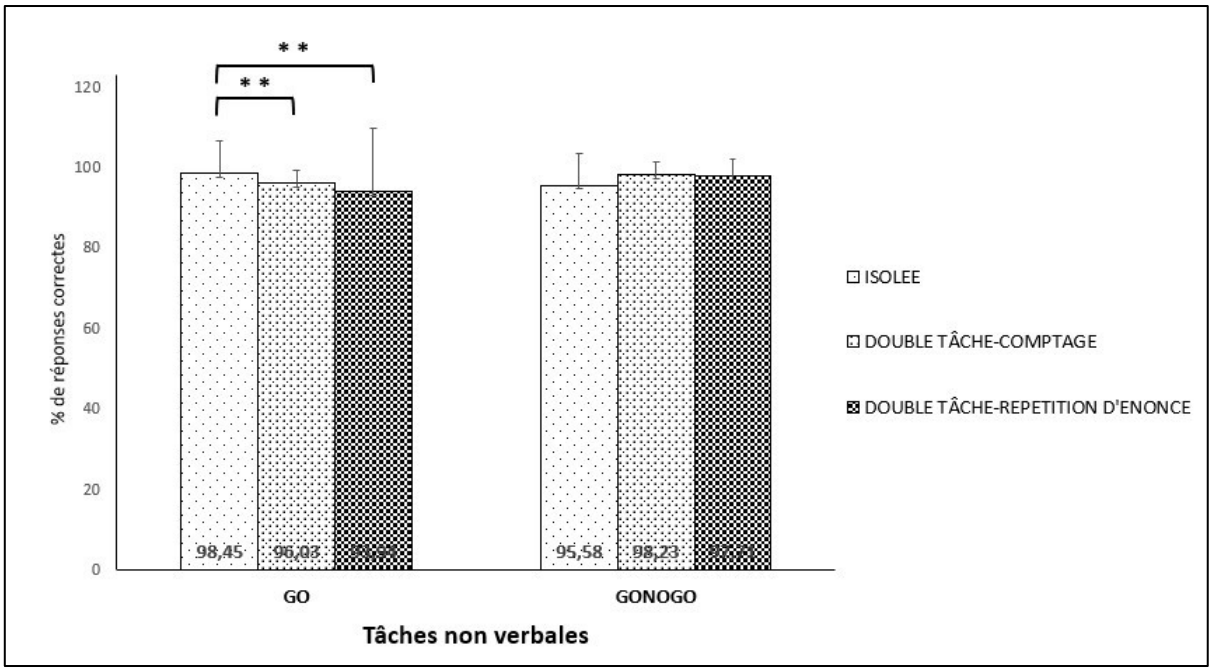


Figure 20 : *Taux moyens de réponses correctes et écarts types par les participants (N =27) obtenus dans les tâches non verbales de GO et de GO-NOGO de l'Expérience 1 pour les 3 conditions : ISOLEE, DOUBLE TÂCHE - COMPTAGE, DOUBLE TÂCHE - REPETITION D'ENONCE (<0.05 : * ; <0.01 : ** ; <0.001 : ***).*

Il existe un effet de la condition sur les taux de réponses correctes obtenus en tâches de non verbales de GO, $\chi 2(2) = 9.53$; $p = .008$. Comme le montre la **figure 20**, les participants sont moins précis dans les deux conditions de double tâche, à savoir lors de la production concomitante du comptage ($p = .007$) et lors de celle de la répétition d'énoncé ($p = .006$), par rapport à la condition de réalisation de la tâche non verbale GO isolément.

4.3.2. Expérience 2

Tâches de parole

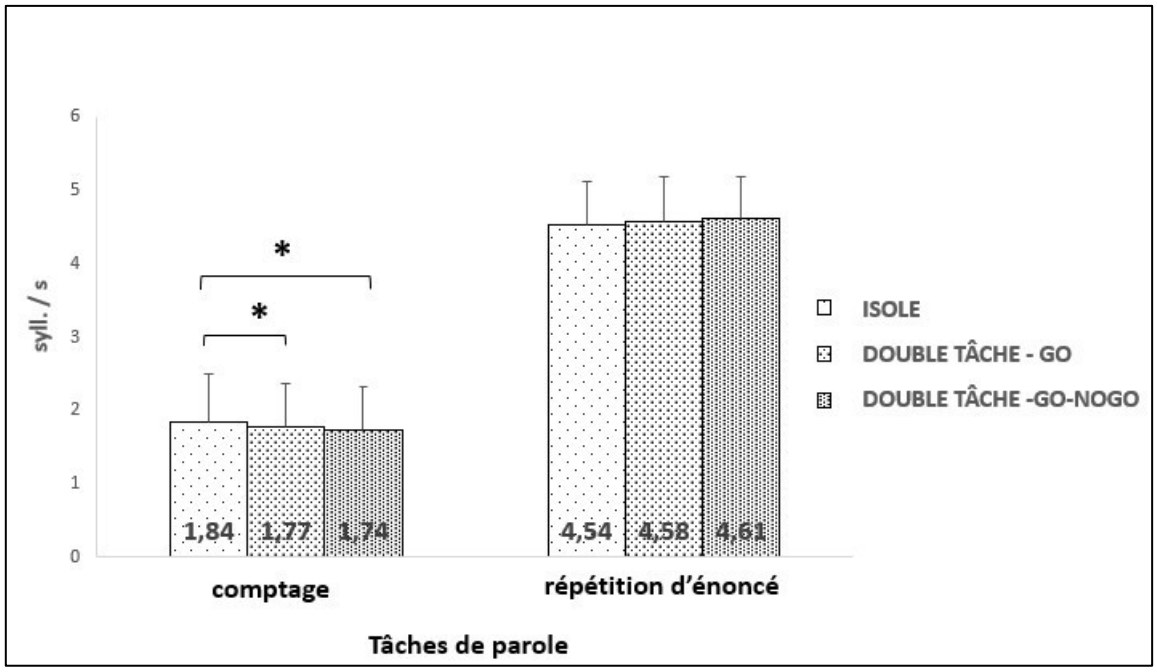


Figure 21 : *Débits de parole moyens (nb de syll. / sec.) et écarts types obtenus par les participants (N=27) aux tâches de parole comptage et répétition d'énoncé de l'Expérience 2 pour les 3 conditions : ISOLEE, DOUBLE TÂCHE - GO, DOUBLE TÀCHE - GO-NOGO (< 0.05 : * ; < 0.01 : ** ; < 0.001 : ***).*

Dans cette expérience, un effet de la condition sur le débit de parole est également mis en évidence, tel que montré dans la **figure 21** mais seulement pour la tâche de parole comptage, F (2, 52) = 5.37; p = .008; *partial* η^2 = 0.17. Le comptage est plus lent en double tâche à la fois en tâches non verbales de GO (p = .037) et de GO-NOGO (p = .01) que lorsqu'il est produit isolément (condition ISOLEE).

Tâches non verbales

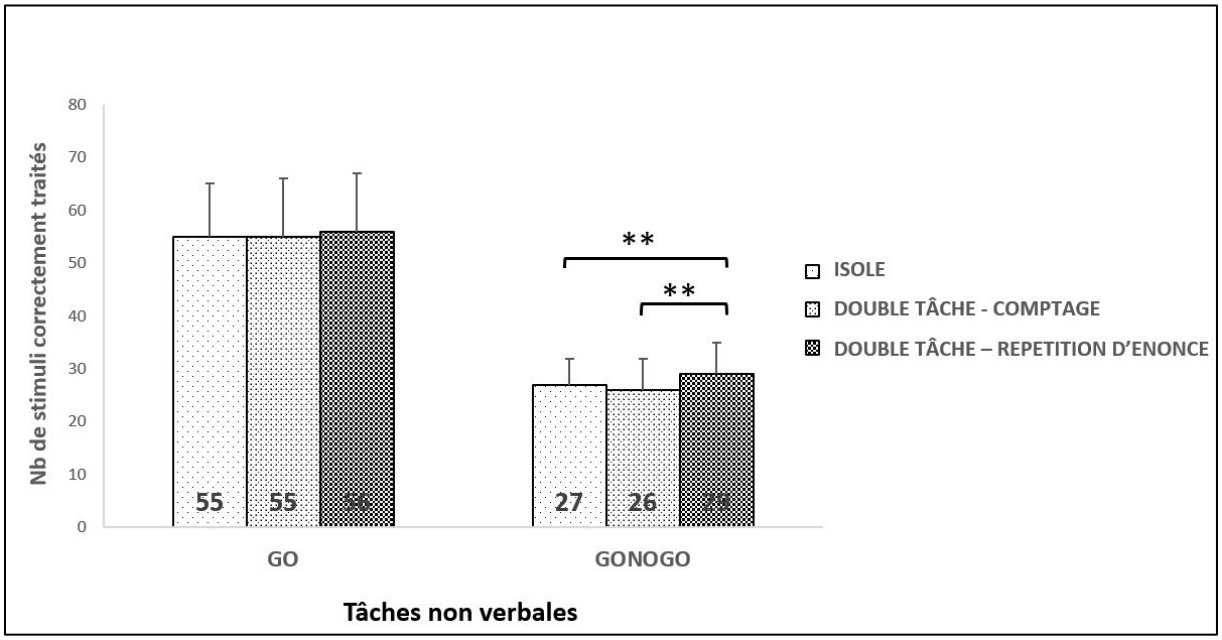


Figure 22 : *Nombres moyens de stimuli correctement traités et écarts types moyens des participants (N=27) pour les tâches de GO et de GO-NOGO de l'Expérience 2 dans les 3 conditions : ISOLEE, DOUBLE TÂCHE-COMPTAGE, DOUBLE TÂCHE -REPETITION D'ENONCE (< 0.05 : * ; < 0.01 : ** ; < 0.001 : ***).*

L'effet de double tâche pour le nombre de stimuli correctement traités, tel qu'illustré dans la **figure 22,** apparaît pour la tâche de GO-NOGO, F (2,52) = 7.15; p = .002 ; *partial* η^2 = .22, et non pour la tâche de GO. De manière surprenante, dans la tâche de GO-NOGO, un plus grand nombre de stimuli est traité correctement en condition de double tâche lors de la répétition simultanée de l'énoncé, en comparaison avec à la fois la condition ISOLEE (p = .008), et la condition de DOUBLE TÂCHE-COMPTAGE (p = .004).

4.4. Discussion et conclusion

Dans ce chapitre portant sur l'approche cognitive de l'évaluation de la parole à travers le paradigme de double tâche, nous avons étudié l'influence du type de tâches de parole, du degré de demande attentionnelle et du mode de présentation des stimuli des tâches non verbales réalisées simultanément à la production de la parole. La modification du débit de parole en double tâche est interprétée comme un indice de la demande attentionnelle et exécutive requise par la production de parole. L'analyse bidirectionnelle des effets d'une tâche sur l'autre est un moyen d'estimer les mécanismes sous-jacents et les stratégies globales adoptées par les locuteurs lors d'une double tâche.

Nos résultats montrent tout d'abord que les effets de double tâche ne sont pas similaires d'une tâche de parole à l'autre. Un effet de double tâche sur le débit de parole a été trouvé pour la tâche de comptage dans les deux expériences. Ce résultat est contraire à celui de Ho et al. (2002), qui ont retrouvé un débit de parole constant en comptage lors d'une tâche informatisée visuo-motrice de poursuite de cibles. En revanche, nous n'avons pas mis en évidence d'effet de double tâche sur le débit de parole en répétition d'énoncé, ce qui est similaire à ce qui a été trouvé par Dromey et Bates (2005) ainsi que par Bailey et Dromey (2015) avec d'autres tâches non verbales concurrentes.
Ces différences dans les effets de double tâche selon le type de tâches de parole pourraient s'expliquer par le fait que le partage des ressources attentionnelles avec les autres tâches non verbales n'intervient réellement que dans le comptage, qui est une tâche de parole automatique mais qui peut nécessiter une inhibition lorsqu'elle est produite en boucle. Des analyses ultérieures pourraient être effectuées pour déterminer si le ralentissement du débit de la parole est plus important vers la fin de la série de 1 à 20 où les locuteurs doivent inhiber les nombres suivants et réinitialiser une nouvelle boucle. Pour la tâche de répétition d'énoncé, l'absence d'effets de double tâche pourrait être due au fait que la répétition d'énoncé a été produite de multiples fois et deviendrait donc tout à fait automatique et surapprise avec une planification linguistique nulle ou très faible. Cet effet d'apprentissage a également été constaté par Dromey et Bates (2005) pour les mesures de parole d'une tâche de répétition réalisée simultanément à une tâche visuo-manuelle. Il serait lié à l'entraînement de cette tâche de parole lors de la condition isolée effectuée auparavant.

Un autre facteur influence les effets de la double tâche dans notre étude. Il est à la fois lié au degré de demande attentionnelle et exécutive des tâches non verbales et à leur mode de présentation des stimuli, spécifiques pour chacune des expériences 1 et 2. En effet, le comptage est plus lent lorsque les stimuli de la tâche secondaire sont présentés dans un mode discret (Expérience 1), mais seulement pour la condition exigeant une demande attentionnelle et exécutive accrue, ici les conditions GO-NOGO impliquant des processus d'inhibition. Dans l'Expérience 1, ce coût attentionnel et exécutif moindre observé sur les temps de réaction de la tâche non verbale de GO, moins longs qu'en GO-

NOGO, semble toutefois se reporter et se répartir sur la précision de réponses (taux de précision de réponses correctes), diminuant en condition de double tâche. Dans l'Expérience 2, où le traitement de la tâche non verbale est continu (tous les stimuli sont visibles simultanément par les participants et sont traités selon leur propre rythme), le comptage est plus lent lors des tâches GO et GO-NOGO réalisées de manière concomitante.

En ce qui concerne les tâches non verbales, un effet de double tâche est également retrouvé lorsqu'elles ont été effectuées en parlant. Cependant, cet effet va dans des directions opposées au sein des deux expériences. Dans l'Expérience 1, nous relevons un effet de double tâche négatif avec des temps de réaction des réponses correctes plus longs. Dans l'Expérience 2, nous mettons en évidence un effet double tâche positif avec une augmentation du nombre de stimuli correctement traités lors de la répétition d'énoncé (et non lors du comptage). Il reste cependant difficile de comparer ces performances sur la base de deux mesures différentes, à savoir le temps de réaction dans l'Expérience 1 informatisée et le nombre de stimuli correctement traités dans l'Expérience 2 papier crayon. Les temps de réaction peuvent s'avérer constituer des mesures plus sensibles au coût en double tâche, ce qui pourrait expliquer le ralentissement du traitement de la tâche non verbale lors du comptage simultané. Il est possible également que la charge attentionnelle requise par les tâches non verbales soit plus importante dans l'Expérience 1 que dans l'Expérience 2. En supposant que les capacités attentionnelles soient partagées entre les deux tâches (théorie du capacity sharing) (Kahneman, 1973), l'interférence bidirectionnelle entre la tâche non verbale et la tâche de parole est donc plus forte pour les tâches les plus exigeantes : les tâches non verbales de l'Expérience 1 (tâches discrètes informatisées) et les tâches de comptage, montrant toutes deux un ralentissement (du temps de réaction et du débit de parole) lorsqu'elles sont effectuées simultanément. En revanche, la théorie des capacités partagées (capacity sharing theory) (Kahneman, 1973) ne permet pas d'expliquer l'effet positif de la double tâche constaté dans l'Expérience 2 pour la tâche non verbale de GO-NOGO (augmentation du nombre de stimuli traités dans la condition de répétition d'énoncé). Nous voyons ici tout l'intérêt d'analyser les performances de manière bidirectionnelle, à la fois celles des tâches de parole et celles des tâches secondaires car d'autres types de processus pourraient être en cause. Dans l'Expérience 2, alors que la parole est ralentie en condition de double tâche pour le comptage, elle reste stable, voire s'accélère légèrement sans que cela ne soit toutefois significatif lors de la répétition d'énoncé. Parallèlement, le nombre de stimuli correctement traités augmente. Ce résultat pourrait refléter un "effet d'aimant" (« magnet effect »), d'attracteur, relatif à la tendance des oscillateurs biologiques à s'attirer mutuellement (Ebersbach et al., 1995). Comme l'ont également constaté Dromey et Bates (2005) et Pernon et al. (2013a), la modalité motrice commune de traitement (geste grapho-moteur pour la tâche non verbale et parole) pourrait faciliter cette attractivité entre les patterns rythmiques de traitement, devenant identiques dans les deux tâches. Cela pourrait créer un

"effet énergisant" (« energizing effect ») positif. Celui-ci a été observé chez des sujets atteints de la maladie de Parkinson augmentant l'intensité de leur voix lorsqu'ils effectuent une double tâche couplant la parole et une tâche motrice manuelle (Adams et al., 2010) ou la marche (McCaig et al., 2016).

Ainsi, ces résultats viennent confirmer le recrutement de ressources attentionnelles dans la production de la parole, mais uniquement pour des tâches de parole spécifiques. Ici, seul le débit de parole a été étudié. Il serait ainsi pertinent d'analyser d'autres paramètres de parole, potentiellement plus sensibles à l'effet de la double tâche. Par exemple, pour la fluence de la parole, les disfluences pourraient être étudiées.

CHAPITRE 5 : DISCUSSION GENERALE

Cette thèse a pour objectif d'examiner les apports respectifs des approches perceptive globale, phonético-acoustique discrète par dimension de parole, et cognitive à travers un paradigme de double tâche dans l'évaluation de la parole de patients présentant un/des trouble(s) moteur(s) acquis de la parole, dysarthrie et/ou apraxie de la parole. Dans ce dernier chapitre, après un résumé des principaux résultats des études des chapitres 2, 3 et 4, une discussion sur leurs implications théoriques et cliniques sera menée.

Une partie de cette Discussion générale et de ses conclusions a été reprise avec des éléments de l'Introduction générale de cette thèse au sein du chapitre d'un ouvrage ayant pour thématique l'Orthophonie et la Neurologie (Pernon, 2022). Cet article traite à la fois des données théoriques sémiologiques des dysarthries et des AoS ainsi que de leur évaluation clinique.

Dans cette discussion générale, les implications théoriques de nos résultats seront discutées à travers l'examen de la complémentarité des approches perceptive globale et acoustico-phonétique discrète en fonction du type de MSD, de sa sévérité et des objectifs de l'évaluation. L'intération de la double tâche pour l'évaluation de la demande attentionnelle et exécutive de la parole sera abordée et enfin celle des propriétés des tâches de parole, notamment leur demande cognitivo-motrice.

Les implications cliniques de nos données seront ensuite traitées. Seront développées des propositions pour la structuration de l'évaluation de la parole prenant en compte les approches et les propriétés des tâches de parole. Afin d'améliorer le diagnostic différentiel, seront suggérés un raisonnement clinique guidé et un entraînement perceptif à l'écoute de la parole de locuteurs neurotypiques et présentant un MSD. Pour finir, des suggestions seront émises pour les développements ultérieurs de l'outil MonPaGe-2.0.s.

5.1. RESUME DES PRINCIPAUX RESULTATS

Les **principaux résultats des 3 études** de cette thèse sont résumés ci-après et synthétisés dans le **tableau 18.**

- La première étude (chapitre 2) était centrée sur l'approche perceptive globale de l'évaluation de la parole à travers une expérience de classification auditivo-perceptive multijuges à choix forcé de la parole de locuteurs neurotypiques, ou pathologiques présentant soit une AoS, soit une HD dans le cadre d'une PD, soit une dysarthrie MD-FlSp dans le cadre d'une ALS, suivant un raisonnement diagnostique. Cette étude cherchait à examiner la précision de leur diagnostic différentiel par des auditeurs orthophonistes dans une approche diagnostique ainsi qu'à déterminer les facteurs qui pouvaient l'influencer parmi la sévérité du MSD, l'expertise des auditeurs, et la tâche de parole. La précision globale a atteint une performance substantielle (72%) avec trois caractéristiques perceptives, spécifiques à chaque MSD,

utilisées en moyenne par les auditeurs. Les locuteurs pathologiques ont été mieux classés que les locuteurs neurotypiques, puis les locuteurs dysarthriques mieux que les locuteurs avec une AoS, et, enfin les locuteurs avec une HD mieux que ceux avec une MD-FlSp. Les résultats ont également mis en évidence des effets de sévérité du MSD (MSDs modérés-sévères > MSDs légers-très légers), du type de tâche de parole (parole continue : Spontané, Texte > Texte+DDK, DDK) et du niveau d'expertise (Orthophonistes > Etudiants).

- La deuxième étude (chapitre 3) s'est intéressée à l'apport de l'approche phonético-acoustique discrète par dimension de parole par rapport à l'approche perceptive globale, ce, à travers l'analyse des profils MonPaGe-2.0.s. des locuteurs de l'expérience de classification perceptive ayant reçu les taux de précision les plus bas (TPB) et les taux de classification les plus élévés (TPE). Il s'agissait d'analyser et de comparer les signes des locuteurs issus des deux groupes présentant le même MSD, et enfin de déterminer les apports diagnostiques de l'outil MonPaGe-2.0.s. Les deux groupes de locuteurs TPB et TPE différaient quant au degré de sévérité du MSD, plus sévère chez les TPE, confirmant l'effet retrouvé en classification perceptive. Le groupe TPB comportait aussi plus de locuteurs avec HD (6, dont 4 très légères). L'analyse des sous-groupes de MSDs a permis de caractériser la parole des locuteurs TPE et TPB en dessinant des profils spécifiques par sous-type de MSD. Ces profils s'appuient notamment sur les scores perceptifs discrets des dimensions 'articulation' et 'intelligibilité', sur les effets de tâches de parole DDK et les marqueurs acoustiques vocaux. Au total, le recours à l'outil MonPaGe-2.0.s a permis de poser le diagnostic de parole pathologique pour seulement un locuteur supplémentaire par rapport à la classification perceptive.

- La troisième étude (chapitre 4) s'est intéressée à l'approche cognitive à travers la demande attentionnelle et exécutive en condition de double tâche. Cette étude exploratoire cherchait à déterminer dans deux expériences s'il existait un effet bidirectionnel de double tâche sur le débit de parole de locuteurs neurotypiques en fonction de la nature et des propriétés des tâches de parole et non verbales (degré de demande attentionnelle et exécutive, type de tâche de parole, mode de présentation des stimuli). Des effets de double tâche ont été retrouvés pour le débit de parole en tâche de comptage, ralenti lors de la réalisation des tâches non verbales des deux modes (discret et continu), et non en répétition d'énoncé. Le traitement des tâches non verbales était également modifié lors de la parole, mais la direction de l'effet dépendait du type de tâche de parole et non verbale. Dans l'Expérience 1 (mode discret des tâches non verbales), un effet de double tâche négatif avec un allongement des temps de réaction des réponses correctes était relevé. Dans l'Expérience 2 (mode continu des tâches non verbales), un effet de double tâche positif avec une augmentation du nombre de stimuli correctement traités lors de la répétition d'énoncé (et non lors du comptage) était mis en évidence.

APPROCHES	PARTICIPANTS (N)	MESURES	RESULTATS	APPORTS (diagnostic, caractérisation, stratégies)
PERCEPTIVE **GLOBALE** (classification perceptive**)**	**Locuteurs : N = 59** **Neurotypiques** : **N = 29** **Pathologiques : N = 30** (AoS : N = 10 HD : N = 14 MD-FlSp : N = 6) **Auditeurs : N = 29** Orthophonistes : N = 20 Etudiants : N = 20	- taux de précision - analyse des erreurs - fiabilité inter-juges (ICC) - nb et type de traits perceptifs	- **Effet du type / sous-type de MSD** : - neurotypique > pathologique - dysarthrie > AoS - HD > MD-FlSp **- Effet du degré de sévérité du MSD** : - modéré-léger > léger-très léger **- Effet de l'expertise des auditeurs** : - orthophonistes > étudiants **- Effet de la tâche de parole** : - Spontané, Texte > Texte+DDK, DDK - Fiabilité inter-juges : bonne - Nb moyen de traits perceptifs : 3 - Analyses des erreurs de classification : - AoS → MD-FlSp - HD → Neurotypique - MD-FlSp → HD	- Taux de précision : substantiels > études antérieures - Efficacité du design reposant sur un raisonnement clinique pas à pas pour le diagnostic différentiel des MSDs → arbre décisionnel. - Diagnostic différentiel plus aisé pour : - les dysarthries légères-modérées - les tâches de parole continue - les orthophonistes experts
PHONETICO-ACOUSTIQUE **DISCRETE** **PAR DIMENSION DE PAROLE** (analyses et profils MonPaGe-2.0.s) - sous-scores de déviance	**Locuteurs du groupe TPB : N = 9** (6 HD, 2 AoS, 1 MD-FlSp) **Locuteurs du groupe TPE : N = 6** (2 HD, 2 AoS, 2 MD-FlSp)	- score total e-GeBAS - score total ASRS 1.0 - score perceptif BECD - score capacités motrice oro-faciale BECD - score total MMSE **MonPaGe-2-0.s :** - TotalDevScore - scores de déviance	**- Effet de sévérité** : TPB < TPE - Nb de locuteurs HD : TPB > TPE - 4 locuteurs HD très légers non diagnostiqués - 1 locuteur MD-FlSp très léger non diagnostiqué - Différence diagnostique entre perceptif global et phonético-acoustique : + 1 locuteur - Nb moyen de scores de déviance : 3 **Profils MonPaGe.2.0.s par type de MSD :** - **HD** : intelligibilité de la parole > voix (f0 : jitter et ET f0) **- MD-FlSp** : erreurs segmentales = voix (f0 : jitter et ET f0) > DDK (débit AMR CV, AMR CCV, SMR CV) **- AoS**: erreurs segmentales > DDK (débit différence SMR CV - AMR CV) > voix (CPPS).	- Pour ces locuteurs : diagnostic de MSDs : perceptif global ≈ phonético-acoustique (+1) - Caractérisation possible des signes des MSDs au moyen l'outil MonPaGe.2.0.s selon : - dimensions de parole / intelligibilité - tâches de parole : DDK –> contributives - paramètres acoustiques vocaux - Pose du diagnostic de MSDs très légers → sensibilité insuffisante de MonPaGe.2.0.s
COGNTIVE EXPLORATOIRE **CENTREE SUR** **LA DEMANDE ATTENTIONNELLE** **ET EXECUTIVE DE PAROLE** (conditions de double tâche)	**Locuteurs neurotypiques : N = 27**	**Parole :** - nb de syll./sec. **Tâches non verbales :** **Expérience 1 (mode discret)** - temps de réaction - taux de réponses correctes **Expérience 2 (mode continu)** - nb de stimuli correctement traités	**- Effets de double tâche fonction du mode de présentation des stimuli :** - tâches de parole : ralentissement en comptage **-** tâches non verbales : ralentissement des tâches discrètes et accélération des tâches continues **- Effets du degré de demande attentionnelle** - tâches GO-NOGO (2 modes), comptage : inhibition ++ **- Effets bidirectionnels** - comptage et tâches non verbales	- Mise en évidence d'une demande attentionnelle et exécutive de la production motrice de la parole chez des locuteurs neurotypiques → débit de parole : programmation / exécution motrice ? - Analyse bidirectionnelle des effets de double tâche → stratégies adoptées : - capacity sharing : comptage/tâches non verbales - magnet /energizing effects : récitation/GO-NOGO continu - DBT:prise en compte des propriétés des tâches

Note. TPB : groupe de locuteurs pathologiques ayant reçu les taux les plus bas à l'expérience de classification perceptive ; TPE : groupe de locuteurs pathologiques ayant reçu les taux les plus haut à l'expérience de classification perceptive.

Tableau 18 : *Résumé des principaux résultats et apports des trois études sur les approches d'évaluation perceptive globale, phonético-acoustique discrète par dimension de parole et cognitive exploratoire (demande attentionnelle et exécutive en double tâche).*

5.2. IMPLICATIONS THEORIQUES

5.2.1. Complémentarité des approches d'évaluation de la parole pour le diagnostic et la caractérisation des MSDs

Apports des approches perceptives globales et phonético-acoustique discrète selon les objectifs de l'évaluation

Cette thèse a montré à partir des résultats de ses deux premières études que les approches d'évaluation de parole : perceptive globale et phonético-acoustique discrète par dimension de parole étaient quasi-équivalentes pour une visée diagnostique des MSDs de formes légères à modérées. Le diagnostic était établi en moyenne sur 3 signes perceptifs dans l'approche perceptive globale et sur 3 scores de déviance au moyen de l'outil de screening MonPaGe-2.0.s (Fougeron et al., 2018 ; Laganaro et al., 2021 ; Pernon et al., 2020) pour les locuteurs étudiés (i.e., issus de l'étude de classification perceptive et inclus dans l'analyse phonético-acoustique au sein des groupes TPB et TPE).

Ainsi, ces deux approches se valent pour le diagnostic malgré les différences, largement décrites, entre les mesures acoustiques et les mesures perceptives (Ghio, 2007 ; Papakyritsis, 2021). Ces différences peuvent être en partie liées aux biais perceptifs évoqués précédemment (Kent et al., 1996, 1999), ou encore à des mouvements compensatoire mis en place par les locuteurs avec un MSD pour parvenir à atteindre la cible acoustique, rejoignant les principes de la théorie de la Variabilité Adaptative de Lindblom (Hypo- and Hyperspeech theory, 1990). Nos données vont toutefois davantage dans le sens de travaux poursuivis à l'heure actuelle pour valider la perception globale de certaines dimensions chez les locuteurs présentant un MSD. Par exemple, la dégradation de l'articulation chez des locuteurs avec MD-FlSp liée à une ALS à prédominance flasque, cotée par cinq juges, s'est montrée corrélée à des mesures acoustiques de débit articulatoire et à des mesures articulatoires instrumentales (EMA) de mouvements des mâchoires et des lèvres (Waito et al., 2021).

Pour la caractérisation des profils dysarthriques, l'approche phonético-acoustique discrète par dimension de parole vient compléter l'approche perceptive globale par une caractérisation plus détaillée, plus objective, à la fois quantifiée et qualitative de la parole des locuteurs présentant un MSD. Les marqueurs acoustiques vocaux et temporels, perceptifs discrets relatifs à l'articulation et à l'intelligibilité, ainsi que ceux en lien avec les tâches de parole DDK se sont révélés les plus sensibles pour caractériser la parole des locuteurs des groupes TPB et TPE.

Au vu de ces données, l'approche perceptive globale, immédiate et rapide, au moyen de tâches de parole continue (parole spontanée, lecture à voix haute), ayant reçu les taux de précision les plus élevés en classification perceptive, pourrait constituer la base d'une évaluation courte à visée diagnostique des locuteurs avec un MSD (durée réduite nécessaire en raison, par exemple, du temps imparti ou encore de l'état général du patient, etc). Cette approche perceptive globale pourrait sinon

dans un premier temps venir guider le clinicien, comme le mentionne Kent et al. (1999), le conduire à des hypothèses diagnostiques. Dans un second temps, il pourrait les infirmer et/ou les confirmer de manière objective au moyen d'autres approches, qui viendraient alors aussi fournir un profil plus détaillé pour la caractérisation du MSD.

Prise en compte de la sévérité du MSD

Le degré de sévérité demeure un enjeu majeur pour la détection du MSD, son diagnostic et sa caractérisation. Comme précédemment mentionné, les locuteurs avec un MSD de forme très légère n'ont été détectés ni par l'approche perceptive globale lors de la classification perceptive, ni au moyen des analyses acoustiques et perceptives de l'outil MonPaGe-2.0.s. Il s'agissait principalement de locuteurs avec une HD.

Ces locuteurs avec une HD très légère auraient-ils dû être finalement considérés comme neurotypiques ? Les résultats de l'étude de Stipancic et al. (2021) pourraient venir le confirmer, montrant que la sévérité perçue du MSD rejoignait celle objectivée par des mesures acoustiques de débit de parole ou d'intelligibilité de la parole en transcription phonétique chez des locuteurs avec MD-FlSp présentant une ALS. Cependant, l'apport d'autres marqueurs / analyses réalisés sur un corpus plus large, auraient peut-être permis de détecter, de diagnostiquer et de caractériser le MSD de nos locuteurs avec une HD très légère.

De nombreuses études sur les MSDs ont relevé un impact de leur degré de sévérité sur les paramètres acoustiques et perceptifs (par exemple : Kim et al.2011 ; Lévêque et al., 2022 ; Staiger et al., 2017a). Les signes des MSDs s'expriment ainsi différemment en fonction de la sévérité, comme observé au sein du chapitre 3 au travers des profils MonPaGe-2.0.s des locuteurs présentant un même MSD avec des sévérités légère, modérée ou sévère. Ces éléments viennent questionner la classification actuelle des MSDs, comme l'avaient interrogée Kim et al. (2011) pour les dysarthries. Ces derniers ont montré que la classification la plus fiable était celle relative à la sévérité de la parole, puis celle reposant sur l'étiologie / pathologie et enfin celle établie selon le sous-type de dysarthrie. Il pourrait être ainsi envisagé de spécifier pour un même MSD des signes déterminant des profils selon la sévérité (très léger, léger, modéré, sévère). La validité d'une telle proposition reste cependant discutable compte tenu de l'importante variabilité interindividuelle (et intraindividuelle) des présentations des locuteurs d'un même MSD et pour un même degré de sévérité. Nous pouvons donner pour exemple celle bien connue des locuteurs parkinsoniens avec HD, fonction, entre autres, de leur réponse aux traitements médicamenteux ou chirurgicaux (Cavallieri et al., 2021 ; Martel-Sauvageau et al., 2015 ; Pinto et al., 2005), ou encore des locuteurs présentant une dysarthrie hyperkinétique, dont la présentation varie selon la survenue des mouvements anormaux et des groupes musculaires touchés (Duffy, 2013 ; Cuartero et al., 2021).

A l'inverse des locuteurs présentant une HD, le diagnostic des formes plus sévères d'AoS s'est, quant à lui, révélé délicat probablement du fait de l'association fréquente d'une dysarthrie dont l'expression des signes serait alors plus difficile à distinguer de ceux de l'AoS à un stade plus sévère. Les locuteurs présentant une AoS dans le groupe TPB de l'étude exposée au chapitre 3 se sont ainsi révélés avoir un MSD plus sévère que ceux du groupe TPE. Quant aux locuteurs du groupe TPE avec une AoS, ils présentaient un profil pathognomonique pour les marqueurs du « Composite DDK » issus des analyses acoustiques réalisées avec MonPaGe-2.0.s. De fait, leurs performances étaient moindres en DDK SMRs qu'en DDK AMRs, caractéristiques des AoS et indiquant un coût plus important de planification syllabique, mesuré à travers le débit articulatoire (Duffy et al., 2013 ; Lancheros et al., 2022 ; Ziegler et al., 2019). Rappelons toutefois que nous n'avons pas examiné dans cette thèse les données MonPaGe-2.0.s de la totalité des locuteurs avec AoS de l'étude de classification perceptive, globalement incorrectement classés. Il est possible que le profil d'un certain nombre d'entre eux ait présenté également ce critère distinctif qui aurait aussi contribué à une meilleure précision diagnostique. Lancheros et al. (2022) sont venus confirmer ce dernier point. De fait, leur étude a été menée sur les mêmes locuteurs avec une AoS que ceux de notre étude de classification perceptive (Pernon et al., 2022). Les auteurs retrouvaient un ralentissement du débit articulatoire en DDK SMRs CV plus important qu'en DDK AMRs CV, ce, en moyenne pour l'ensemble des locuteurs présentant une AoS. Les données issues de cette approche acoustico-phonétique viendraient ainsi faciliter la pose du diagnostic des locuteurs avec une AoS légère-modérée, et potentiellement aussi avec une AoS de sévérité plus importante sans dysarthrie associée.

Le recours à une/d'autres approches d'évaluation aurait peut-être pu faciliter le diagnostic des HD très légères des locuteurs parkinsoniens, telle la modulation de la demande attentionnelle et exécutive de la parole en attention divisée telle que suggérée par Duffy (2013). Cette approche cognitive, exploratoire dans cette thèse, sera examiné à présent à travers l'examen de l'apport de l'évaluation de la demande attentionnelle et exécutive de la parole en condition de double tâche.

5.2.2. Contributions de l'évaluation de la demande attentionnelle et exécutive chez les locuteurs présentant un MSD

L'étude des effets de la demande attentionnelle et exécutive sur la production motrice de la parole à travers le paradigme de double tâche s'inscrit dans l'approche cognitive de l'évaluation de la parole.

Les résultats de l'étude présentée au chapitre 4 de cette thèse (Pernon et al., 2019) sont venus confirmer les hypothèses relatives à l'impact des propriétés des tâches de parole sur les performances et les stratégies adoptées en double tâche, observé chez les sujets de nos deux études antérieures,

comparant des locuteurs neurotypiques et dysarthriques (Pernon, 2013a ; Pernon et al., 2017). Il s'avère ainsi nécessaire de prendre en compte le degré de demande attentionnelle des tâches non verbales, du type de tâche de parole, tous deux modulés par le mode de présentation des stimuli (continu, discret) afin de pouvoir interpréter précisément les effets de double tâche. Nous discuterons plus loin des propriétés des tâches en les incluant dans une réflexion plus large que celle relative à la double tâche.

Nos études sur les effets de double tâche viennent par ailleurs indirectement interroger l'existence d'une modulation de la demande attentionnelle et exécutive aux différents niveaux de la production motrice de la parole, à savoir la planification, la programmation et l'exécution motrices selon le FL model de Van der Merwe (1997, 2021). Le niveau et/ou processus de production - contrôle moteur de parole impacté par l'interférence attentionnelle, par le recrutement de ressources attentionnelles, serait déterminé par les paramètres de parole concernés par les effets de double tâche.

Effets de double tâche sur la parole neurotypique et pathologique : indicateurs du recrutement de niveaux et processus de production motrice de la parole ?

L'approche cognitive, abordée sous l'angle de la demande attentionnelle et exécutive à travers un paradigme de double tâche, s'avère prometteuse pour l'évaluation de la production motrice de la parole des locuteurs avec un MSD au vu des effets de double tâche retrouvés chez eux et chez les locuteurs neurotypiques, évoqués chez ces derniers pour le paramètre de gestion temporelle dans l'Introduction générale de cette thèse.

Ils ont aussi été mis en évidence sur la parole de locuteurs présentant un MSD. Ils concernent alors majoritairement des paramètres de gestion temporelle de la parole et principalement des locuteurs avec une HD liée à une maladie de Parkinson. Les études montrent des différences d'effets entre les locuteurs dysarthriques et les locuteurs neurotypiques. Le sens de l'effet, comme nous l'avons montré dans l'étude présentée au sein du chapitre 4, varie ici aussi en fonction du type de tâche de parole et non verbale, allant de l'accélération au ralentissement pour le débit de parole.

Ainsi, concernant les locuteurs dysarthriques, un ralentissement en parole conversationnelle a été retrouvé lors de la réalisation d'une tâche visuo-motrice de tracking de cibles chez des locuteurs parkinsoniens présentant une HD (Ho et al., 2002). En tâche de comptage, ces mêmes sujets ont présenté une augmentation significative de la durée des pauses en double tâche. Chiuve Catalano et al. (2022) ont aussi mis en évidence un ralentissement du débit de parole en double tâche chez des locuteurs parkinsoniens stimulés lors de leur suivi de 12 mois. Feenaughty (2021), pour sa part, a relevé un allongement de la durée des énoncés (répétition de phrases) produits simultanément à une tâche cognitivo-linguistique (associations mentales d'un nom et d'un verbe) chez des locuteurs avec une

dysarthrie mixte liée à une sclérose en plaques. Quant Bunton et Keintz (2008), elles ont objectivé une accélération du débit de parole en double tâche chez des sujets parkinsoniens présentant une HD, ce, en lecture de phrases et en parole continue lors de la réalisation d'une tâche visuo-manuelle. Whitfield et al. (2019) n'ont, pour leur part, retrouvé aucune différence significative pour le débit articulatoire entre la condition isolée et la condition de double tâche (tâche manuelle) chez des locuteurs avec une HD atteints de maladie de Parkinson en lecture de texte et en parole continue semi-dirigée (réponses à des questions). Ils ont mis en évidence, en revanche, un effet de double tâche sur la durée des pauses, plus courtes en double tâche.

Relativement à ces paramètres temporels, il paraît difficile cependant de n'attribuer les effets de double tâche retrouvés qu'à la mise en jeu d'une interférence attentionnelle sur les niveaux et processus de production motrice de la parole, bien que certains auteurs, telle Van der Merwe (2021), ait modélisé la gestion temporelle de la parole / du contrôle du débit de parole aux niveaux de la programmation motrice de parole et/ou de son exécution motrice. Les paramètres temporels, de fluence de la parole, peuvent être également fortement influencés, par exemple, par l'état général et cognitivo-comportemental du locuteur, par son humeur, ou encore et surtout par son langage et ses déficits (troubles de l'accès lexical, perturbations syntaxiques, etc.).

Pour ce qui est des locuteurs présentant une AoS, des travaux supplémentaires seraient nécessaires. En effet, les rares études dont nous disposons montrent rarement des effets et des différences avec les locuteurs neurotypiques sur les paramètres étudiés. Harmon et al. (2018) n'ont pas retrouvé de différences sur des mesures de fluence de la parole (durée totale des échantillons de parole, nombre de disfluence de type répétition, débit de parole, durée des pauses) entre des locuteurs AoS avec aphasie associée et ceux sans aphasie associée. L'étude de l'interférence en double tâche sur les paramètres de temps de réaction et d'initiation de la parole de Southwood et Dagenais (2001) n'a pas permis non plus d'établir un effet spécifique de la double tâche sur la parole de locuteurs avec AoS. En revanche, dans cette même étude, le pattern d'erreurs, significativement augmentés chez les locuteurs avec AoS et les locuteurs neurotypiques, différait entre les deux groupes avec des allongements et des distorsions plus nombreux en double tâche chez les locuteurs avec AoS. Concernant les effets de double tâche à l'origine de distorsions et d'allongements chez ces locuteurs avec AoS (Southwood & Dagenais, 2001), ils vont dans le sens d'une perturbation du modèle inverse et du modèle de transmission interne activé au niveau de la planification motrice, telle que modélisée pour les processus potentiellement atteints des locuteurs AoS par Van der Merwe (2021), donnant lieu à ces signes. Nous ne pouvons cependant pas exclure une interférence attentionnelle qui toucherait (aussi) les niveaux de programmation et d'exécution motrices de la parole qui découlent du niveau de planification motrice et dont la perturbation peut être aussi à l'origine de ces erreurs/signes.

Comme illustré dans la dernière étude exposée, d'autres paramètres de parole, de nature segmentale, vocale, s'avèrent avoir été également étudiés pour la mesure des effets de double tâche. Ils pourraient constituer de potentiels marqueurs de cette demande attentionnelle et exécutive sur la production motrice de la parole (Esmaeili Bijarsari, 2021). Ils ont de nouveau été principalement examinés chez des locuteurs parkinsoniens avec une HD, dont les profils différaient de ceux des locuteurs neurotypiques appariés. Withfield et al. (2019) ont ainsi mis en évidence une variabilité plus importante de la f0 chez des locuteurs avec HD en condition de double tâche (tâche manuelle) et Ho et al. (2002) une réduction progressive de l'intensité vocale simultanément à une tâche visuo-spatiale. Pour ces modifications de paramètres vocaux en double tâche, l'interférence attentionnelle agirait au niveau de la programmation motrice, où sont précisés et contrôlés ces paramètres vocaux selon le FL model de Van der Merwe (2021). La demande attentionnelle et exécutive exercée en double tâche sur la parole viendrait alors majorer chez ces sujets parkinsoniens l'atteinte de la programmation motrice de la parole, déjà perturbée du fait de leur sous-type de dysarthrie (HD).

Enfin, au niveau segmental, Dromey et al. (2010) ont relevé une réduction de la pente et de la durée de f2 et de f1 mesurée sur une diphtongue lors de la réalisation d'une tâche motrice d'équilibre, également impactée par la double tâche (se tenir sur la pointe des pieds). Concernant ces effets de double tâche sur des paramètres segmentaux de coarticulation, il pourrait constituer des indicateurs d'un coût, d'une demande attentionnelle allant au-delà de la programmation motrice touchée de manière inhérente dans l'HD (FL model, Van der Merwe, 2021), à savoir, s'étendant à un autre niveau, celui de la planification motrice de parole.

Vers l'intégration de la double tâche dans l'évaluation de la parole

Le travail mené sur les effets de la double tâche sur la parole visait aussi à amorcer une réflexions sur le recours à la condition de double tâche en clinique (évaluation et prise en soins) chez les locuteurs présentant un MSD. De plus, les données, exposées plus haut, montrant des effets de double tâche et des différences d'effets entre locuteurs notamment dysarthriques et locuteurs neurotypiques, encourageraient à intégrer la double tâche dans l'évaluation de la parole pour mesurer l'impact de la demande attentionnelle et exécutive sur la parole.

Comme précédemment souligné, l'évaluation de cette interférence attentionnelle en double tâche dans le cadre d'une analyse bidirectionnelle de l'effet offrirait la possibilité d'appréhender les difficultés éprouvées en vie quotidienne par les locuteurs avec MSD. L'évaluation intègrerait ainsi un test plus proche des conditions écologiques de production motrice de la parole, souhait exprimé par les orthophonistes interrogés dans l'enquête de Pommée et al. (2021a). Il est à noter ici que la quasi-

totalité des études traitant de l'effet de double tâche sur la parole de locuteurs pathologiques n'intègrent généralement qu'un seul type de MSD. Des études comparatives des effets de double tâche sur la parole de locuteurs présentant différents types de MSDs seraient nécessaires afin d'examiner son pouvoir discriminant dans le cadre du diagnostic différentiel. Des effets de double tâche spécifiques à certains MSDs pour différents paramètres de parole pourraient constituer des signes distinctifs.

Des hypothèses pourraient aussi être réalisées sur les stratégies de répartition attentionnelle entre les tâches simultanément traitées, à partir des modèles et théories d'interférence attentionnelle en double tâche. Ces éléments permettraient par ailleurs d'orienter la prise en soin de la parole des locuteurs avec un MSDs. Nous avons ainsi pu faire l'hypothèse que les locuteurs neurotypiques avait partagé leur attention selon le Capacity sharing model (Kahneman, 1973) entre la tâche de comptage au débit de parole ralenti et les tâches visuo-spatiales informatisées et grapho-motrices, dont les performances étaient moindres qu'en condition isolée.

Ces éléments fourniraient aussi des pistes pour la prise en soins comme proposé pour les locuteurs avec un bégaiement neurodéveloppemental via un logiciel d'entraînement par Metten et al. (2011) introduisant de la complexité à la thérapie via l'interférence attentionnelle. Selon leurs performances en double tâche, Les locuteurs pourraient aussi être exercés à traiter prioritairement deux tâches à la fois. Duffy (2013) recommandait d'entraîner cette condition (désignée sous le terme d'attention divisée) chez les locuteurs présentant un MSD pour augmenter la difficulté de tâches de parole (p. 448):

> Although never formally assessed for efficacy, divided attention tasks may be useful for midly impaired patients in order to assess and challenge the degree to which speech programming is approaching an automatic stage of learning. For example, how well can a patient maintain a normal phrase rate when asked to recall a picture, letter, or color presented before or during their production? Such tasks might also serve as a final step before moving to another level of response difficulty in treatment. For example, when a patient can produce multisyllabic words accurately, he or she might then be required to produce them in the context of a divided attention task, being allowed to move to the phrase level of production only when he or she can maintain acceptable accuracy of multisyllabic words during the divided attention task.

Il semble toutefois nécessaire de garder à l'esprit que l'interprétation et l'entraînement de l'interférence attentionnelle en double tâche s'avèrent compliqués par l'existence, fréquente, de troubles cognitifs associés d'ordre attentionnel et exécutif chez les locuteurs présentant un MSD. Cela vient poser la question de la généralisation des résultats obtenus sur des sujets neurotypiques (Fournet et al., 2021). Les suggestions émises par Duffy, cités ci-dessus, n'intègrent pas ni cet aspect, ni les

propriétés des tâches testés dans notre étude (chapitre 4) qu'il s'avère nécessaire de prendre en compte au vu de leurs effets, à savoir le type de tâche de parole, le degré de demande attentionnelle et exécutive de la tâche non verbale et le mode de présentation des stimuli. Garcia et al. (2021), dans leur étude sur des locuteurs parkinsoniens dysarthriques, ont davantage abordé les liens entre leurs profils cognitifs et l'expression de leurs troubles dysarthriques selon la demande cognitivo-motrice des tâches de parole (narration, lecture), aspect qui sera traité dans la section suivante.

5.2.3. Spécification des propriétés des tâches de parole : prise en compte de la demande cognitivo-motrice

Approche cognitive de l'évaluation des MSDs centrée sur la demande cognitivo-motrice des tâches de parole

Au travers des études de cette thèse, nous avons traité des tâches de parole de manière transversale au sein des différentes approches. Elles occupent une place centrale au vu des effets observés. Ainsi, il a été montré que les tâches de parole continue : lecture de texte à voix haute et parole spontanée, facilitaient le diagnostic des MSDs lors d'une approche perceptive globale, que les analyses acoustiques menées sur les DDK dans l'approche acoustique permettait de retrouver un critère distinctif, un signe pathognomonique chez les AoS correctement classés (sans pouvoir pour autant généraliser ce résultat compte tenu de la taille de notre échantillon de locuteurs AoS du groupe TPE). Enfin, dans l'étude de la demande attentionnelle et exécutive de parole, dans le cadre d'une approche cognitive exploratoire, les propriétés des tâches de parole (degré de demande attentionnelle, type de tâche de parole : degré d'automaticité, mode de présentation des stimuli) faisaient spécifiquement l'objet des questions de recherche posées afin de mieux saisir les paramètres à l'origine des effets de double tâche. Le mode de présentation des stimuli s'est révélé avoir un impact majeur. De plus, dans cette dernière étude, les propriétés des tâches de parole étaient d'autant plus centrales que la demande attentionnelle et exécutive mise en jeu en double tâche appartient à la catégorie : conditions de production de la parole des paramètres de la demande cognitivo-motrice des tâches de parole, comme décrit dans l'Introduction générale.

Ainsi, nous pourrions plus largement considérer que l'approche cognitive de l'évaluation de la parole s'effectue principalement à travers les propriétés des tâches de parole relatives à leur demande cognitivo-motrice.

Paramètres modulant la demande cognitivo-motrice lors de la production la parole

Les paramètres de demande cognitivo-motrice des tâches parole, tels que proposés dans l'Introduction de cette thèse, sont issus d'une synthèse de nos lectures. Ils prenaient notamment appui

sur les facteurs contextuels de Van der Merwe (1997), qui viennent moduler la production et le contrôle moteurs de parole. Pour rappel, nous les avons regroupés selon les catégories : type (mode d'initiation, degré d'automaticité /d'élaboration psycholinguistique, degré de familiarité, mode de présentation des stimuli), corpus / stimuli donnant lieu à différents degrés de complexité articulatoire (mise en jeu de variables phonétiques et psycholinguistiques : nombre d'articulateurs en jeu, fréquence syllabique, longueur des mots et des énoncés, structure syllabique) et conditions de production (production et contrôle de paramètres de parole, de styles de parole, demande attentionnelle et exécutive, modalité d'entrée).

Ces paramètres interviendraient avec une demande plus ou moins importante (+ ou -) sur le continuum planification-programmation-exécution motrices de parole. Ils rendent ainsi certains items, corpus, tâches de parole de l'évaluation, plus ou moins aisés à contrôler et/ou à produire que d'autres pour les locuteurs présentant un MSD ainsi que pour les locuteurs neurotypiques (Van der Merwe, 1997). Les effets observés sur la base de ces facteurs contextuels pourrait permettre de différencier les MSDs, comme suggéré par Van der Merwe (1997). Le FL model de Van der Merwe (2021) introduit ainsi que la planification motrice de la parole requiert une demande cognitivo-motrice plus importante, donnant lieu à des effets de ses paramètres plus marqués chez les locuteurs présentant une AoS, tel l'effet lié aux syllabes différentes des séquences des DDK SMRs plus altérées que les DDK AMRs chez les locuteurs avec une AoS. Nous pouvons également mentionner la participation, entre autres, du degré de familiarité dans l'expérience de double tâche (chapitre 4) où les effets d'interférence attentionnelle étaient moins marqués pour la tâche de parole « répétition d'énoncé », sans doute du fait de ses nombreuses itérations par les locuteurs neurotypiques lors des conditions isolées et de double tâche, par rapport à la tâche de parole « comptage ».

Le contrôle de ces paramètres de demande cognitivo-motrice joue aussi un rôle notable dans l'efficacité de la prise en soins des patients avec un MSD. Par exemple, ces paramètres, comme la complexité syllabique, la longueur des mots, la condition de production (débit de parole accéléré), sont pris en compte lors de la constitution du corpus individualisé selon la thérapie/méthode Speech Motor Learning (SML) axée sur l'entraînement de l'articulation et destinée aux locuteurs présentant une AoS (Van der Merwe, 2011 ; Van der Merwe & Steyn, 2018).

Analyse combinée de la demande cognitivo-motrice des tâches de parole et des dimensions de parole

Les propriétés des tâches de parole sont classiquement abordées sous l'angle des dimensions de parole qui reflètent en grande partie les systèmes physiologiques en jeu lors de la production motrice de la parole, comme proposé par les analyses de la version actuelle de MonPaGe-2.0.s traitées dans l'approche phonético-acoustique discrète au sein du chapitre 3. Nous avons vu par ailleurs que les

paramètres de la demande cognitivo-motrice des tâches de parole pouvaient constituer des indicateurs pour la caractérisation et le diagnostic des MSDs.

Ces deux aspects des propriétés des tâches de parole interagiraient ainsi et leur analyse combinée, une lecture selon ces deux axes pourrait être intégrée à l'évaluation de la parole comme illustré dans la **figure 23.** Par exemple, les dimensions de parole concernées par les effets de paramètres de demande cognitivo-motrice de parole pourraient être précisées tout comme le degré / sens de cette demande (+ ou -). La prise en compte de ces propriétés pourraient s'effectuer à la fois à travers les approches perceptive globale et phonético-acoustique discrète (ou encore motrice-articulatoire, non traitée dans cette thèse).

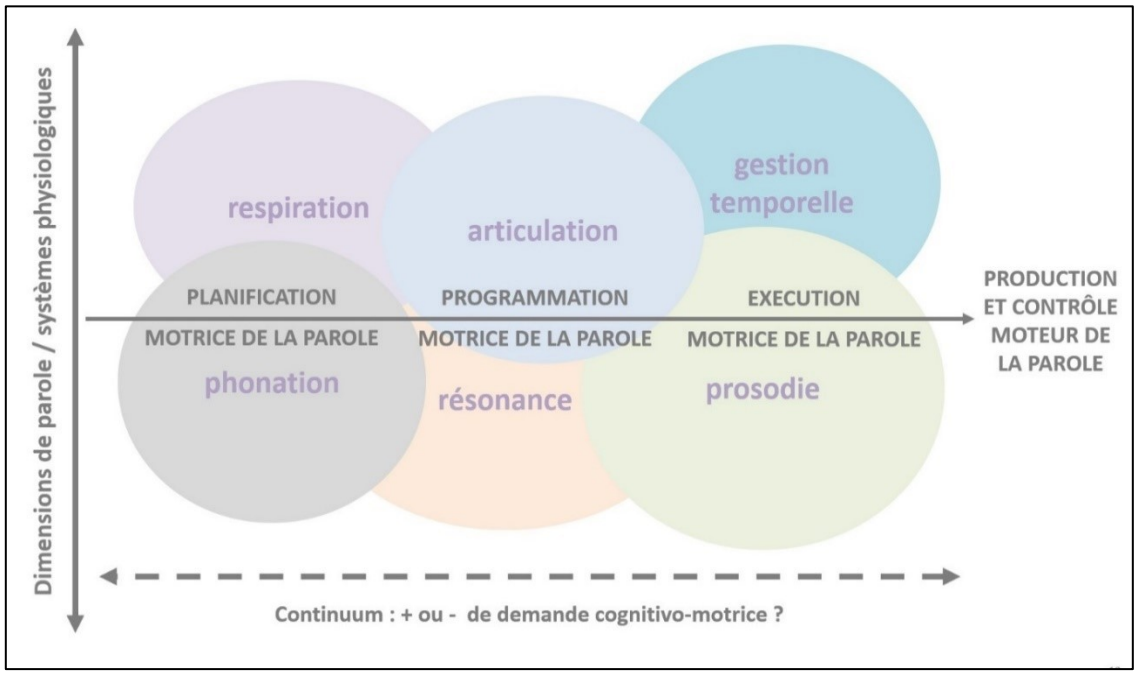


Figure 23 : *Propriétés des tâches de parole : dimensions de parole en fonction de la demande cognitivo-motrice de parole.*

5. 3. IMPLICATIONS CLINIQUES ET DIDACTIQUES

5.3.1. Structuration de l'évaluation de la parole selon les approches et les propriétés des tâches de parole

A partir de la réflexion menée sur les apports des différentes approches d'évaluation, complémentaires, et sur les tâches de parole et leur corpus définis en fonction de leurs propriétés (dimensions de parole en jeu, demande cognitivo-motrice), nous proposons dans cette section une synthèse méthodologique. Elle vise à structurer l'évaluation de la parole des locuteurs présentant un/des MSD(s). Elle est schématisée dans la **figure 24.**

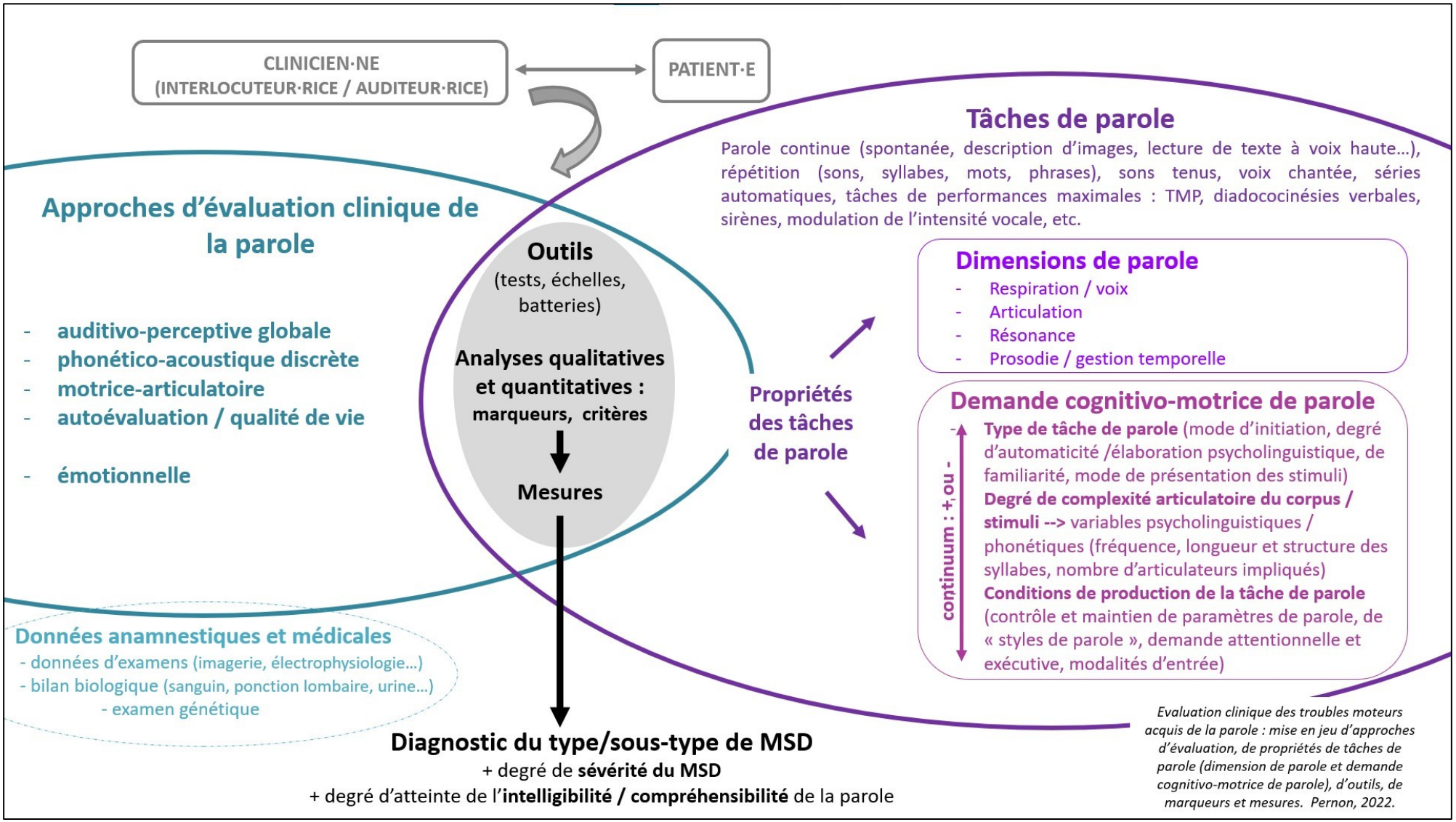


Figure 24 *: Evaluation clinique des troubles moteurs de la parole : mise en jeu d'approches d'évaluation, de propriétés des tâches de parole (dimension de parole et demande cognitivo-motrice de parole), d'outils, de marqueurs et mesures.*

A partir des données issues de l'anamnèse, l'évaluation s'adaptera au patient, à la sévérité de son MSD, à sa plainte et ses besoins, à son état général et à ses troubles associés, ainsi qu'aux objectifs de l'évaluation de la parole (diagnostic, suivi, screening, etc.). Les conditions et le temps dont disposera le clinicien seront aussi déterminants dans les choix opérés. Le clinicien pourra, dans certains cas, disposer de données génétiques, de neuroimagerie (IRM cérébrale par exemple), de relevés de biomarqueurs, des résultats d'explorations neurophysiologiques (comme les données d'EMG : électromyographie), précisant les régions et/ou les réseaux cérébraux touché, le diagnostic et l'évolution potentielle du MSD.

Plusieurs approches sont disponibles pour le clinicien : auditivo-perceptive globale, phonético-acoustique discrète par dimension de parole, motrice-articulatoire, centrée sur l'autoévaluation et la qualité de vie – plainte, émotionnelle (actuellement moins développée dans le cadre des troubles moteurs acquis de la parole), qu'il pourra combiner en fonction des outils disponibles.

Le thérapeute fera appel à différentes tâches de parole, dont le corpus, les stimuli pourront être contrôlés. Ces tâches de parole se caractérisent par les propriétés relatives aux dimensions de parole en jeu (respiration, voix, articulation, résonance, prosodie / gestion temporelle) et à leur demande cognitivo-motrice de parole dont les effets, la participation pourrait être précisée lors de l'analyse des résultats selon un continuum : + ou – des paramètres. Rappelons qu'une réorganisation des approches d'évaluation est ici opérée du fait de l'intégration transversale des tâches de parole et de leurs propriétés à chacune des approches. La prise en compte, l'examen de la demande cognitivo-motrice des tâches de parole constituerait l'approche cognitive en tant que telle.

A partir de cette évaluation et des enregistrements effectués (audios, vidéos), le clinicien effectuera des analyses à la fois qualitatives et quantitatives. Elles permettent de collecter des mesures issues des marqueurs et des critères retenus par les tests, échelles ou batteries administrés, non validés pour certains (Allison et al., 2020).

Enfin, le clinicien posera le diagnostic du /des MSD(s) aidé.e des données anamnestiques et médicales (d'imagerie, biologiques, génétiques, etc.) et définira les degré de sévérité du/des MSD(s) et le degré d'atteinte de l'intelligibilité / compréhensibilité de la parole.

Au vu des résultats de l'expérience de classification perceptive (chapitre 2) (Pernon et al., 2022) et des données relatives aux profils MonPaGe issues des analyses acoustico-phonétiques discrètes (chapitre 3), dans l'idéal, il serait pertinent de pouvoir disposer d'éléments issus de chaque approche, de mesures d'intelligibilité, d'enregistrements de tâches de parole continue (parole spontanée, lecture, narration, ou description d'images) et d'autres tâches de parole faisant intervenir spécifiquement certaines dimensions de parole et différentes demandes cognitivo-motrices (diadococinésies par exemple).

5.3.2. Raisonnement clinique guidé pour le diagnostic différentiel de MSDs

Processus dynamique du diagnostic différentiel

À l'issue du bilan, la pose du diagnostic de MSD, déterminant pour l'orientation de la prise en soin du patient évalué et/ou, dans certains cas, pour son diagnostic médical, s'avère parfois peu aisée lorsque les données de neuroimagerie ne sont pas disponibles ou encore lorsque plusieurs MSDs sont associés (dysarthries mixtes, ou encore association fréquente d'une dysarthrie (et/ou d'une aphasie au niveau langagier) à l'AoS (Duffy, 2013)). De plus, les différents sous-types de dysarthries partagent des signes perceptifs, ce qui ne facilite pas leur distinction. Certains de leurs signes sont également similaires à ceux des apraxies de la parole, tels, par exemple, les distorsions de sons ou encore la syllabation, le ralentissement du débit de parole (Allison et al., 2020 ; Duffy, 2019 ; Molloy & Jagoe, 2019).

Le clinicien est engagé alors dans un raisonnement relatif au diagnostic différentiel en recherchant des signes (de différentes natures : perceptifs, acoustiques, sensori-moteurs, relatifs à des variables psycholinguistiques / phonétiques, à des tâches de parole) qui appartiennent spécifiquement à un sous-type de MSD ou qui diffèrent dans leur expression entre un type ou un sous-type de MSD par rapport à un autre, comme illustré dans la **figure 25**. Le clinicien, dans sa démarche, exclut alors les autres diagnostics susceptibles d'être posés à partir des données disponibles. Le diagnostic différentiel ne peut donc s'appuyer sur des signes pouvant être partagés entre MSDs.

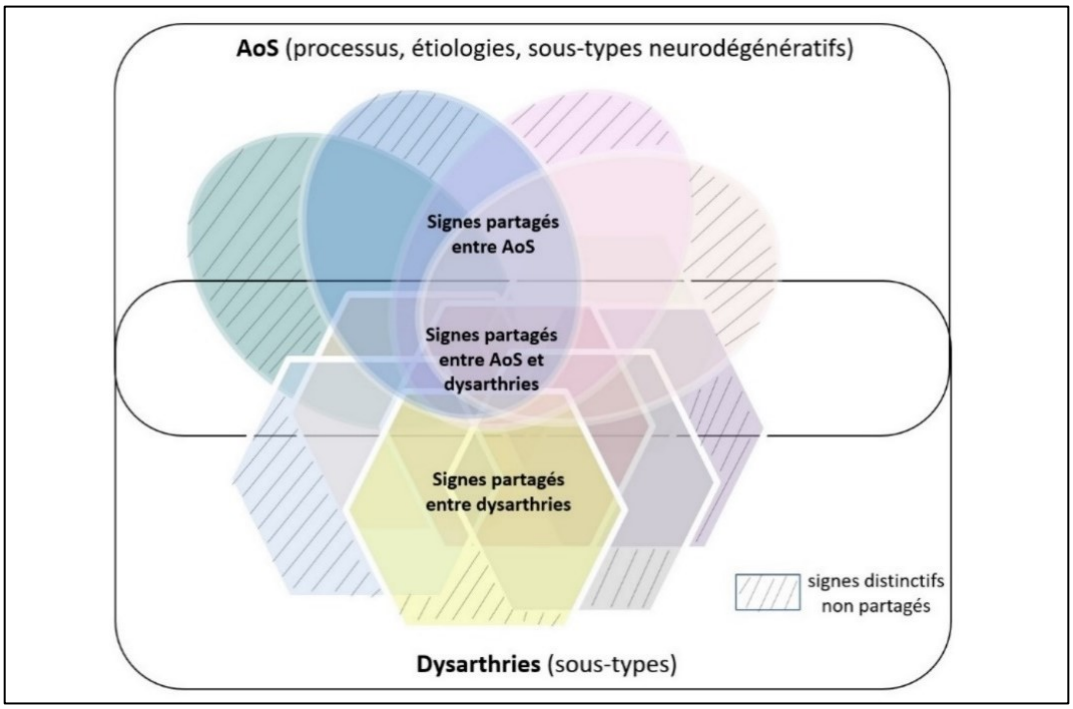


***Figure 25** : Signes distinctifs entre les MSDs pour le diagnostic différentiel.*

Insuffisance des données comparatives entre MSDs pour le diagnostic différentiel

Pour les Aos, nous avons vu que les signes pour leur caractérisation correspondent majoritairement aux critères du diagnostic différentiel. Les AoS ont, de fait, été étudiées puis définies notamment en comparaison avec les

déficits aphasiques phonologiques / post-lexicaux et dans une moindre mesure avec les dysarthries (voir chapitre 1, section 1.1.3.) (Duffy, 2013). Les signes du diagnostic différentiel restent cependant à préciser. Les études comparatives entre MSDs sont de fait peu nombreuses à ce jour comme observé dans l'Introduction générale de cette thèse (voir chapitre 1, section 1.1.3.). Un consensus sur les signes principaux des AoS permettrait également de faciliter le diagnostic différentiel des MSDs.

Lors de la constitution de la classification des dysarthries établie sur des critères perceptifs, Darley et al. (1969a, 1969b) avaient abordé indirectement la notion de diagnostic différentiel en soulignant les signes qui n'étaient présents que dans certains types de dysarthries (par exemple, les accélérations paroxystiques dans les dysarthries hypokinétiques), ou les regroupements de clusters de signes perceptifs propres à chacune d'entre elles. Ces derniers se révèlent toutefois insuffisants dans la mesure où l'ensemble des signes rapportés pour les dysarthries ne sont pas systématiquement présents. Un couplage de signes issus de différentes approches (acoustiques, perceptifs, moteurs, articulatoires, etc.) pourrait être envisagé pour les différencier, basé sur des études comparatives entre MSDs. Dans ce sens, Clark et al. (2021) ont objectivé des différences de force de la langue, des joues et des lèvres dans différents sous-types de dysarthries : flasque, spastique, MD-FlSp, ataxique, et hypokinétique, avec une faiblesse retrouvée dans les dysarthries spastiques et flasques. Kent & Kent (2000) ont, pour leur part, proposé des critères de diagnostic différentiel perceptifs et acoustiques basés sur les performances obtenues à trois tâches de parole de parole : TMP sur le [a] tenu, DDK AMRs et conversation pour trois sous-types dysarthriques (ataxique, MD-FlSp, hypokinétique), donnant lieu à des profils différents.

Proposition d'un arbre décisionnel pour le diagnostic différentiel des MSDs

Les résultats de l'expérience de classification perceptive des MSDs exposée au chapitre 2 (Pernon et al., 2022) ont montré que le recours à un raisonnement diagnostique clinique pas à pas, sous la forme de questions dichotomiques successives, était encourageant, facilitateur pour le diagnostic différentiel des MSDs lors de leur classification auditivo-perceptive. Ce design a probablement influencé la précision des diagnostics, dont les taux étaient plus élevés que dans les travaux antérieurs de classification qui ne reposaient pas sur les mêmes types de designs (classification libre : Zyski and Weisiger, 1987 ; liste fermée comportant plusieurs choix de réponses : Bunton et al., 2007 ; Clopper, 2008 ; Lansford et al., 2014; Lansford et al., 2016 ; Van der Graaff et al., 2009 ; Zyski & Weisiger, 1987).

Le design de notre expérience était adapté à des questionnements successifs pour le diagnostic différentiel des MSDs, établis par Duffy (2013).

Malgré les manques théoriques évoqués dans la section précédente, nous avons adapté et complété ces questions successives et les avons représentées au sein d'un arbre décisionnel dans la **figure 26**. A travers ses étapes, il permettrait de guider méthodiquement le raisonnement clinique par étape en éliminant initialement la parole neurotypique et les troubles de la communication verbales liés à d'autres étiologies neurologiques et non neurologiques.

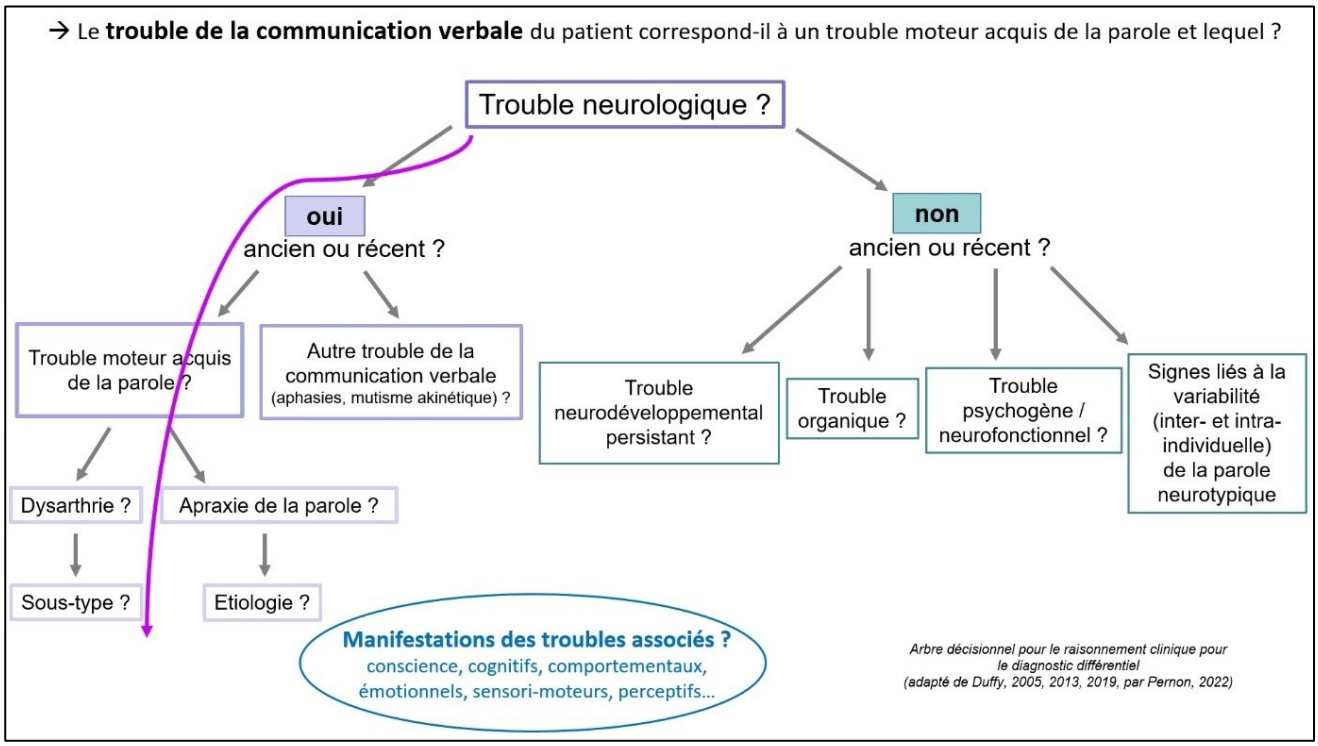


***Figure 26** : Arbre décisionnel pour le diagnostic différentiel des MSDs (adapté de Duffy, 2013).*

Ainsi, face à un trouble de la communication verbale, avant de s'engager sur la piste d'un diagnostic de MSD, le clinicien devra se demander s'il est bien face à un trouble de nature neurologique et exclure :

- les signes relatifs à la variabilité inter- et intra-individuelle de la parole neurotypique relative à la parole neurotypique, en rapport avec les effets de facteurs tels que l'âge (Eichhorn et al., 2018 ; Fougeron et al., 2021 ; Ramig et al., 2001), l'hydratation, la fatigue, la consommation d'alcool et de tabac, la prise de traitements médicamenteux (Gilbert & Weismer, 1974 ; Nemr et al., 2019) ;
- un trouble organique (par exemple, fente palatine) (Bressmann, 2021) ;
- un déficit développemental persistant ou potentiellement décompensé (tels les troubles de la fluence de la parole neurodéveloppementaux : bégaiement, bredouillement (Logan, 2020 ; Tetnowski et al, 2019), les séquelles de troubles du développement des sons de la parole, dyspraxie verbale, etc. (Cassar et al., 2022 ; Wren et al., 2016)) ;
- un trouble psychogène / neurologique fonctionnel (encore appelé : somatoforme, acquis non organique) concernant la voix et la parole (Duffy, 2016b ; Tezcaner et al., 2019 ; Utianski & Duffy, 2022) ;
- les manifestations de troubles associés (langagiers, cognitifs, perceptifs, sensoriels…) et de troubles neuropsychiatriques (troubles comportementaux et émotionnels) se répercutant sur les différentes dimensions de parole (Code et al., 2013 ; Feenaughty et al., 2018 ; Mackenzie & Green, 2009 ; Scheffel et al., 2021 ; Silveri, 2021).

Une fois déterminée la nature neurologique du trouble sur la base des données médicales, biologiques, d'imageries ou d'explorations neurophysiologiques, de l'examen neurologique clinique et plus largement sensitivo-moteur, le clinicien interrogera le niveau de l'atteinte du trouble neurologique de la communication

verbale. S'il est lié à un déficit de la production motrice de la parole et non à un déficit des niveaux langagiers (aphasie) ou encore de l'incitation verbale (mutisme akinétique), son diagnostic pourra s'orienter vers un MSD. Ensuite, une fois le MSD repéré, il sera question de définir son type : AoS ou dysarthrie. Enfin, le sous-type sera précisé selon l'étiologie pour les AoS (vasculaire ou neurodégénérative : prosodique, phonétique ou mixte) (Duffy, 2020 ; Duffy & Josephs, 2012 ; Josephs et al., 2013 ; Utianski et al., 2018) et selon le système neurophysiologique atteint pour les dysarthries (Darley et al., 1969a, b, 1975 ; Auzou, 2007 ; Duffy, 2005 ; 2013). Le raisonnement pourra pour certains locuteurs s'avérer difficile du fait de l'association fréquente d'un autre MSD.

Nous n'avons pas abordé ici la question du diagnostic différentiel entre l'AoS et les troubles aphasiques phonologiques / post-lexicaux, ne faisant pas l'objet de cette thèse. Elle s'avère également délicate en clinique, pour des troubles fréquemment associés, dans 65% des cas selon les données de la cohorte des locuteurs avec MSD de la Mayo Clinic (Duffy, 2013) et donnant lieu à des tableaux de troubles mixtes (Laganaro, 2012 ; Perret et al., 2014). L'hypothèse du continuum entre les erreurs phonémiques présentes dans les déficits phonologiques des aphasies non fluente et les erreurs phonétiques des AoS évoqué par Laganaro (2015), Cunningham et al. (2016) et Harley et al. (2017), à l'origine d'erreurs mixtes, pourrait aussi être envisagée pour les distorsions de sons, les allongements, le ralentissement des AoS et ceux retrouvés dans certains sous-types de dysarthries, dont il peut s'avérer parfois difficile de faire la part.

5.3.3. Entraînement perceptif à l'écoute de la parole pathologique et neurotypique :

Le raisonnement clinique guidé par un arbre décisionnel ne s'avère cependant pas suffisant pour la facilitation du diagnostic différentiel au vu des taux de précision obtenus dans l'étude de classification perceptive (chapitre 2) à la fois pour les locuteurs neurotypiques, pour ceux présentant une MD-FlSp et ceux avec une AoS (Pernon et al., 2022). Cette même étude est venue montrer que l'expertise des auditeurs/juges orthophonistes permettait d'améliorer la précision du diagnostic des MSDs. Leur performance pourrait s'expliquer par le développement d'une capacité de reconnaissance de patterns perceptifs globaux / holistiques des MSDs, sans reposer sur un listing précis de signes distinctifs. Le développement de cette compétence permettrait de poser directement le diagnostic et de caractériser le MSD (Duffy, 2013). Ceci, toutefois, semble être le fruit d'un apprentissage perceptif (Goldstone, 1998 ; McClelland et al., 2006 ; Norris et al., 2003) lié à l'exposition fréquente et/ou intensive à des locuteurs présentant un/des MSDs. Ainsi, un entraînement perceptif spécifique portant sur l'écoute (corpus audio) et/ou le visionnage (corpus vidéo) de locuteurs avec MSDs serait aussi susceptible d'améliorer la pose du diagnostic dans le cadre de l'approche perceptive globale de la parole.

Une réflexion d'ordre didactique portant sur les méthodes d'entraînement, le type d'apprentissage perceptif pourrait être amorcée, s'appuyant et adaptant par exemple celles du domaine du Français Langue Etrangère (FLE). Plusieurs auteurs (Borrie et al., 2012a, 2012b, 2013 ; Hustad & Cahill, 2003 ; Liss et al., 2002 ; Olmstead et

al., 2022) ont tenté dans le cadre de leurs travaux de définir les paramètres qui pouvaient influencer cet apprentissage perceptif de la parole des locuteurs présentant un MSD. Ces paramètres pourraient alors être prises en compte lors de l'entraînement, tels :

- le échantillons de parole : nombre, durée, ordre ;

→ **concernant les locuteurs** : nombre de locuteurs différents, profil prototypique ou non ; parole neurotypique (choix d'échantillons où se manifesterait la variabilité intra- et interindividuelle liée à l'âge, la fatigue, la consommation de tabac, etc.) ; parole pathologique et sa variabilité intra- et interindividuelle : nombre de types / sous-types de MSDs, par étiologie, par pathologie, sévérité du MSD ;

→ **concernant la/les tâche(s) de parole** : propriétés des tâches de parole (dimension de parole et demande cognitivo-motrice) ;

- la méthode et le support d'apprentissage perceptif : familiarisation passive ou explicite (connaissance ou non du type de MSD, corpus transcrits ou non) (Borrie et al., 2012b) ; caractérisation libre des échantillons de parole, grille ou listes définies / fermées de critères perceptifs, organisés par dimension de parole ou non, avec parallèlement la demande du repérage des unités lexicales ou encore d'une transcription phonétique large ou étroite et/ou prosodique ; types de feedbacks apportés aux apprenants avec réécoute ou non du corpus ;

- le mode d'exposition : nombre d'écoutes par échantillon ; nombre, durée et fréquence des séances d'écoute ; durée totale de l'entraînement et son étalement dans le temps.

Ainsi, le choix de l'échantillon de parole ferait l'objet d'une attention particulière : un focus pourrait être effectué au préalable uniquement sur des tableaux de locuteurs neurotypiques. Dans un second temps, l'entraînement à l'écoute pourra se focaliser sur des locuteurs pathologiques à partir de profils prototypiques de MSDs, dont l'apprentissage perceptif serait plus aisé (dysarthrie hypokinétique par exemple) (Borrie et al., 2012), puis plus atypiques. Le degré de sévérité de ces locuteurs MSDs pourra être modulé, ce qui, nous l'avons vu, vient modifier les profils de parole. L'entraînement pourrait passer par la détection de signes perceptifs spécifiques d'un MSD en orientant chaque écoute sur une dimension de parole.

Les questions du maintien, de la généralisation (à d'autres locuteurs présentant les MSDs entraînés et non entraînés, à d'autres locuteurs neurotypiques, à d'autres corpus de parole), de l'acquisition d'une représentation interne de la parole neurotypique et pathologique, du transfert à d'autres degrés de sévérité de MSDs, ne sont pas sans se poser. L'étude de Borrie et al. (2012b) a montré que la familiarisation explicite permettait une amélioration des scores d'intelligibilité chez les auditeurs de locuteurs présentant une dysarthrie hypokinétique lorsqu'il leur était demandé de porter leur attention sur les indices de parole les plus porteurs d'informations. Un transfert de ces capacités à d'autres unités lexicales non entraînées a été mis en évidence pour la parole dysarthrique (Borrie et al., 2012b, 2013). Le transfert à d'autres locuteurs s'est révélé plus variable pour la parole neurotypique (Eisner & McQueen, 2005 ; Kraljic & Samuel, 2006).

5.3.4. Propositions pour des développements ultérieurs de MonPaGe-2.0.s :

La précédente section relative à l'apprentissage et l'entraînement perceptif était centrée sur l'approche perceptive globale de l'évaluation de la parole des locuteurs présentant un MSD. Cette partie se focalise, quant à elle, sur les approches phonético-acoustiques discrètes et cognitives de l'évaluation de la parole des locuteurs avec un/des MSD(s) à travers des propositions pour les développements ultérieurs de l'outil MonPaGe-2.0.s (Fougeron et al., 2016 ; Fougeron, Delvaux, Ménard, & Laganaro, 2018 ; Pernon et al., 2020 ; Laganaro et al., 2021), tout en gardant à l'esprit qu'un outil d'évaluation ne peut bien sûr pas prétendre à l'exhaustivité. Ces potentielles évolutions ont été amorcées dans la discussion du chapitre 3. De fait, cette thèse repose en grande partie sur des analyses issues des enregistrements de parole du protocole MonPaGe-2.0.s, à savoir celles de l'étude sur l'approche phonético-acoustique discrète de l'évaluation de la parole, exposées au chapitre 3, ainsi que celles des échantillons de parole de l'étude de classification perceptive globale du chapitre 2 issus des modules : parole spontanée, lecture de texte à voix haute et diadococinésies verbales. L'ensemble de nos analyses et résultats nous ont permis d'appréhender les possibilités offertes par cet outil dans l'évaluation de la parole des locuteurs présentant un MSD, tout comme ses limites et biais.

Ainsi, pour les futures versions de MonPaGe 2.0.s, pourraient être envisagés :

- la poursuite de sa validation à la fois sur d'autres sous-types / étiologies de MSDs sur de plus larges corpus de parole ; sur des seuils précis de sévérité à travers le TotalDevScore et les sous-scores de déviance, établis, au vu de l'hétérogénéité liée à la sévérité, par type et par sous-type de MSD ; en longitudinal sur des mesures répétées, pour les évaluations successives lors du suivi des patients ;

- **l'obtention d'une plus grande sensibilité pour les formes très légères de MSDs**, telles les dysarthries hypokinétiques très légères des locuteurs TPB non détectées, présentées au chapitre 3. Pour ce faire, il serait sans doute nécessaire de s'appuyer sur des corpus plus larges mettant en évidence des signes acoustiques pouvant apparaître de manière intermittente. Ces corpus pourront probablement être plus rapidement analysés à terme grâce aux progrès attendus en reconnaissance automatique de la parole. La prise en compte d'autres dimensions de parole pourrait aussi favoriser la détection de ces formes légères, voire très légères de MSDs.

- **une exploitation plus importante des propriétés des tâches de parole** dont découleront de nouveaux marqueurs ainsi que d'éventuels nouveaux modules.

Il s'agira notamment des paramètres relatifs à la demande cognitivo-motrice des tâches de parole manipulées dans MonPaGe-2.0.s, en complément de l'analyse déjà proposée en fonction des dimensions de parole. Le protocole MonPaGe-2.0.s a intégré, dès sa construction/conception (validité de construit), des facteurs contextuels (Van der Merwe, 2021), qui viennent moduler la demande cognitivo-motrice sur le continuum de planification-programmation-exécution motrice du contrôle moteur de la parole. Leurs données ne sont pas exploitées pour le moment. Nous pouvons mentionner la prise en compte du /des :

- **mode d'initiation** de la parole (tâches de parole spontanée /semi-dirigée pour les modules Spontané et Description versus tâches de parole dirigées pour les modules Phrases, PseudoMots, PneumoPhonatoire, Texte) ;

- **degré d'automaticité / d'élaboration psycholinguistique** par l'intégration de tâches de parole semi-automatiques, pré-apprises (module Semaine) et de tâches de parole volontaires, élaborées (modules : Spontané, Description) ;

- **degré de complexité articulatoire et linguistique**, à travers les variables phonétiques / psycholinguistiques ayant un impact sur la production motrice de la parole, comme pour les module PseudoMots et Texte (fréquence syllabique, structure syllabique, longueur des mots, position syllabique), ou pour le module DDK (AMR CV versus AMR CCV) ;

- **degré de familiarité** à travers des tâches de parole de performance maximale tels que le TMP du module PneumoPhonatoire et le module DDK versus le module de parole spontanée ;

- **conditions de production** de la tâche de parole, du maintien et du contrôle de paramètres de parole à travers la modulation du paramètre de l'intensité vocale au cours de la répétition de quatre « hé ho » dans le module PneumoPhonatoire, dont les différences en dB pourraient être mesurées.

Par ailleurs, les propriétés des dimensions de parole mériteraient aussi d'être développées par des **analyses segmentales et prosodiques plus poussées et par la prise en compte d'autres dimensions de parole** (par exemple, à travers, par exemple, l'intégration d'un/de marqueurs de résonance (nasale), de rythme, de fluence de la parole (durées des pauses, des syllabes, nombre et type de disfluences).

Une **présentation du profil MonPaGe selon le continuum + ou – pour les paramètres de demande cognitivo-motrice**, mentionnés plus haut, en fonction des dimensions de parole touchées, pourrait à l'avenir définir des atteintes spécifiques de certains niveaux ou processus de production motrice de la parole (planification-programmation-exécutive motrices) et/ou de types / sous-types de MSDs.

Concernant les marqueurs diagnostiques, comme souligné par Allison et al. (2020) pour l'apraxie de la parole, il reste nécessaire à l'heure actuelle, pour leur détermination, d'obtenir des preuves sur leur précision discriminante, leur reproductibilité et leur fiabilité afin qu'ils puissent présenter une validité clinique et une certaine utilité (i.e., pratique, peu coûteux à obtenir, et présentant une meilleure validité clinique que ceux déjà utilisés). Nous pouvons également mentionner les influences entre les les dimensions de parole, qui viennent modifier les mesures acoustiques et/ou perceptives (Kent et al., 2003 ; Hillebrand et al., 1994). La nasalité pourra ainsi avoir un impact sur l'intensité vocale (diminution de l'intensité vocale) et sur la qualité vocale (timbre pouvant être assourdi, voilé) tel que décrit par Eshghi et al. (2021) chez des locuteurs présentant une SLA.

- une **automatisation de la pose du diagnostic / diagnostic différentiel entre les AoS et les dysarthries** et **entre les différents sous-types de dysarthries**, s'appuyant sur la combinaison de marqueurs discriminants, déjà existants ou nouveaux, validés à partir d'études menées sur le corpus MonPaGe-2.0.s.

Pour le diagnostic différentiel entre les AoS versus les dysarthries, nous disposons du marqueur de débit articulatoire SMR CV – AMR CV, issu des mesures de ces DDK, dans le « composite DDK », souvent perturbé chez les locuteurs AoS (Lancheros et al., 2022 ; Melle et Gallego, 2012). L'analyse par type d'erreurs de l'analyse « erreurs segmentales » du module PseudoMots serait prometteuse. En effet, cette analyse s'avère peu exploitée dans la version MonPaGe-2.0.s ainsi que par les autres outils francophones d'évaluation de la parole des locuteurs présentant un MSD. Ils sont davantage focalisés sur les analyses vocales et de gestion temporelle. Par exemple, pourraient être effectuées une analyse phonético-acoustique discrète des types de distorsions des voyelles pouvant être diphtonguées dans les AoS, ou encore des consonnes sonores pouvant présenter des dévoisements partiels dans les AoS , analyses proposées dans la version recherche de cet outil(Haley et al., 2012, 2017 ; Jacks et al., 2010), la recherche de vocoïdes, indicateurs, entre autres, d'une AoS (Bourqui et al., 2021), des allongements de sons par exemple (Cunningham et al., 2016) et des tâtonnements audibles caractéristiques des AoS (Alisson et al., 2020 ; Jonkers et al., 2017 ; Molloy & Jagoe, 2019). Ces propositions d'indicateurs restent à valider pour la plupart. Pourraient être également réalisées des mesures acoustiques de coarticulation (D'Alessandro et al., 2019) ou encore de VOT (Marczyk et al., 2018), des mesures acoustiques de pente de f2 sur des diphtongues, d'équation de locus pour capturer les transitions vocaliques lors des séquences CV, qui ont toutes deux fait leur preuve pour un usage clinique lors du suivi de patients parkinsoniens stimulés avec HD (Martel Sauvageau & Tjaden, 2017).

Le diagnostic différentiel entre les sous-types de dysarthrie pourrait s'appuyer sur une analyse plus poussée des DDK en termes de précision et de régularité, en complément du débit articulatoire. Il permettrait peut-être de distinguer les dysarthries spastiques (souvent très ralenties), des dysarthries ataxiques (souvent irrégulières), ou encore des dysarthries hypokinétiques (au débit articulatoire normal ou accéléré, mais probablement plus imprécise au niveau articulatoire) (Duffy et al., 2013 ; Lancheros et al., 2022 ; Ziegler et al., 2019).

Il serait intéressant que ces analyses soient supportées par la visualisation du spectre acoustique, tel que proposé par Diadolab 3.0. (Menin-Sicard & Sicard, 2020 ; Sicard & Menin-Sicard, 2020a).

- **l'ajout d'une adaptation d'un module complémentaire de double tâche**, initialement appelé « double tâche + + », intégré aux versions antérieures de MonPaGe-2.0.s et créé dans le cadre du projet Parkinson Suisse 2015-2018 (Catalano Chiuvé et al., 2022 ; Fournet et al., 2021).

Ici également, des mesures autres que celles portant sur la gestion temporelle de parole, analysées jusqu'à présent, pourraient être proposées (Bunton & Keintz, 2008 ; Whithfield et al., 2019, 2021). Cela permettrait d'intégrer une analyse de la demande attentionnelle et exécutive de parole dans une approche cognitive plus écologique, tels le test conçu pour l'évaluation endoscopique de la déglutition en double tâche (Muhle et al., 2020). Dans le cadre du bilan de cette autre fonction, ce test a montré son intérêt pour la mesure du risque de fausses routes et de stases pharyngées chez des sujets sains. Nous pouvons citer également les tests destinés à l'évaluation du risque de chute à la marche (Bayot et al., 2020 ; Mancioppi et al. 2021a), tel le « Timed up and Go test » prenant en compte les transferts et les demi-tours (Mathias et al., 1986). Plus récemment, Deblock-

Bellamy et al. (2021) ont développé un test en réalité virtuelle pour mesurer l'interférence cognitive et locomotrice de sujets jeunes neurotypiques dans le but de reproduire des conditions écologiques (supermarché, modulation de la présence ou non d'un agent virtuel que les sujets doivent éviter, de la complexité de la tâche, mémorisation parallèle d'une liste de courses). Tacchino et al. (2020) sont, quant à eux, en train de développer une application sur tablette, testée dans sa phase pilote chez des sujets présentant une sclérose en plaques, qui vise à mesurer le risque de chute et à proposer dans un second temps un programme rééducatif personnalisé impliquant une douzaine de conditions cognitives (12) simultanément à la marche. Pour la parole, de manière équivalente, pour un test fonctionnel de la communication en double tâche, pourraient être retenues des mesures d'intelligibilité et/ou de compréhensibilité, telles que proposées dans l'expérience de Bunton et Keintz (2008). Leur étude a retrouvé un effet de double tâche sur l'intelligibilité de la parole de locuteurs avec une HD présentant une maladie de Parkinson et non chez les locuteurs neurotypiques appariés. La réduction de l'intelligibilité était liée à un débit de parole plus rapide, à une réduction d'intensité, à une moindre variation du f0 en double tâche chez les locuteurs parkinsoniens.

- une **représentation visuelle des scores obtenus**, comme, par exemple, les profils établis à partir de diagrammes en étoile proposés dans le chapitre 3 où pourraient se superposer les résultats issus des différentes évaluations d'un même sujet (suivi longitudinal).

CHAPITRE 6 : CONCLUSION

Cette thèse en Sciences du Langage, relevant à la fois des domaines de la Phonétique et de la Psycholinguistique du fait de nos appartenances et de nos collaborations, est venue interroger des points théoriques fondamentaux, relatifs à la production motrice de la parole et à ses pathologies, tout en s'inscrivant dans une démarche appliquée à la clinique. Compte tenu de notre pratique, il était essentiel à nos yeux que les recherches menées puissent venir nourrir la clinique et réciproquement. Le but de cette thèse était ainsi d'examiner les apports des approches d'évaluation perceptive globale, phonético-acoustique discrète par dimension de parole, et cognitive, ici exploratoire à travers la demande attentionnelle et exécutive de la parole en double tâche, pour le diagnostic et la caractérisation de la parole des locuteurs présentant un/des MSD(s), dysarthrie et/ou apraxie de la parole (AoS).

Les études de cette thèse ont montré que les approches d'évaluation de la parole perceptive globale multijuges et phonético-acoustique discrète par dimension de parole différaient peu pour une visée diagnostique des MSDs de formes légères à modérées. Toutes deux s'appuyaient sur le même nombre moyen de signes /marqueurs et n'ont pas permis de diagnostiquer les locuteurs aux MSDs très légers. Ces deux approches ne s'appuyaient cependant pas sur les mêmes types de tâches de parole.

En complément de l'approche perceptive globale, l'approche phonético-acoustique discrète par dimension de parole permettrait une caractérisation plus détaillée, plus objective, à la fois quantifiée et qualitative de la parole des locuteurs présentant un MSD. Les marqueurs acoustiques vocaux (timbre, mesures à partir du f0) et temporels (débit de parole), phonétiques discrets relatifs à l'articulation et à l'intelligibilité, ainsi que ceux en lien avec les tâches de parole DDK se sont révélés les plus sensibles pour caractériser la parole des locuteurs étudiés, ce, en fonction de leur type de MSD et des tâches de parole administrées.

Dans le cadre de l'approche cognitive, les résultats de l'étude sur la double tâche sur des locuteurs neurotypiques sont venus confirmer les hypothèses relatives à l'impact des propriétés des tâches de parole sur les performances et les stratégies adoptées en double tâche par les locuteurs neurotypiques et dysarthriques de nos deux études antérieures (Pernon, 2013a ; Pernon et al., 2017). Il s'avère ainsi nécessaire de prendre en compte le degré de demande attentionnelle des tâches non verbales, du type de tâche de parole, tous deux modulés par le mode de présentation des stimuli (continu, discret) afin de pouvoir interpréter précisément les effets de double tâche. En fonction des paramètres de parole modifiés, des hypothèses pourraient être formulées sur les niveaux et les processus de production motrice de la parole impactés par l'interférence attentionnelle à partir de modélisations, tel le FL model (Van der Merwe, 2021). L'effet bidirectionnel de double tâche trouvé chez les locuteurs neurotypiques s'avère prometteur pour une application en clinique. Il permettrait de préciser les stratégies mises en place par les locuteurs lors d'une augmentation de la demande attentionnelle et exécutive.

Nos trois études ont mis en évidence des différences en fonction du type de tâche de parole. Ainsi, en complément de la prise en compte, classique, des dimensions de parole mises en jeu, un examen plus précis des propriétés des tâches de parole selon leur demande cognitivo-motrice (en termes de type de tâche de parole, de degré de complexité articulatoire et linguistique du corpus, de condition de production de la parole) serait nécessaire. L'approche cognitive de l'évaluation de la parole s'effectuerait principalement à travers les propriétés des tâches de parole relatives à leur demande cognitivo-motrice. Leur analyse permettrait d'améliorer la caractérisation des MSDs lors de l'évaluation et d'affiner leur diagnostic différentiel, en mesurant la modulation de cette demande sur le continuum de planification-programmation-exécution motrices de parole.

Nos résultats nous ont, en outre, amenée à effectuer des propositions, d'ordre méthodologique/didactique et clinique, relatives à une lecture des propriétés des tâches de parole selon deux axes (demande cognitivo-motrice en fonction des dimensions de parole mises en jeu), à la structuration de l'évaluation de la parole ainsi qu'à la mise en place d'un entraînement perceptif et d'un raisonnement clinique guidé pas à pas. Ce dernier serait basé sur un arbre décisionnel afin de faciliter le diagnostic différentiel des MSDs en accordant plus de place à leurs signes distinctifs. Compte tenu des analyses, ici majoritairement menées sur le corpus MonPaGe-2.0.s., des suggestions pour des développements ultérieurs de cet outil ont été également émises.

Les limites et biais, discutés précédemment dans les études sur les approches perceptive globale et phonético-acoustique discrète, portaient principalement sur les échantillons de locuteurs de taille réduite, notamment pour les groupes de locuteurs dysarthriques présentant une MD-FlSp et de locuteurs avec AoS. Il serait ainsi pertinent de réitérer ces expériences sur des groupes avec un nombre de locuteurs plus important et plus équilibré par MSD.
De nombreux travaux seraient également nécessaires afin de mieux saisir la demande cognitivo-motrice des tâches de parole et de mettre en évidence d'éventuels effets distinctifs spécifiques à certains types de MSDs.
Concernant la double tâche, nous souhaiterions approfondir son impact sur d'autres paramètres de parole, segmentaux, de coarticulation par exemple, dans le cadre d'études comparatives chez des locuteurs présentant un MSD.

Pour finir, il est à souligner le chemin parcouru ces dernières années dans l'élaboration de matériel, d'outils d'évaluation de la parole. Très récemment, ils étaient encore peu nombreux dans le monde francophone, et, pour la plupart, non normés et non validés. Nous disposons aujourd'hui, entre autres, de l'outil MonPaGe-2-0.s., normé et validé, sur lequel une partie du corpus de cette thèse repose (Fougeron, C., Delvaux, V., Ménard, L., & Laganaro, M., 2018 ; Laganaro et al., 2021 ; Pernon et al., 2020). Il permet dans sa version actuelle des mesures objectives au moyen d'analyses phonético-acoustiques discrètes, à partir de marqueurs appartenant à différentes dimensions de parole. L'évolution continue des nouvelles technologies offrira sans doute la

possibilité de développer de nouveaux outils d'évaluation informatisés ou d'affiner ceux existants, en tirant partie, par exemple, des progrès réalisés en reconnaissance automatique de la parole pathologique. Ils permettront d'analyser et de transcrire de plus large corpus, plus rapidement (Buttigieg et al., 2021 ; Cucchiarini & Strik, 2021), favorisant le développement d'autres marqueurs de parole (Ramanarayanan et al., 2022).

Les prochaines années verront ainsi probablement émerger davantage de données et de marqueurs d'ordre acoustique, mais également articulatoire, émotionnel caractéristiques des locuteurs présentant un MSD. Par ailleurs, lors de l'évaluation de la parole, ne devra pas être omise la prise en compte du vécu, de la plainte, des besoins et des objectifs du locuteur avec un MSD relatifs à sa communication au quotidien et à sa qualité de vie. Cette approche, qui vient aussi interroger la finalité de l'examen de la parole, est tout aussi essentielle que les autres.

Enfin, à l'avenir, l'ensemble de ces données pourrait être également complété par le recueil de biomarqueurs génétiques, sanguins, issus d'examens de neuroimagerie (Itabashi et al., 2016 ; Josephs et al., 2021 ; Lesage et al., 2020), ou encore par des analyses instrumentales (ultrasons, électropalatographie, articulographie électromagnétique, etc.) (Meluzzi, 2021). Des algorithmes combinant la totalité de ces marqueurs, de diverses natures, viendraient dans un second temps faciliter et préciser le diagnostic et/ou permettre le suivi de l'évolution des troubles.

.

BIBLIOGRAPHIE

Ackermann, H., Hertrich, I., & Hehr, T. (1995). Oral diadochokinesis in neurological dysarthrias. *Folia phoniatrica et logopaedica*, *47*(1), 15-23. https://doi.org/10.1159/000266338

Ackermann, H., Hertrich, I., Daum, I., Scharf, G., & Spieker, S. (1997). Kinematic analysis of articulatory movements in central motor disorders. *Movement disorders*, *12*(6), 1019-1027 https://doi.org/10.1002/mds.870120628

Adams, S. G., Winnell, J., & Jog, M. (2010). Effects of interlocutor distance, multi-talker background noise, and a concurrent manual task on speech intensity in Parkinson's disease. *Journal of Medical Speech-Language Pathology, 18(4*), 1-9.

Agresti, A., & Gottard, A. (2007). Independence in multi-way contingency tables: SN Roy's breakthroughs and later developments. *Journal of statistical planning and inference*, *137*(11), 3216-3226. https://doi.org/10.1016/j.jspi.2007.03.006

Allain, P., Aubin, G., & Le Gall, D. (2006). L'évaluation des fonctions exécutives : intérêts et limites des tests « papier-crayon ». In P. Pradat-Diehl, P. Azouvi, V. Brun (Eds). *Fonctions exécutives et rééducation* (pp. 45-56). Editions Masson.

Allali, G., Kressig, R. W., Assal, F., Herrmann, F. R., Dubost, V., & Beauchet, O. (2007). Changes in gait while backward counting in demented older adults with frontal lobe dysfunction. *Gait & posture*, *26*(4), 572-576. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.12.011

Allison, K. M., Cordella, C., Iuzzini-Seigel, J., & Green, J. R. (2020). Differential Diagnosis of Apraxia of Speech in Children and Adults: A Scoping Review. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63(9), 2952-2994. https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-20-00061

American Psychiatric Association, & American Psychiatric Association. (2013). DSM 5. *American Psychiatric Association*, *70*.

Antolík, T., & Fougeron, C. (2013, August). Consonant distortions in dysarthria due to Parkinson's disease, Amyotrophic Lateral Sclerosis and Cerebellar Ataxia. In *Interspeech 2013*.

Armieri, A., Holmes, J. D., Spaulding, S. J., Jenkins, M. E., & Johnson, A. M. (2009). Dual-task performance in a healthy young adult population: Results from a symmetric manipulation of task complexity and articulation. *Gait & posture*, *29*(2), 346-348. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.09.004

Audacity Team (2015). *Audacity® Free Audio Editor and Recorder* (Version 2.1.0) [Computer application]. Consulté à l'adresse URL : https://audacityteam.org/

Audibert, N., & Fougeron, C. (2012). Distortions of vocalic space: which measurements?. In *Journées d'études sur la Parole (JEP-TALN_RECITAL 2012)* (pp. 217-224).

Auzou, P., & Rolland-Monnoury, V. (2006). *BECD: batterie d'évaluation clinique de la dysarthrie*. Ortho Edition.

Auzou P. (2007) Définition et classification des dysarthries. In P. Auzou, V. Rolland-Monnoury, S. Pinto, & C., Özsancak (Eds). *Les dysarthries* (pp. 308-323). Editions Solal.

Auzou P. (2007) L'évaluation clinique des dysarthries. In P. Auzou, V. Rolland-Monnoury, S. Pinto, & C., Özsancak (Eds). *Les dysarthries* (pp. 189-195). Editions Solal.

Auzou, P., & Rolland-Monnoury, V. (2019). *BECD: batterie d'évaluation clinique de la dysarthrie* (2d ed.) Ortho Edition.

Babatsouli, E. (2021). Auditory Phonetics for the Speech Clinician. In M.J. Ball (Ed), *Manual of Clinical Phonetics* (pp. 27-39). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429320903

Bailey, D. J., & Dromey, C. (2015). Bidirectional interference between speech and nonspeech tasks in younger, middle-aged, and older adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 58(6), 1637-1653. https://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-S-14-0083

Bailey, K., Kearney, E., Roberts, E., & Yunusova, Y. (2019). Towards movement-based outcome measures for apraxia of speech: a systematic review. *Aphasiology*, 33(8), 943-969. https://doi.org/10.1080/02687038.2018.1510111

Ball, M. J. (Ed.). (2021). *Manual of Clinical Phonetics*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429320903

Ball, M. J. (2021). An Introduction to Speech Disorders. In M.J. Ball (Ed), *Manual of Clinical Phonetics* (pp. 65-74). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429320903

Ball, M. J. (2021). Transcribing disordered speech. In M.J. Ball (Ed), *Manual of Clinical Phonetics* (pp. 163-174). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429320903

Ball, M. J., Müller, N., Klopfenstein, M., & Rutter, B. (2021). Examples of Narrow Phonetic Transcription in Disordered Speech. In M.J. Ball (Ed), *Manual of Clinical Phonetics* (pp. 193-208). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429320903

Ballard, K. J., Granier, J. P., & Robin, D. A. (2000). Understanding the nature of apraxia of speech: Theory, analysis, and treatment. *Aphasiology*, *14*(10), 969-995. https://doi.org/10.1080/02687030050156575

Ballard, K. J., Maas, E., & Robin, D. A. (2007). Treating control of voicing in apraxia of speech with variable practice. *Aphasiology*, 21(12), 1195-1217. https://doi.org/10.1080/02687030601047858

Ballard, K. J., Savage, S., Leyton, C. E., Vogel, A. P., Hornberger, M., & Hodges, J. R. (2014). Logopenic and nonfluent variants of primary progressive aphasia are differentiated by acoustic measures of speech production. *PloS one*, *9*(2), e89864. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089864

Ballard, K. J., Azizi, L., Duffy, J. R., McNeil, M. R., Halaki, M., O'Dwyer, N., Layfield, C., Scholl, D. I., Vogel, A.P., & Robin, D. A. (2016). A predictive model for diagnosing stroke-related apraxia of speech. *Neuropsychologia*, 81, 129-139. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.12.010

Bates D., Mächler M., Bolker B., Walker S. (2015). "Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4." *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48. https://doi.org/10.48550/arXiv.1406.5823

Basilakos, A., Rorden, C., Bonilha, L., Moser, D., & Fridriksson, J. (2015). Patterns of poststroke brain damage that predict speech production errors in apraxia of speech and aphasia dissociate. *Stroke*, *46*(6), 1561-1566. https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.115.009211

Basilakos, A., Yourganov, G., den Ouden, D. B., Fogerty, D., Rorden, C., Feenaughty, L., & Fridriksson, J. (2017). A multivariate analytic approach to the differential diagnosis of apraxia of speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *60*(12), 3378-3392 https://doi.org/10.1044/2017_JSLHR-S-16-0443

Bayot, M., Dujardin, K., Dissaux, L., Tard, C., Defebvre, L., Bonnet, C. T., ... & Delval, A. (2020). Can dual-task paradigms predict falls better than single task?–a systematic literature review. *Neurophysiologie Clinique*, 50(6), 401-440. https://doi.org/10.1016/j.neucli.2020.10.008

Beauchet, O., Annweiler, C., Allali, G., Berrut, G., Herrmann, F. R., & Dubost, V. (2008). Recurrent falls and dual task–related decrease in walking speed: Is there a relationship?. *Journal of the American Geriatrics Society*, *56*(7), 1265-1269. https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2008.01766.x

Beauchet, O., Annweiler, C., Dubost, V., Allali, G., Kressig, R. W., Bridenbaugh, S., Berrut, G., Assal, F., & Herrmann, F. R. (2009). Stops walking when talking: a predictor of falls in older adults?. *European journal of neurology*, *16*(7), 786-795. https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2009.02612.x

Berry, W.R., Darley, F.L., Aronson, A.E., & Goldstein, N.P. (1974a). Dysarthria in Wilson's Disease. *Journal of Speech and Hearing Research*, 17 (2), 169-83. https://doi.org/10.1044/jshr.1702.169

Berry, W.R., Aronson, A.E., Darley, F.L., & Goldstein, N.P. (1974b). Effects of Penicillamine Therapy and Low-Copper Diet on Dysarthria in Wilson's Disease (Hepatolenticular Degeneration). *Mayo Clinic Proceedings, 49* (6), 405-408. https://doi.org/10.1044/jshr.1702.169

Beurton, C., & Bodiguel, L. (2016). *Comment évaluer la gestion temporelle de la parole?-application à la dysarthrie wilsonienne.* [Mémoire de Master 2 en Orthophonie, non publié]. Sorbonne Université, Paris.

Blanchet, P. G., & Snyder, G. J. (2009). Speech Rate Deficits in Individuals with Parkinson's Disease: A Review of the Literature. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 17(1), 1-7.

Blumstein, S. (1990). Phonological deficits in aphasia: Theoretical perspectives. In A. Caramazza (Ed.), *Cognitive neuropsychology and neurolinguistics* (pp. 33-53). Hillsdalle: Lawrence Erlbaum.

Bislick, L., McNeil, M., Spencer, K. A., Yorkston, K., & Kendall, D. L. (2017). The nature of error consistency in individuals with acquired apraxia of speech and aphasia. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *26*(2S), 611-630. https://doi.org/10.1044/2017_AJSLP-16-0080

Boersma, P. & Weenink, D. (2021). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.1.51, retrieved 22 July 2021 from http://www.praat.org/

Bohland, J. W., Bullock, D., & Guenther, F. H. (2010). Neural representations and mechanisms for the performance of simple speech sequences. *Journal of cognitive neuroscience*, 22(7), 1504-1529. https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21306

Bonferroni, C. E. (1936). Teoria statistica delle classi e calcolo delle probabilità. *Pubblicazioni del R Istituto Superiore di Scienze Economiche e Commerciali di Firenze,* 8, 3-62.

Borrie, S. A., McAuliffe, M. J., & Liss, J. M. (2012a). Perceptual learning of dysarthric speech: A review of experimental studies. *Journal of Speech, Language and Hearing Research, 55,* 290-305. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/10-0349)

Borrie, S. A., McAuliffe, M. J., Liss, J. M., O'Beirne, G. A., & Anderson, T. J. (2012b). A follow-up investigation into the mechanisms that underlie improved recognition of dysarthric speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 132(2), EL102-EL108. https://doi.org/10.1121/1.4736952

Borrie, S. A., McAuliffe, M. J., Liss, J. M., O'Beirne, G. A., & Anderson, T. J. (2013). The role of linguistic and indexical information in improved recognition of dysarthric speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *133*(1), 474-482. https://doi.org/10.1121/1.4770239

Bourqui, M., Pernon, M., Fougeron, C., & Laganaro M. (2021). Contribution of acoustic analysis to the detection of vocoid epenthesis in apraxia of speech and other motor speech disorders. *Aphasiology*, 1-14. https://doi.org/10.1080/02687038.2021.1914815

Bouvier, L., Monetta, L., & Martel-Sauvageau, V. (2021). Speech rate increase in primary progressive apraxia of speech and its cost on articulatory accuracy. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 1-21. https://doi.org/10.1080/02699206.2021.1960622

Bosshardt, H. G. (2002). Effects of concurrent cognitive processing on the fluency of word repetition: Comparison between persons who do and do not stutter. *Journal of Fluency Disorders*, 27(2), 93-114. https://doi.org/10.1016/S0094-730X(02)00113-4

Bressmann, T. (2021). Speech Disorders Related to Head and Neck Cancer: Laryngectomy, Glossectomy, and Velopharyngeal and Maxillofacial Defects. In J. S. Damico, N. Müller & M. J. Ball (Eds). *The handbook of language and speech disorders* (pp. 495-527). https://doi.org/10.1002/9781119606987.ch22

Broadbent, D. E. (1982). Task combination and selective intake of information. *Acta psychologica*, *50*(3), 253-290. https://doi.org/10.1016/0001-6918(82)90043-9

Bridges, K. A., Sidtis, D. V. L., & Sidtis, J. J. (2013). The role of subcortical structures in recited speech: Studies in Parkinson's disease. *Journal of neurolinguistics*, 26(6), 591-601. https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2013.04.001

Buchwald, A., & Miozzo, M. (2011). Finding levels of abstraction in speech production: Evidence from sound-production impairment. *Psychological science*, *22*(9), 1113-1119. https://doi.org/10.1177/0956797611417723

Bunton, K., Kent, R. D., Duffy, J. R., Rosenbek, J. C., & Kent, J. F. (2007). Listener agreement for auditory-perceptual ratings of dysarthria. *Journal of speech, language, and hearing research*. *50*(6), 1481-1495. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007/102)

Bunton, K., & Keintz, C. K. (2008). The use of a dual-task paradigm for assessing speech intelligibility in clients with Parkinson disease. *Journal of medical speech-language pathology*, *16*(3), 141. MID: 21637738; PMCID: PMC3104935.

Bunton, K. (2008, November). Speech versus nonspeech: Different tasks, different neural organization. In *Seminars in speech and language* (Vol. 29, No. 04, pp. 267-275). Thieme Medical Publishers.

Buttigieg, L., Grech, H., Fabri, S. G., Attard, J., & Farrugia, P. (2021). Automatic Speech Recognition in the Assessment of Child Speech. In M.J. Ball (Ed), *Manual of Clinical Phonetics* (pp. 508-515). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429320903

Cassar, C., McCabe, P., & Cumming, S. (2022). "I still have issues with pronunciation of words": A mixed methods investigation of the psychosocial and speech effects of Childhood Apraxia of Speech in adults. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 1-13. https://doi.org/10.1080/17549507.2021.2018496

Catalano Chiuvé, S., Fournet, M., Wegrzyk, J., Assal, F., Burkhard, P. R., & Laganaro, M. (2022). Longitudinal study of speech and dual-task performance in Parkinson's disease patients treated with subthalamic nucleus deep brain stimulation. *Parkinsonism & Related Disorders*, *97*, 75-78. https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2022.03.003

Cavallieri, F., Budriesi, C., Gessani, A., Contardi, S., Fioravanti, V., Menozzi, E., Pinto, S., Moro, E., Valzania, F., & Antonelli, F. (2021) Dopaminergic Treatment Effects on Dysarthric Speech: Acoustic Analysis in a Cohort of Patients With Advanced Parkinson's Disease. *Frontiers in Neurology*: 11:616062. https://doi.org/10.3389/fneur.2020.616062

Chicherio, C., Genoud-Prachex, T., Assal, F., & Laganaro, M. (2019). *E-GeBAS: Electronic* 534 *Geneva Bedside Aphasia Scale.* [Computer program]. retrieved from https://www.unige.ch/fapse/logotools/fr/adultes

Clark, H. M., Duffy, J. R., Strand, E. A., Hanley, H., & Solomon, N. P. (2022). Orofacial Muscle Strength across the Dysarthrias. *Brain sciences*, *12*(3), 365. https://doi.org/10.3390/brainsci12030365

Clopper, C. G., & Pisoni, D. B. (2007). Free classification of regional dialects of American English*. Journal of phonetics*, 35(3), 421-438. https://doi.org/10.1016/j.wocn.2006.06.001

Clopper, C. G. (2008). Auditory free classification: Methods and analysis. *Behavior Research Methods*, 40(2), 575-581. https://doi.org/10.3758/BRM.40.2.575

Code, C. (1998). Major review: Models, theories and heuristics in apraxia of speech. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 12, 47–65. https://doi.org/10.3109/02699209808985212

Collette F. (2004). Exploration des fonctions exécutives par imagerie cérébrale. In T. Meulemans, F. Collette, & M. Van der Linden (Eds). *Neuropsychologie des fonctions exécutives* (pp.25-51). Editions Solal.

Cocchini, G., Logie, R. H., Della Sala, S., MacPherson, S. E., & Baddeley, A. D. (2002). Concurrent performance of two memory tasks: Evidence for domain-specific working memory systems. *Memory & Cognition*, *30*(7), 1086-1095. https://doi.org/10.3758/BF03194326

Code, C., Ball, M., Tree, J., & Dawe, K. (2013). The effects of initiation, termination and inhibition impairments on speech rate in a case of progressive nonfluent aphasia with progressive apraxia of speech with frontotemporal degeneration. *Journal of Neurolinguistics*, *26*(6), 602-618. https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2013.04.003

Cook, A. E., & Meyer, A. S. (2008). Capacity demands of phoneme selection in word production: New evidence from dual-task experiments. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *34*(4), 886. https://doi.org/10.1037/0278-7393.34.4.886

Cooper, R. P., Ruh, N., & Mareschal, D. (2014). The goal circuit model: A hierarchical multi-route model of the acquisition and control of routine sequential action in humans. *Cognitive Science*, 38 (2), 244–274. https://doi.org/10.1111/cogs.12067

Conway A, & Walshe M. (2015). Management of non-progressive dysarthria: practice patterns of speech and language therapists in the Republic of Ireland. *International Journal of Language and Communication Disorders*, 50(3), 374–388. https://doi.org/10.1111/1460-6984.12143

Crochemore, E., & Vannier, F. (2001). Analyse phonétique de la parole dysarthrique. *Les dysarthries*, (pp. 71-82). In P. Auzou , C. Özsancak, V. Brun (Eds). *Les Dysarthries*. Masson.

Cuartero, M.-C., Bertrand, R., Rauzy, S., Véron-Delor, L., Atkinson-Clement, C., Grabli, D., Vidailhet, M., & Pinto, S. (2021). Acoustic, perceptual and clinical correlates of speech and voice in isolated dystonia: Preliminary findings. *International Journal of Language & Communication Disorders,* 56: 1204– 1217. https://doi.org/10.1111/1460-6984.12661

Cucchiarini, C., & Strik, H. (2021). The Nature of Phonetic Transcription. In M.J. Ball (Ed), *Manual of Clinical Phonetics* (pp. 141-151). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429320903

Cunningham, K. T., Haley, K. L., & Jacks, A. (2016). Speech sound distortions in aphasia and apraxia of speech: Reliability and diagnostic significance. *Aphasiology*, 30(4), 396-413. https://doi.org/10.1080/02687038.2015.1065470

Dabul, B. (2000). *ABA-2: Apraxia battery for adults*. Austin, TX: Pro-ed.

D'Alessandro, D., Pernon, M., Fougeron, C., Laganaro, M. (2019, 17-19 juin). *Anticipatory VtoV coarticulation in French in several Motor Speech* Disorders [Communication]. Third Phonetics and Phonology in Europe (PAPE), Lecce. hal-02427864f

Darley, F. L., Aronson, A. E., & Brown, J. R. (1969a). Clusters of deviant speech dimensions in the dysarthrias. *Journal of speech and hearing research*, 12(3), 462-496. https://doi.org/10.1044/jshr.1203.462

Darley, F. L., Aronson, A. E., & Brown, J. R. (1969b). Differential diagnostic patterns of dysarthria. *Journal of speech and hearing research*, *12*(2), 246-269. https://doi.org/10.1044/jshr.1202.246

Darley, F. L., Aronson, A. E., & Brown, J. R. (1975). *Motor speech disorders*. WB Saunders Company.

Day, L.S., & Parnell, M.M. (1987). Ten-year study of a Wilson's disease dysarthric. *Journal of communication disorders, 20* (3), 207-18. https://doi.org/10.1016/0021-9924(87)90019-0

Deblock-Bellamy, A., Lamontagne, A., McFadyen, B. J., Ouellet, M. C., & Blanchette, A. K. (2021). Virtual reality-based assessment of cognitive-locomotor interference in healthy young adults. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, *18*(1), 1-10. https://doi.org/10.1186/s12984-021-00834-2

Degroote, G., Simon, J., Borel, S., & Crevier-Buchman, L. (2012). The French version of Speech Handicap Index: validation and comparison with the voice handicap index. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, *64*(1), 20-25. https://doi.org/10.1159/000328982

Dejonckere, P. H., Remacle, M., Fresnel-Elbaz, E., Woisard, V., Crevier-Buchman, L., & Millet, B. (1996). Differentiated perceptual evaluation of pathological voice quality : reliability and correlations with acoustic measurements. *Revue de laryngologie-otologie-rhinologie*, *117*(3), 219-224. PMID: 9102729.

Delvaux, V., & Pillot-Loiseau, C. (2020). Perceptual judgment of voice quality in nondysphonic French speakers: effect of task-, speaker-and listener-related variables. *Journal of Voice*, 34(5), 682-693. https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.02.013

Deroo, H., Rolland-Monnoury, V. (2007). Rééducation de l'apraxie de la parole. In P. Auzou, V. Rolland-Monnoury, S. Pinto, & C., Özsancak (Eds). *Les dysarthries* (pp.740-748). Editions Solal.

Dick, A. S., Garic, D., Graziano, P., & Tremblay, P. (2019). The frontal aslant tract (FAT) and its role in speech, language and executive function. *Cortex*, 111, 148-163. https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.10.015

Doyle, P., Raade, A., St Pierre, A., & Desai, S. (1995). Fundamental frequency and acoustic variability associated with production of sustained vowels by speakers with hypokinetic dysarthria. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 3(1), 41-50.

Dordain M., & Chevrie-Muller C. (1977). Voice and Speech in Wilson's Disease. *Folia Phoniatrica, 29* (3), 217-232. https://doi.org/10.1159/000264091

Dromey C. (2003). Spectral measures and perceptual ratings of hypokinetic dysarthria. *Journal of Medical Speech-Language-Pathology,* 11, 85–94. https://scholarsarchive.byu.edu/facpub/1776

Dromey, C., & Bates, E. (2005). Speech interactions with linguistic, cognitive, and visuomotor tasks. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *48*(2), 295-305. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2005/020)

Dromey, C., & Shim, E. (2008). The effects of divided attention on speech motor, verbal fluency, and manual task performance. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *51*(5), 1171-1182. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2008/06-0221)

Dromey, C., Jarvis, E., Sondrup, S., Nissen, S., Foreman, K. B., & Dibble, L. E. (2010). Bidirectional interference between speech and postural stability in individuals with Parkinson's disease. *International journal of speech-language pathology*, *12*(5), 446-454. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2005/020)

Dubitzky, W., Wolkenhauer, O., Cho, KH., & Yokota, H. (2013). Tukey–Kramer Method. *Encyclopedia of Systems Biology*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9863-7_101575

Duffy, J. R. (2005). *Motor speech disorders: Substrates, differential diagnosis, and management*. (2d Edition). Elsevier Health Sciences.

Duffy, J. R., & Josephs, K. A. (2012). The diagnosis and understanding of apraxia of speech: Why including neurodegenerative etiologies may be important. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research,* 55(5), S1518–S1522. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2012/11-0309)

Duffy, J. R. (2013). *Motor speech disorders: Substrates, differential diagnosis, and management*. (3rd Edition). Elsevier Health Sciences.

Duffy, J. R. (2016a, August). Motor Speech Disorders: Where Will We Be in 10 Years?. *In Seminars in speech and language* (Vol. 37, No. 03, pp. 219-224). Thieme Medical Publishers. https://doi.org/10.1055/s-0036-1584154

Duffy, J. R. (2016b). Functional speech disorders: clinical manifestations, diagnosis, and management. In M. Hallett, J. Stone & A. Carson. *Handbook of clinical neurology*, 139, 379-388. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801772-2.00033-3

Duffy, J. R. (2019). *Motor speech disorders: Substrates, differential diagnosis, and management*. (4th Edition). Elsevier Health Sciences.

Duffy, J. R., Utianski, R. L., & Josephs, K. A. (2020). Primary progressive apraxia of speech: from recognition to diagnosis and care. *Aphasiology*, 1-32. https://doi.org/10.1080/02687038.2020.1787732

Duncan, E. S., Donovan, N. J., & Sajjadi, S. A. (2020). Clinical assessment of characteristics of apraxia of speech in primary progressive aphasia. *American journal of speech-language pathology,* 29(1S), 485-497. https://doi.org/10.1044/2019_AJSLP-CAC48-18-0225

Ebersbach, G., Dimitrijevic, M. R., & Poewe, W. (1995). Influence of concurrent tasks on gait: a dual task approach. *Perceptual and motor skills*, *81*(1),107-113. https://doi.org/10.2466/pms.1995.81.1.107

Eichhorn, J. T., Kent, R. D., Austin, D., & Vorperian, H. K. (2018). Effects of aging on vocal fundamental frequency and vowel formants in men and women. *Journal of Voice*, 32(5), 644-e1. https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.08.003

Eichorn, N., Marton, K., Schwartz, R. G., Melara, R. D., & Pirutinsky, S. (2016). Does working memory enhance or interfere with speech fluency in adults who do and do not stutter? Evidence from a dual-task paradigm. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *59*(3), 415-429. https://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-S-15-0249

Eisner, F., & McQueen, J. M. (2005). The specificity of perceptual learning in speech processing. *Perception & psychophysics*, *67*(2), 224-238. https://doi.org/10.3758/BF03206487

Enderby, P. (1983). *Frenchay Dysarthria Assessment,* College Hill Press.

Enderby, P., Palmer, R. (2008) *FDA-2: Frenchay Dysarthria Assessment* (2nd ed.) Tex.: Pro-Ed.

Eskenazi, M. (1993). Trends in speaking styles research. In *Third European Conference on Speech Communication and Technology*.

Eshghi, M., Connaghan, K. P., Gutz, S. E., Berry, J. D., Yunusova, Y., & Green, J. R. (2021). Co-Occurrence of Hypernasality and Voice Impairment in Amyotrophic Lateral Sclerosis: Acoustic Quantification. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *64*(12), 4772-4783. https://doi.org/10.1044/2021_JSLHR-21-00123

Esmaeili Bijarsari, S. (2021). A Current View on Dual-Task Paradigms and Their Limitations to Capture Cognitive Load. *Frontiers in Psychology*, *12*, 648586. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.648586

Fargier, R., & Laganaro, M. (2016). Neurophysiological modulations of non-verbal and verbal dual-tasks interference during word planning. *PLoS ONE*, 11(12), e0168358. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168358

Feenaughty, L., Tjaden, K., Weinstock-Guttman, B., & Benedict, R. H. (2018). Separate and combined influence of cognitive impairment and dysarthria on functional communication in multiple sclerosis. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *27*(3), 1051-1065. https://doi.org/10.1044/2018_AJSLP-17-0174

Feenaughty, L. (2021). Dual-task speech performance in multiple sclerosis. *Multiple sclerosis and related disorders*, *53*, 103077. https://doi.org/10.1016/j.msard.2021.103077

Feiken, J., & Jonkers, R. (2012). Diagnostisch instrument voor apraxie van de spraak [DIAS; Diagnostic Instrument for Apraxia of Speech]. Houten, The Netherlands: Bohn, Stafleu en Van Loghum.

Feldstein, S., & Bond, R. N. (1981). Perception of speech rate as a function of vocal intensity and frequency. *Language and Speech*, *24*(4), 387-394. https://doi.org/10.1177/002383098102400408

Ferreira, V. S., & Pashler, H. (2002). Central bottleneck influences on the processing stages of word production. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(6), 1187-1199. PMID: 12450341. PMCID: PMC1864932

Fichaux-Bourin, P., Woisard, V., Grand, S., Puech, M., & Bodin, S. (2009). Validation d'un questionnaire d'auto-évaluation de la parole (Parole Handicap Index). *Revue de laryngologie, d'otologie et de rhinologie (1919)*, *130*(1), 45-51.

Fonville, S., Van Der Worp, H. B., Maat, P., Aldenhoven, M., Algra, A., & Van Gijn, J. (2008). Accuracy and inter-observer variation in the classification of dysarthria from speech recordings. *Journal of Neurology*, 255(10), 1545-1548. https://doi.org/10.1007/s00415-008-0978-4

Forrest, K., & Weismer, G. (2009). Acoustic analysis of motor speech disorders. In M.R McNeil (Ed.), *Clinical Management of Sensorimotor Speech Disorders* (2d ed., pp. 46-61). Thieme Medical Publishers.

Fougeron, C., Crevier-Buchman, L., Fredouille, C., Ghio, A., Meunier, C., Chevrie-Muller, C., Audibert, N., Bonastre., J.-F., Colazo-Simon, A., Delooze, C., Duez, D., Gendrot, C., Legou, T. Lévêque, N., Pillot-Loiseau, C., Pinto., S., Pouchoulin, G., Robert, D., Vaissière J.,... & Vincent, C. (2010, May). Developing an acoustic-phonetic characterization of dysarthric speech in French. In Nicoletta Calzolari, N., Choukri, K., Maegaard, B., Mariani, J., Odijk, J., Piperidis, S., Rosner, M., Tapias, D. (Eds), *LREC 2010 Proceedings, Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation* (Vol. 1, No. 1, pp. 2831-2838).

Fougeron, C. (2013). *Renforcements et réductions segmentales : influence de la structure prosodique, de la phonologie et des contraintes motrices en parole pathologique*. [Mémoire d'HDR, Sciences de l'Homme et Société, Université Lumière - Lyon 2]. *TEL (thèses-en-ligne)*, ID : 10670/1.nev98j

Fougeron, C., Delvaux, V., Pernon, M., Lévêque, N., Borel, S., Pellet, P. Bagou, O., Trouville, R., Ménard, L., Catalano, S., Lopez, U., Kocjancic-Antolik, T., & Laganaro, M. (2016). *MonPaGe : un protocole informatisé d'évaluation de la parole pathologique en langue française*. In Joyeux, N. & Topouzkhanian, S. (Eds). *Orthophonie et technologies innovantes* (pp.291-304). Ortho Edition.

Fougeron, C., d'Alessandro, D., & Lancia, L. (2018). Reduced coarticulation and aging. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 144(3), 1905-1905. https://doi.org/10.1121/1.5068348

Fougeron, C., Delvaux, V., Ménard, L., & Laganaro, M. (2018). The MonPaGe_HA database for the documentation of spoken French throughout adulthood. In *Proceedings of the Eleventh International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2018)* (pp. 4301-4306).

Fougeron, C., Guitard-Ivent, F., & Delvaux, V. (2021). Multi-Dimensional Variation in Adult Speech as a Function of Age. *Languages*, *6*(4), 176. https://doi.org/10.3390/languages6040176

Fournet, M., Pernon, M., Catalano Chiuvé, S., Lopez, U., & Laganaro, M. (2021). Attention in post-lexical processes of utterance production: Dual-task cost in younger and older adults. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 174(11), 1852–1872. https://doi.org/10.1177/17470218211034130

García, A. M., Arias-Vergara, T., C Vasquez-Correa, J., Nöth, E., Schuster, M., Welch, A. E., ... & Orozco-Arroyave, J. R. (2021). Cognitive determinants of dysarthria in Parkinson's disease: an automated machine learning approach. *Movement Disorders*, 36(12), 2862-2873. https://doi.org/10.1002/mds.28751

Ghio, A. (2007). L'évaluation acoustique. In P. Auzou, V. Rolland-Monnoury, S. Pinto, & C., Özsancak (Eds). *Les dysarthries* (pp. 236-247). Editions Solal.

Ghio, A., Giusti, L., Blanc, E., & Pinto, S. (2020). Adaptation en langue française du test d'intelligibilité de la parole du «Frenchay Dysarthria Assessment 2». *Annales françaises d'Oto-rhino- laryngologie et de Pathologie Cervico-faciale*, *137*(2), 111-117. https://doi.org/10.1016/j.aforl.2019.05.007

Ghio, A., Lalain, M., Rebourg, M., Marczyk, A., Fredouille, C., & Woisard, V. (2021). Validation of an intelligibility test based on acoustic-phonetic decoding of pseudo-words: overall results from patients with cancer of the oral cavity and the oropharynx. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*. https://doi.org/10.1159/000519427

Godefroy, O., Roussel-Pieronne, M., Declercq, I., Duval, L., & Petit-Chenal, V. (2001) Attention et pathologie frontale. In J. Couillet, M. Leclercq, C. Moroni, & P. Azouvi (Eds). *La neuropsychologique de l'attention* (pp. 175-192). Editions Solal.

Godefroy, O., Roussel-Pierronne, M., Routier, A., & Dupuy-Sonntag, D. (2004). Etude neuropsychologique des fonctions exécutives. In Meulemans, T., Collette, F., & Van der Linden, M. (Eds). *Neuropsychologie des fonctions exécutives* (p. 11-23). Editions Solal.

Goldrick, M., & Rapp, B. (2007). Lexical and post-lexical phonological representations in spoken production. *Cognition*, *102*(2), 219-260. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.12.010

Goldstone, R. L. (1998). Perceptual learning. *Annual review of psychology*, *49*(1), 585-612. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.49.1.585

Gorno-Tempini, M. L., Hillis, A. E., Weintraub, S., Kertesz, A., Mendez, M., Cappa, S. F., ... & Grossman, M. (2011). Classification of primary progressive aphasia and its variants. *Neurology*, *76*(11), 1006-1014. https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e31821103e6

Göthe, K., Oberauer, K., & Kliegl, R. (2016). Eliminating dual-task costs by minimizing crosstalk between tasks : the role of modality and feature pairings. *Cognition*, 150: 92-108. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.02.003

Grosjean, F., & Deschamps, A. (1973). Analyse des variables temporelles du français spontané. *Phonetica*, *28*(3-4), 191-226. https://doi.org/10.1159/000259456

Guenther, F. H. (2006). Cortical interactions underlying the production of speech sounds. *Journal of communication disorders*, 39(5), 350-365.

https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2006.06.013

Guenther, F. H. (2016). *Neural control of speech*. MIT Press.

Haley, K. L., Bays, G. L., & Ohde, R. N. (2001). Phonetic properties of aphasic-apraxic speech: A modified narrow transcription analysis. *Aphasiology*, *15*(12), 1125-1142. https://doi.org/10.1080/02687040143000537

Haley, K. L., Jacks, A., de Riesthal, M., Abou-Khalil, R., & Roth, H. L. (2012). Toward a quantitative basis for assessment and diagnosis of apraxia of speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55(5), S1502–S1517. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2012/11-0318)

Haley, K. L., Jacks, A., Richardson, J. D., & Wambaugh, J. L. (2017). Perceptually salient sound distortions and apraxia of speech: A performance continuum. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *26*(2S), 631-640. https://doi.org/10.1044/2017_AJSLP-16-0103

Haley, K. L., & Jacks, A. (2019). Word-level prosodic measures and the differential diagnosis of apraxia of speech. *Clinical linguistics & phonetics*, *33*(5), 479-495. https://doi.org/10.1080/02699206.2018.1550813

Harmon, T. G., Jacks, A., & Haley, K. L. (2019). Speech fluency in acquired apraxia of speech during narrative discourse: Group comparisons and dual-task effects. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *28*(2S), 905-914. https://doi.org/10.1044/2018_AJSLP-MSC18-18-0107

Hefter, H., Arendt, G., Stremmel, W., & Freund, H.-J. (1993b). Motor impairment in Wilson's disease, II : slowness of speech. *Acta Neurologica Scandinavica*, *87,* 148-60. https://doi.org/10.1111/j.1600-0404.1993.tb04093.x

Hickok, G. (2014). The architecture of speech production and the role of the phoneme in speech processing. *Language, Cognition and Neuroscience*, 29(1), 2–20. https://doi.org/10.1080/01690965.2013.834370

Hillenbrand, J., Cleveland, R. A., & Erickson, R. L. (1994). Acoustic correlates of breathy vocal quality. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *37*(4), 769-778. https://doi.org/10.1044/jshr.3704.769

Hirano, M. (1981). Psycho-acoustic evaluation of voice (81-84). In Arnold, Winckel, Wyke (Eds). *Clinical Examination of Voice*. Springer-Verlag.

Ho, A. K., Iansek, R., Marigliani, C., Bradshaw, J. L., & Gates, S. (1998). Speech impairment in a large sample of patients with Parkinson's disease. *Behavioural neurology*, 11(3), 131-137 https://doi.org/10.1155/1999/327643

Ho, A. K., Iansek, R., & Bradshaw, J. L. (2002). The effect of a concurrent task on Parkinsonian speech. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *24*(1), 36-47. https://doi.org/10.1076/jcen.24.1.36.972

Hughes, C. P., Berg, L., Danziger, W., Coben, L. A., & Martin, R. L. (1982). A new clinical scale for the staging of dementia. *The British journal of psychiatry*, *140*(6), 566-572. https://doi.org/10.1192/bjp.140.6.566

Hula, W. D., & McNeil, M. R. (2008, August). Models of attention and dual-task performance as explanatory constructs in aphasia. In *Seminars in speech and language* (Vol. 29, No. 03, pp. 169-187). Thieme Medical Publishers.

Hustad, K. C., & Cahill, M. A. (2003). Effects of presentation mode and repeated familiarization on intelligibility of dysarthric speech. https://doi.org/10.1044/1058-0360(2003/066)

Hybbinette, H., Östberg, P., & Schalling, E. (2021). Intra-and Interjudge Reliability of the Apraxia of Speech Rating Scale in Early Stroke Patients. *Journal of Communication Disorders*, 89, 106076. https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2020.106076

Kemper, S., Schmalzried, R., Herman, R., Leedahl, S., & Mohankumar, D. (2009). The effects of aging and dual task demands on language production. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *16*(3), 241-259. https://doi.org/10.1080/13825580802438868

Kemper, S., Hoffman, L., Schmalzried, R., Herman, R., & Kieweg, D. (2011). Tracking talking: Dual task costs of planning and producing speech for young versus older adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *18*(3), 257-279. https://doi.org/10.1080/13825585.2010.527317

Kraljic, T., & Samuel, A. G. (2006). Generalization in perceptual learning for speech. *Psychonomic bulletin & review*, 13(2), 262-268. https://doi.org/10.3758/BF03193841

World Health Organization. (2001). *IFC: International Classification of Functioning, Disability and Health.*

Itabashi, R., Nishio, Y., Kataoka, Y., Yazawa, Y., Furui, E., Matsuda, M., & Mori, E. (2016). Damage to the left precentral gyrus is associated with apraxia of speech in acute stroke. *Stroke*, *47*(1), 31-36. https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.115.010402

Jablecki, D. K. (2013). *Dual-task effects of walking on rate of speech* (Publication No. 1692) [Master's dissertation, The University of Western Ontario]. Electronic Thesis and Dissertation Repository.

Jacks, A., Mathes, K. A., & Marquardt, T. P. (2010). Vowel acoustics in adults with apraxia of speech. *American Speech-Language-Hearing Association.* https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009/08-0017)

Jacobson, B. H., Johnson, A., Grywalski, C., Silbergleit, A., Jacobson, G., Benninger, M. S., & Newman, C. W. (1997). The voice handicap index (VHI) development and validation. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *6*(3), 66-70. https://doi.org/10.1044/1058-0360.0603.66

Janse, E., & Rietveld, T. (2021). Perceptual Phonetics for the Speech Clinician. In M.J. Ball (Ed), *Manual of Clinical Phonetics* (pp. 40-53). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429320903

Janssen, C. P., & Brumby, D. P. (2015). Strategic adaptation to task characteristics, incentives, and individual differences in dual-tasking. *PLOS ONE*, *10*(7), Article e0130009. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130009

Jauer-Niworowska, O., Mirska, N., & Jastrzębowska, G. (2014). A specific picture of speech disturbances in polish speaking patients with mixed dysarthria in multiple sclerosis (MS) and in Wilson's disease (WD). *Acta Neuropsychologica*, *12*(2).

Jonkers, R., Feiken, J., & Stuive, I. (2017). Diagnosing apraxia of speech on the basis of eight distinctive signs. *Canadian Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, *41*(3), 303-319.

Josephs, K. A., Duffy, J. R., Strand, E. A., Machulda, M. M., Senjem, M. L., Lowe, V. J., Jacks, C.R., & Whitwell, J. L. (2013). Syndromes dominated by apraxia of speech show distinct characteristics from agrammatic PPA. *Neurology*, 81(4), 337-345. https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e31829c5ed5

Josephs, K. A., Duffy, J. R., Clark, H. M., Utianski, R. L., Strand, E. A., Machulda, M. M., Botha, H., Martin, P.R., Thu Pham, N.T, Stierwalt, J., Ali, F., Buciuc, M., Baker, M., Fernandez De Castro, C.H., Spychalla, A.J., Schwarz, C.G., Reid, R.I., Senjem, M., Jack Jr, C.R., & Whitwell, J. L. (2021). A molecular pathology, neurobiology, biochemical, genetic and neuroimaging study of progressive apraxia of speech. *Nature communications*, *12*(1), 1-17. https://doi.org/10.1038/s41467-021-23687-8

Kahneman, D. (1973). *Attention and effort* (Vol. 1063). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Kalafat, M., Hugonot-Diener, L., & Poitrenaud, J. (2003). Standardisation et étalonnage français du "Mini Mental State"(MMS) version GRECO. *Revue de neuropsychologie*, 13(2), 209-236.

Kearns, K. P., & Simmons, N. N. (1988). Interobserver reliability and perceptual ratings: More than meets the ear. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 31(1), 131-136. https://doi.org/10.1044/jshr.3101.131

Kemper, S., Herman, R. E., & Lian, C. H. (2003). The costs of doing two things at once for young and older adults: Talking while walking, finger tapping, and ignoring speech of noise. *Psychology and aging*, 18(2), 181-192. https://doi.org/10.1037/0882-7974.18.2.181

Kemper, S., Schmalzried, R., Hoffman, L., & Herman, R. (2010). Aging and the vulnerability of speech to dual-task demands. Psychology and aging, 25(4), 949-962. https://doi.org/10.1037/a0020000

Kent, R.D., Kent, J.F., & Rosenbek, J.C. (1987). Maximum performance tests of speech production. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, *52*(4), 367-387. https://doi.org/10.1044/jshd.5204.367

Kent, R. D., Weismer, G., Kent, J. F., & Rosenbek, J. C. (1989). Toward phonetic intelligibility testing in dysarthria. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, *54*(4), 482-499. https://doi.org/10.1044/jshd.5404.482

Kent, R. D. (1996). Hearing and believing: Some limits to the auditory-perceptual assessment of speech and voice disorders. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *5*(3), 7-23. https://doi.org/10.1044/1058-0360.0503.07

Kent, R. D., Kent, J. F., Rosenbek, J. C., Vorperian, H. K., & Weismer, G. (1997). A speaking task analysis of the dysarthria in cerebellar disease. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 49(2), 63-82. https://doi.org/10.1159/000266440

Kent, R. D., Weismer, G., Kent, J. F., Vorperian, H. K., & Duffy, J. R. (1999). Acoustic studies of dysarthric speech: Methods, progress, and potential. *Journal of communication disorders*, 32(3), 141-186. https://doi.org/10.1016/S0021-9924(99)00004-0

Kent, R. D. (2000). Research on speech motor control and its disorders: A review and prospective. *Journal of Communication disorders*, 33(5), 391-428. https://doi.org/10.1016/S0021-9924(00)00023-X

Kent, R. D., & Kent, J. F. (2000). Task-based profiles of the dysarthrias. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, *52*(1-3), 48-53. https://doi.org/10.1159/000021512

Kent, R. D., Kent, J. F., Weismer, G., & Duffy, J. R. (2000). What dysarthrias can tell us about the neural control of speech. *Journal of Phonetics*, 28(3), 273-302. https://doi.org/10.1006/jpho.2000.0122

Kent, R. D., Vorperian, H. K., Kent, J. F., & Duffy, J. R. (2003). Voice dysfunction in dysarthria: application of the Multi-Dimensional Voice Program™. *Journal of communication Disorders*, *36*(4), 281-306. https://doi.org/10.1016/S0021-9924(03)00016-9

Kent, R. D. (2004). Models of speech motor control: Implications from recent developments in neurophysiological and neurobehavioral science. In B. Maassen, R. Kent, H. Peters, P. van Lieshout, W. Hulstijn (Eds), *Speech motor control in normal and disordered speech* (pp. 3-28). Oxford University Press

Kent, R. D. (2009). Perceptual sensorimotor speech examination for motor speech disorders. In M.R McNeil (Ed.), *Clinical Management of Sensorimotor Speech Disorders* (2d ed., pp. 19-49). Thieme Medical Publishers.

Kim, Y., Kent, R. D., & Weismer, G. (2011). An acoustic study of the relationships among neurologic disease, dysarthria type, and severity of dysarthria. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 54(2), 417-429. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2010/10-0020)

Knuijt, S., Kalf, J. G., van Engelen, B. G., de Swart, B. J., & Geurts, A. C. (2017). The Radboud dysarthria assessment: development and clinimetric evaluation. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, *69*(4), 143-153. https://doi.org/10.1159/000484556

Koch, I. (2009). The role of crosstalk in dual-task performance: evidence from manipulating response-code overlap. *Psychological Research PRPF*, *73*(3), 417-424. https://doi.org/10.1007/s00426-008-0152-8

Kodrasi, I., Pernon, M., Laganaro, M., & Bourlard, H. (2020, October). Automatic discrimination of apraxia of speech and dysarthria using a minimalistic set of handcrafted features. In *Proc. Annual Conference of the International Speech Communication Association, Shanghai, China.*

Kodrasi, I., Pernon, M., Laganaro, M., & Bourlard, H. (2021, June). Automatic and perceptual discrimination between dysarthria, apraxia of speech, and neurotypical speech. In *ICASSP 2021-2021 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)* (pp. 7308-7312). IEEE.

Kormos, J. (2011). Speech production and the Cognition Hypothesis*. In P. Robinson (Ed), Second language task complexity: Researching the Cognition Hypothesis of language learning and performance*, 2, 39-60. https://doi.org/10.1075/tblt.2.06ch2

Kuznetsova, A., Brockhoff, P.B. & Christensen, R.H.B. (2017). lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects M odels. *Journal of Statistical Software, 82*(13), 1-26. https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13

LaBarba, R. C., Bowers, C. A., Kingsberg, S. A., & Freeman, G. (1987). The effects of concurrent vocalization on f oot and hand motor performance: A test of the functional distance hypothesis. *Cortex,* 23(2), 301-308. https://doi.org/10.1016/S0010-9452(87)80040-0

Laganaro, M. (2012). Patterns of Impairments in AOS and Mechanisms of Interaction Between Phonological and Phonetic Encoding. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55 (5) : S1535-S1543. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2012/11-0316)

Laganaro, M. (2015). Paraphasies phonémiques et/ou phonétiques ? Des raisons et des difficultés de cette distinction. *Revue de Neuropsychologie*, 7(1) : 27-32. https://doi.org/10.3917/rne.071.0027

Laganaro, M., Bonnans, C., & Fargier, R. (2019). Word form encoding is under attentional demand: Evidence from dual-task interference in aphasia. *Cognitive Neuropsychology*, *36*(1-2), 18-30. https://doi.org/10.1080/02643294.2018.1564650

Laganaro, M., Fougeron, C., Pernon, M., Levêque, N., Borel, S., Fournet, M., Catalano Chiuvé, S., Lopez, U., Trouville, R., Ménard, L., Burkhard, P.R., Assal, F., & Delvaux, V. (2021). Sensitivity and specificity of an

acoustic and perceptual-based tool for assessing motor speech disorders in French: the MonPaGe-screening protocol. *Clinical Linguistics & Phonetics*, *35*(11), 1060-1075. https://doi.org/10.1080/02699206.2020.1865460

Lalain, M., Ghio, A., Giusti, L., Robert, D., Fredouille, C., & Woisard, V. (2020). Design and development of a speech intelligibility test based on pseudowords in French: Why and how?. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63(7), 2070-2083. https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-19-00088

Lancheros, M., Pernon, M., & Laganaro, M. (2022). Is there a continuum between speech and other oromotor tasks? evidence from motor speech disorders. *Aphasiology*, 1-20. https://doi.org/10.1080/02687038.2022.2038367

Lansford, K. L., & Liss, J. M. (2014). Vowel acoustics in dysarthria: Speech disorder diagnosis and classification. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 57(1), 57-67. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2013/12-0262)

Lansford, K. L., Berisha, V., & Utianski, R. L. (2016). Modeling listener perception of speaker similarity in dysarthria. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(6), EL209-EL215. https://doi.org/10.1121/1.4954384

Leclercq, M., & Zimmermann, P. (2000). L'évaluation des fonctions attentionnelles. In X. Seron, & M. Van der Linden M. (Eds). *Traité de neuropsychologie clinique : Tome I* (pp. 95- 114). Editions Solal.

Leclercq, M. (2002). Theoretical aspects of the main components and functions of attention. In M. Leclercq, & P. Zimmermann (Eds.). *Applied neuropsychology of attention: Theory, diagnosis, and rehabilitation* (pp. 3–55). (1st ed.). Psychology Press.

Lesage, S., Houot M., Mangone, G., Tesson, C., Bertrand, H., Forlani, S., Anheim, M., Brefel-Courbon, C., Broussolle, E., Thobois, S., Damier, P., Durif, F., Roze, E., Tison, F., Grabli, D., Ory-Magne, F., Degos, B., Viallet, F., Cormier-Dequaire, F., Ouvrard-Hernandez, A.-M., Vidailhet, M., Lohmann, E., Singleton, A., Corvol, J.-C., & Brice, A, (2020). Genetic and Phenotypic Basis of Autosomal Dominant Parkinson's Disease in a Large Multi-Center Cohort. Frontiers in Neurology, 11:682. https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00682

Levelt, W.(1989). *Speaking: from intention to articulation*. Cambridge, Mass: MIT Press.

Levelt, W. J. (1992). Accessing words in speech production: Stages, processes and representations. *Cognition,* 42(1-3), 1-22. https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90038-J

Levelt, W. J., Roelofs, A., & Meyer, A. S. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and brain sciences*, *22*(1), 1-38. https://doi.org/10.1017/S0140525X99001776

Lindblom, B. (1990). Explaining Phonetic Variation: A Sketch of the H&H Theory. In: Hardcastle, W.J., Marchal, A. (eds) Speech Production and Speech Modelling. NATO ASI Series, vol 55. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-2037-8_16

Liss, J. M., Spitzer, S. M., Caviness, J. N., & Adler, C. (2002). The effects of familiarization on intelligibility and lexical segmentation in hypokinetic and ataxic dysarthria. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *112*(6), 3022-3030. https://doi.org/10.1121/1.1515793

Logan, K. J. (2020). *Fluency disorders: Stuttering, cluttering, and related fluency problems*. Plural Publishing.

Lowry, O. (2021). Suprasegmental Phonetics. In M.J. Ball (Ed), *Manual of Clinical Phonetics* (pp. 54-64). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429320903

Maas, E., Mailend, M. L., & Guenther, F. H. (2015). Feedforward and feedback control in apraxia of speech: Effects of noise masking on vowel production. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 58(2), 185-200. https://doi.org/10.1044/2014_JSLHR-S-13-0300

Machado, A., Fen Chien, H., Mitiko Deguti, M., Canc, E., Soares Azevedo, R., Scaff, M., & Reis Barbosa, E. (2006). Neurological Manifestations in Wilson's Disease : Report of 119 Cases. *Movement Disorders*, *21* (12), 2192–96. https://doi.org/10.1002/mds.21170

Mackenzie, C., & Green, J. (2009). Cognitive–linguistic deficit and speech intelligibility in chronic progressive multiple sclerosis. *International journal of language & communication disorders,* 44(4), 401-420. https://doi.org/10.1080/13682820802697879

Mailend ML, Maas E. (2020). To Lump or to Split? Possible Subtypes of Apraxia of Speech. *Aphasiology*, 35(4): 592-613. https://doi.org/10.1080/02687038.2020.1836319

Mancioppi, G., Fiorini, L., Rovini, E., & Cavallo, F. (2021b). The use of Motor and Cognitive Dual-Task quantitative assessment on subjects with mild cognitive impairment: A systematic review. *Mechanisms of Ageing and Development*, *193*, 111393. https://doi.org/10.1016/j.mad.2020.111393

Marczyk, A., & Machuca, M. J. (2018). Temporal control in the voicing contrast: Evidence from surgery-related apraxia of speech. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 32(2), 148-165. https://doi.org/10.1080/02699206.2017.1334091

Marczyk, A., Ghio, A., Lalain, M., Rebourg, M., Fredouille, C., & Woisard, V. (2022). Optimizing linguistic materials for feature-based intelligibility assessment in speech impairments. *Behavior Research Methods*, 54(1), 42-53. https://doi.org/10.3758/s13428-021-01610-9

Martel Sauvageau, V., Roy, J. P., Cantin, L., Prud'Homme, M., Langlois, M., & Macoir, J. (2015). Articulatory changes in vowel production following STN DBS and levodopa intake in Parkinson's disease. *Parkinson's Disease*, 2015. https://doi.org/10.1155/2015/382320

Martel-Sauvageau, V., & Tjaden, K. (2017). Vocalic transitions as markers of speech acoustic changes with STN-DBS in Parkinson's Disease. *Journal of communication disorders*, *70*, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2017.10.001

Maryn, Y., Roy, N., De Bodt, M., Van Cauwenberge, P., & Corthals, P. (2009). Acoustic measurement of overall voice quality: A meta-analysis. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *126*(5), 2619-2634.

Maquestiaux, F., Ruthruff, E., Defer, A., & Ibrahime, S. (2018). Dual-task automatization: The key role of sensory–motor modality compatibility. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 80(3), 752-772. https://doi.org/10.3758/s13414-017-1469-4

Maryn, Y., Corthals, P., Van Cauwenberge, P., Roy, N., & De Bodt, M. (2010). Toward improved ecological validity in the acoustic measurement of overall voice quality: combining continuous speech and sustained vowels. *Journal of voice*, *24*(5), 540-555. https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2009.12.004

Mathias, S., Nayak, U. S., & Isaacs, B. (1986). Balance in elderly patients: the" get-up and go" test. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *67*(6), 387-389.

McCaig, C. M., Adams, S. G., Dykstra, A. D., & Jog, M. (2016). Effect of concurrent walking and interlocutor distance on conversational speech intensity and rate in Parkinson's disease. *Gait & posture*, *43,* 132-136. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.09.011

McClelland, J. L., Mirman, D., & Holt, L. L. (2006). Are there interactive processes in speech perception?. *Trends in cognitive sciences*, 10(8), 363-369. https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.06.007

McNeil, M. R., Liss, J. M., Tseng, C. H., & Kent, R. D. (1990). Effects of speech rate on the absolute and relative timing of apraxic and conduction aphasic sentence production. *Brain and Language*, *38*(1), 135-158. https://doi.org/10.1016/0093-934X(90)90106-Q

McNeil, M. R., Robin, D. A., & Schmidt, R. A. (1997). *Clinical Management of Sensorimotor Speech Disorders*. Thieme Medical Publishers.

McNeil, M. R., Robin, D. A., & Schmidt, R. A. (1997). Apraxia of speech: definition, differentiation and treatment. In M. R. McNeil (Ed.), *Clinical Management of Sensorimotor Speech Disorders* (pp. 311–344). Thieme Medical Publishers.

McNeil, M. R., Pratt, S. R., & Fossett Tepanta, R. D. (2004). The differential diagnosis of apraxia of speech. In B. Maassen (Ed.), *Speech Motor Control in Normal and Disordered Speech* (pp. 389–414). Oxford University Press.

McNeil, M. R., Robin, D. A., & Schmidt, R. A. (2009). Apraxia of speech. In M.R McNeil (Ed.), *Clinical Management of Sensorimotor Speech Disorders* (2d ed., pp. 249-268). New York: Thieme Medical Publishers.

McNeil, M. R., Ballard, K. J., Duffy, J. R., Wambaugh, J. (2017). Apraxia of speech: theory, assessment, differential diagnosis, and treatment: Past, present, and future. In P. van Lieshout, B. Maassen, & H. Terband (Eds). *Speech motor control in normal and disordered speech: Future developments in theory and methodology* (pp. 195-221). ASHA Press.

McGuire, G. (2021). Perceptual Phonetic Experimentation. In M.J. Ball (Ed), *Manual of Clinical Phonetics* (pp. 495-506). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429320903

Melle, N., Gallego, C. (2012). Differential Diagnosis between Apraxia and Dysarthria Based on Acoustic Analysis". *The Spanish Journal of Psychology,* 152: 495-504. http://dx.doi.org/10.5209/rev_SJOP.2012.v15.n2.38860

Meluzzi, C. (2021). Sound Spectrography. In M.J. Ball (Ed), *Manual of Clinical Phonetics* (pp. 418-443). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429320903

Menin-Sicard, A. & Sicard, E. (2020). Outils de mesures et d'évaluation objective de la phonologie, de la fluence et de la prosodie avec DIADOLAB3. *Rééducation orthophonique*, 281, 131-168.

Metten, C., Bosshardt, H. G., Jones, M., Eisenhuth, J., Block, S., Carey, B., ... & Menzies, R. (2011). Dual tasking and stuttering: From the laboratory to the clinic. *Disability and Rehabilitation*, *33*(11), 933-944. https://doi.org/10.3109/09638288.2010.515701

Meulemans, T. (2006). Les fonctions exécutives : approche théorique. In P. Pradat-Diehl & P. Azouvi, & V. Brun (Eds). *Fonctions exécutives et rééducation* (pp. 1-10). Editions Masson.

Meyer, A. S., & Van der Meulen, F. F. (2000). Phonological priming effects on speech onset latencies and viewing times in object naming. *Psychonomic Bulletin & Review*, *7*(2), 314-319. https://doi.org/10.3758/BF03212987

Miller, H. E., & Guenther, F. H. (2021). Modelling speech motor programming and apraxia of speech in the DIVA/GODIVA neurocomputational framework. *Aphasiology,* 35(4), 424-441. https://doi.org/10.1080/02687038.2020.1765307

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, *41*(1), 49-100. https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734

Molloy, J., & Jagoe, C. (2019). Use of diverse diagnostic criteria for acquired apraxia of speech: a scoping review. *International journal of language & communication disorders*, 54(6), 875-893. https://doi.org/10.1111/1460-6984.12494

Moya-Galé, G., & Levy, E. S. (2019). Parkinson's disease-associated dysarthria: prevalence, impact and management strategies. *Research and Reviews in Parkinsonism*, *9*, 9-16. https://doi.org/10.2147/JPRLS.S168090

Muhle, P., Claus, I., Labeit, B., Ogawa, M., Dziewas, R., Suntrup-Krueger, S., & Warnecke, T. (2020). Effects of cognitive and motor dual-tasks on oropharyngeal swallowing assessed with FEES in healthy individuals. *Scientific reports*, *10*(1), 1-7. https://doi.org/10.1038/s41598-020-77421-3

Mumby, K., Bowen, A., & Hesketh, A. (2007). Apraxia of speech: how reliable are speech and language therapists' diagnoses?. *Clinical Rehabilitation*, 21(8), 760-767. https://doi.org/10.1177/0269215507077285

Navon, D., & Miller, J. (2002). Queuing or sharing? A critical evaluation of the single-bottleneck notion. *Cognitive Psychology*, 44, 193–251. https://doi.org/10.1006/cogp.2001.0767

Nemr, K., Silva, A. D. C., de Albuquerque Rodrigues, D., & Zenari, M. S. (2018). Medications and adverse voice effects. *Journal of Voice*, 32(4), 515-e29. https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.07.009

Norman, D. A., & Bobrow, D. G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive psychology*, *7*(1), 44-64. https://doi.org/10.1016/0010-0285(75)90004-3

Norris, D., McQueen, J. M., & Cutler, A. (2003). Perceptual learning in speech. Cognitive psychology, 47(2), 204-238. https://doi.org/10.1016/S0010-0285(03)00006-9

Odell, K., McNeil, M. R., Rosenbek, J. C., & Hunter, L. (1990). Perceptual characteristics of consonant production by apraxic speakers. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 55(2), 345-359. https://doi.org/10.1044/jshd.5502.345

Ogar, J., Willock, S., Baldo, J., Wilkins, D., Ludy, C., & Dronkers, N. (2006). Clinical and anatomical correlates of apraxia of speech. *Brain and Language*, 97(3), 343-350. https://doi.org/10.1016/j.bandl.2006.01.008

Olmstead, A. J., Lee, J., & Chen, J. (2022). Perceptual Learning of Altered Vowel Space Improves Identification of Vowels Produced by Individuals With Dysarthria Secondary to Amyotrophic Lateral Sclerosis. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 1-11. https://doi.org/10.1044/2022_JSLHR-21-00567

Özsancak, C. (2007). Auto-évaluation de la dysarthrie. In P. Auzou, V. Rolland-Monnoury, S. Pinto, & C., Özsancak (Eds). *Les dysarthries* (pp. 228-235). Editions Solal.

Padovani, M., Gielow, I., & Behlau, M. (2009). Phonarticulatory diadochokinesis in young and elderly individuals. *Arquivos de Neuro-psiquiatria*, *67*, 58-61.

https://doi.org/10.1590/S0004-282X2009000100015

Papakyritsis, I. (2021). Acoustic Phonetics for the Speech Clinician. In M.J. Ball (Ed), *Manual of Clinical Phonetics* (pp. 16-26). Routledge.

Parrell, B., Ramanarayanan, V., Nagarajan, S., & Houde, J. (2019). The FACTS model of speech motor control: Fusing state estimation and task-based control. *PLoS computational biology*, *15*(9), e1007321. https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1007321

Pashler, H. (1984). Processing stages in overlapping tasks: evidence for a central bottleneck. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, *10*(3), 358. https://doi.org/10.1037/0096-1523.10.3.358

Pashler, H., & Johnston, J. C. (1989). Chronometric evidence for central postponement in temporally overlapping tasks. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *41*(1), 19-45. https://doi.org/10.1037/0033-2909.116.2.220

Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: data and theory. *Psychological bulletin*, *116*(2), 220-244. https://doi.org/10.1037/0033-2909.116.2.220

Pashler, H., Johnston, J. C., & Ruthruff, E. (2001). Attention and performance. *Annual review of psychology*, *52*(1), 629-651. DOI:10.1146/annurev.psych.52.1.629 https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.629

Patel, R., Connaghan, K., Franco, D., Edsall, E., Forgit, D., Olsen, L., Ramage, L., Tyler, E., & Russell, S. (2013). "The caterpillar": A novel reading passage for assessment of motor speech disorders. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 22(1), 1–9. https://doi.org/10.1044/1058-0360(2012/11-0134

Peirce, J. W. (2007). PsychoPy—psychophysics software in Python. *Journal of Neuroscience Methods*, *162*(1–2), 8–13. https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2006.11.017

Perkell, J. S., Zandipour, M., Matthies, M. L., & Lane, H. (2002). Economy of effort in different speaking conditions I. A preliminary study of intersubject differences and modeling issues. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 112(4), 1627–1641. https://doi.org/10.1121/1.1506369

Pernon, M. (2009). *Débit de parole dans les dysarthries de la maladie de Wilson - Etude de l'influence des troubles attentionnels et dysexécutifs en condition de double tâche* [Mémoire de Master 2, publié]. Université Sorbonne nouvelle, Paris

Pernon, M., Trocello, J-M., Cousin, C., Peron-Magnan, T., de Tassigny, A., & Chevaillier, G. (2009). Spécificité de la pratique orthophonique auprès de patients atteints de la maladie de Wilson : expérience du Centre National de Référence pour la maladie de Wilson. *L'Orthophoniste, 292*, 19-26.

Pernon, M., Trocello, J.-M., Vaissière, J., Cousin, C., Chevaillier, G., Rémy, P., Kidri-Osmani, K., Fougeron, C., & Woimant, F. (2013a). Le débit de parole du patient wilsonien dysarthrique peut-il être amélioré en condition de double tâche? [Could speech rate of Wilson's disease dysarthric patient be improved in dual task condition?] *Revue Neurologique*, *169*(6), 502-509. https://doi.org/10.1016/j.neurol.2012.12.003

Pernon, M., Trocello, J. M., & Woimant, F. (2013b). Recherche orthophonique en Centre Maladie Rare. *Glossa 113,* Numéro spécial XIIIèmes Rencontres d'Orthophonie.

Pernon, M. (2015) « Maladie de Wilson et Orthophonie », *L'Orthophoniste*, 351 : 19-23.

Pernon, M., Fougeron, C., Beurton, C., Bodiguel, L., Poujois, A., & Woimant, F. (2017, 29-30 Juin). *Mesures de performance en production, de l'effet de la tâche et de l'attention sur les paramètres temporels de la parole de locuteur.rices contrôles et de locuteur.rices dysarthriques wilsoniens*. [Communication]. 7èmes Journées de Phonétique Clinique, Paris.

Pernon, M. (2018, 10 novembre). *Etude de la parole en double tâche : vers l'intégration de l'attention et des fonctions exécutives dans la prise en charge logopédique des troubles moteurs acquis de la parole ?* [Communication]. De la recherche à la clinique logopédique : Apports des recherches menées au sein de la Maîtrise Universitaire en Logopédie, Genève.

Pernon, M., Fournet, M., Fougeron, C., & Laganaro, M. (2019, August 5-9). Dual-task effects on speech and non-verbal tasks according to task properties. [Paper presentation]. *19th International Congress of Phonetic Sciences*, Melbourne, Australia. https://icphs2019.org/icphs2019-fullpapers/pdf/fullpaper_253.pdf

Pernon, M., Lévêque, N., Delvaux, V., Assal, F., Borel, S., Fougeron, C., Trouville, R., & Laganaro, M. (2020). MonPaGe, un outil de screening francophone informatisé d'évaluation perceptive et acoustique des troubles moteurs de la parole (dysarthries, apraxie de la parole). *Rééducation orthophonique*, 281, 169-198.

Pernon, M., Assal, F., Kodrasi, I., & Laganaro, M. (2022). Perceptual Classification of Motor Speech Disorders: The Role of Severity, Speech Task, and Listener's Expertise. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 65*(8), 2727-2747. https://doi.org/10.1044/2022_JSLHR-21-00519

Pernon, M. (2022). Parole - Sémiologie et évaluation clinique des troubles moteurs acquis de la parole : apraxies de la parole et dysarthries. In C. Sainson, C. Bolloré, J. Trauchessec (Eds). *Neurologie et Orthophonie, Tome 1 : Données Théoriques et Evaluation des Troubles Acquis de l'Adulte.* De Boeck Supérieur.

Perret, C., Schneider, L., Dayer, G., & Laganaro, M. (2014). Convergences and divergences between neurolinguistic and psycholinguistic data in the study of phonological and phonetic encoding: A parallel investigation of syllable frequency effects in brain-damaged and healthy speakers. *Language, Cognition and Neuroscience*, *29*(6), 714-727. https://doi.org/10.1080/01690965.2012.678368

Plummer, P., & Eskes, G. (2015). Measuring treatment effect on dual-task performance: a framework for research and clinical practice. Frontiers in Human Neuroscience, 9(225). doi:10.3389/fnhum.2015.00225. https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00225

Pinto, S., Gentil, M., Krack, P., Sauleau, P., Fraix, V., Benabid, A. L., & Pollak, P. (2005). Changes induced by levodopa and subthalamic nucleus stimulation on parkinsonian speech. *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society*, *20*(11), 1507-1515. https://doi.org/10.1002/mds.20601

Pinto, S., Chan, A., Guimarães, I., Rothe-Neves, R., & Sadat, J. (2017). A cross-linguistic perspective to the study of dysarthria in Parkinson's disease. *Journal of Phonetics*, 64, 156-167.

Pommée, T., Balaguer, M., Mauclair, J., Pinquier, J., & Woisard, V. (2021a). Assessment of adult speech disorders: current situation and needs in French-speaking clinical practice. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 1-15. https://doi.org/10.1080/2050571X.2021.1913300

Pommée, T., Balaguer, M., Mauclair, J., Pinquier, J., & Woisard, V. (2022). Intelligibility and comprehensibility: A Delphi consensus study. *International Journal of Language & Communication Disorders,* 57, 21-41. https://doi.org/10.1111/1460-6984.12672

Poujois, A., Djebrani-Oussedik, N., Poupon, J., & Woimant, F. (2021). Maladie de Wilson. *Revue Francophone des Laboratoires*, 533, 44-54.

Pradat-Diehl, P., Azouvi, P., & Brun, V. (2006*) Fonctions exécutives et rééducation*. Editions Masson.

Qualtrics® (2019). [Computer software]. Retrieved from https://www.qualtrics.com..

R Core Team (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Consulté à l'adresse URL : https://www.R-project.org/

Raffegeau, T. E., Haddad, J. M., Huber, J. E., & Rietdyk, S. (2018). Walking while talking: Young adults flexibly allocate resources between speech and gait. *Gait & Posture*, *64*, 59–62. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.05.029

Rahilly, J., & Lowry, O. (2021). Articulatory Phonetics for the Speech Clinician. In M.J. Ball (Ed), *Manual of Clinical Phonetics* (pp. 3-15). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429320903

Ramig, L. A., Titze, I. R., Scherer, R. C., & Ringel, S. P. (1988). Acoustic analysis of voices of patients with neurologic disease: rationale and preliminary data. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, *97*(2), 164-172. https://doi.org/10.1177/000348948809700214

Ramig, L. O., Gray, S., Baker, K., Corbin-Lewis, K., Buder, E., Luschei, E., Coon, H., & Smith, M. (2001). The aging voice: a review, treatment data and familial and genetic perspectives. *Folia phoniatrica et logopaedica*, 53(5), 252-265. https://doi.org/10.1159/000052680

Ramanarayanan, V., Lammert, A. C., Rowe, H. P., Quatieri, T. F., & Green, J. R. (2022). Speech as a biomarker: Opportunities, interpretability, and challenges. *Perspectives of the ASHA Special Interest Groups*, *7*(1), 276-283. https://doi.org/10.1044/2021_PERSP-21-00174

Rinkel, R. N., Leeuw, I. M. V. D., van Reij, E. J., Aaronson, N. K., & Leemans, C. R. (2008). Speech handicap index in patients with oral and pharyngeal cancer: better understanding of patients' complaints. *Head & Neck: Journal for the Sciences and Specialties of the Head and Neck*, *30*(7), 868-874. https://doi.org/10.1002/hed.20795

Roelofs, A. (2008). Attention, gaze shifting, and dual-task interference from phonological encoding in spoken word planning. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34(6), 1580-1598. https://doi.org/10.1037/a0012476

Roelofs, A., & Piai, V. (2011). Attention demands of spoken word planning: A review. *Frontiers in psychology*, *2*, 307. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00307

Romani, C., & Galluzzi, C. (2005). Effects of syllabic complexity in predicting accuracy of repetition and direction of errors in patients with articulatory and phonological difficulties. *Cognitive neuropsychology*, *22*(7), 817-850. https://doi.org/10.1080/02643290442000365

Rong, P., & Heidrick, L. (2021). Spatiotemporal Control of Articulation During Speech and Speechlike Tasks in Amyotrophic Lateral Sclerosis. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 1-18. https://doi.org/10.1044/2020_AJSLP-20-00136

Rousseaux, M., Cabaret, M., & Bernati, T. (2001). Evaluation clinique et écologique de l'attention. In J. Couillet, M. Leclercq, C. Moroni, & P. Azouvi (Eds). *La neuropsychologique de l'attention* (pp. 11-26). Editions Solal.

Rousseaux, M., Cabaret, M., Bernati, T., Saj, A., & Kozlowski, O. (2006). Interactions entre attention et fonctions exécutives. In P. Pradat-Diehl, P. Azouvi, V. Brun (eds). *Fonctions exécutives et rééducation* (pp. 11-20). Editions Masson.

Scheffel, L., Duffy, J. R., Strand, E. A., & Josephs, K. A. (2021). Word fluency test performance in primary progressive aphasia and primary progressive apraxia of speech. *American journal of speech-language pathology*, *30*(6), 2635-2642. https://doi.org/10.1044/2021_AJSLP-21-00058

Seddoh, S. A., Robin, D. A., Sim, H. S., Hageman, C., Moon, J. B., & Folkins, J. W. (1996). Speech timing in apraxia of speech versus conduction aphasia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *39*(3), 590-603. https://doi.org/10.1044/jshr.3903.590

Sheard, C., Adams, R. D., & Davis, P. J. (1991). Reliability and agreement of ratings of ataxic dysarthric speech samples with varying intelligibility. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *34*(2), 285-293. https://doi.org/10.1044/jshr.3402.285

Sicard, E. & Menin-Sicard, A. (2020a). DIADOLAB, bilan et rééducation orthophonique de la parole [Computer program]. Version 3.1 http://www.diadolab.org

Sicard, E. & Menin-Sicard, A. (2020b). VOCALAB, bilan et rééducation orthophonique de la voix [Computer program]. Version 4.1 http://www.vocalab.org

Silveri, M. C. (2021). Contribution of the cerebellum and the basal ganglia to language production: Speech, word fluency, and sentence construction—evidence from pathology. *The Cerebellum,* 20(2), 282-294. https://doi.org/10.1007/s12311-020-01207-6

Simmons, K. C., & Mayo, R. (1997). The use of the Mayo Clinic system for differential diagnosis of dysarthria. *Journal of communication disorders*, 30(2), 117-132. https://doi.org/10.1016/S0021-9924(96)00058-5

Skodda, S., Grönheit, W., Mancinelli, N., & Schlegel, U. (2013). Progression of voice and speech impairment in the course of Parkinson's disease: a longitudinal study. *Parkinson's disease*, *2013*. https://doi.org/10.1155/2013/389195

Slis, A., Lévêque, N., Fougeron, C., Pernon, M., Assal, F., & Lancia, L. (2021). Analysing spectral changes over time to identify articulatory impairments in dysarthria. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *149*(2), 758-769. https://doi.org/10.1121/10.0003332

Solomon, N. P., Garlitz, S. J., & Milbrath, R. L. (2000). Respiratory and laryngeal contributions to maximum phonation duration. *Journal of voice*, *14*(3), 331-340. https://doi.org/10.1016/S0892-1997(00)80079-X

Southwood, M. H., & Dagenais, P. (2001). The role of attention in apraxic errors. *Clinical linguistics & phonetics*, *15*(1-2), 113-116. https://doi.org/10.3109/02699200109167641

Staiger, A., Finger-Berg, W., Aichert, I., & Ziegler, W. (2012). Error variability in apraxia of speech: A matter of controversy. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55, S1544-S1561. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2012/11-0319)

Staiger, A., Schölderle, T., Brendel, B., Bötzel, K., & Ziegler, W. (2017a). Oral motor abilities are task dependent: A factor analytic approach to performance rate. *Journal of Motor Behavior*, *49*(5), 482-493. https://doi.org/10.1080/00222895.2016.1241747

Staiger, A., Schoelderle, T., Brendel, B., & Ziegler, W. (2017b). Dissociating oral motor capabilities: Evidence from patients with movement disorders. *Neuropsychologia*, *95*, 40-53. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.12.010

Stipancic, K. L., Palmer, K. M., Rowe, H. P., Yunusova, Y., Berry, J. D., & Green, J. R. (2021). "You Say Severe, I Say Mild": Toward an Empirical Classification of Dysarthria Severity. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 1-18. https://doi.org/10.1044/2021_JSLHR-21-00197

Strand, E. A., Duffy, J. R., Clark, H. M., & Josephs, K. (2014). The Apraxia of Speech Rating Scale: A tool for diagnosis and description of apraxia of speech. *Journal of communication disorders*, *51*, 43-50. https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2014.06.008

Strayer, D. L., & Johnston, W. A. (2001). Driven to distraction: Dual-task studies of simulated driving and conversing on a cellular telephone. *Psychological science*, *12*(6), 462-466. https://doi.org/10.1111/1467-9280.00386

Smiljanić, R., & Bradlow, A. R. (2009). Speaking and hearing clearly: Talker and listener factors in speaking style changes. Language and Linguistics Compass, 3(1), 236–264. https://doi.org/10.1111/j.1749-818X.2008.00112.x

Summers, W. V., Pisoni, D. B., Bernacki, R. H., Pedlow, R. I., & Stokes, M. A. (1988). Effects of noise on speech production: Acoustic and perceptual analyses. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 84(3), 917–928. https://doi.org/10.1121/1.396660

Tasko S.M., McClean M. D. (2004). "Variations in Articulatory Movement With Changes in Speech Task". *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 47: 85-100. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2004/008)

Tacchino, A., Veldkamp, R., Coninx, K., Brulmans, J., Palmaers, S., Hämäläinen, P., D'Hooge, M., Vanzeir, E., Kalron, A., Brichetto, G., Feys, P., & Baert, I. (2020). Design, development, and testing of an app for dual-task assessment and training regarding cognitive-motor interference (CMI-APP) in people with multiple sclerosis: Multicenter Pilot Study. *JMIR mHealth and uHealth*, *8*(4), e15344. doi: 10.2196/15344

Tetnowski, J. A., Scott, K. S., & Rutland, B. F. (2021). Fluency and fluency disorders. *The handbook of language and speech disorders*, 414-444. https://doi.org/10.1002/9781119606987.ch19

Tezcaner, Z. Ç., Gökmen, M. F., Yıldırım, S., & Dursun, G. (2019). Clinical features of psychogenic voice disorder and the efficiency of voice therapy and psychological evaluation. *Journal of Voice*, *33*(2), 250-254. https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.09.022

Tjaden, K., Rivera, D., Wilding, G., Turner, GS. (2005). Characteristics of the lax vowel space in dysarthria. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 48(3), 554-66. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2005/038)

Tjaden, K. (2008). Speech and swallowing in Parkinson's disease. *Topics in geriatric rehabilitation*, 24(2), 115. doi: 10.1097/01.TGR.0000318899.87690.44

Tjaden, K., Richards, E., Kuo, C., Wilding, G., & Sussman, J. (2013). Acoustic and perceptual consequences of clear and loud speech. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 65(4), 214–220. https://doi.org/10.1159/000355867

Tjaden, K., & Martel Sauvageau, V. (2017). Consonant acoustics in Parkinson's disease and multiple sclerosis: Comparison of clear and loud speaking conditions. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *26*(2S), 569-582. https://doi.org/10.1044/2017_AJSLP-16-0090

Tomik, B., & Guiloff, R. J. (2010). Dysarthria in amyotrophic lateral sclerosis: A review. *Amyotrophic Lateral Sclerosis*, *11*(1-2), 4-15. https://doi.org/10.3109/17482960802379004

Tourville, J. A., & Guenther, F. H. (2011). The DIVA model: A neural theory of speech acquisition and production. *Language and cognitive processes*, *26*(7), 952-981. https://doi.org/10.1080/01690960903498424

Tracy, J. M., Özkanca, Y., Atkins, D. C., & Ghomi, R. H. (2020). Investigating voice as a biomarker: Deep phenotyping methods for early detection of Parkinson's disease. *Journal of biomedical informatics*, 104, 103362. https://doi.org/10.1016/j.jbi.2019.103362

Trouville, R., Delvaux, V., Fougeron, C., & Laganaro, M., (2021). Logiciel d'évaluation de la parole (version screening). MonPaGe-2.0.s [Computer program] Retrieved on 21/08/2021 from https://lpp.in2p3.fr/monpage/

Utianski, R., Duffy, J. R., Clark, H. M., Strand, E. A., Botha, H., Schwarz, C. G., Machulda, M. M., Senjem, M. L., Spychalla, A. J., Jack, C. R., Petersen, R. C., Lowe, V. J., Whitwell, J. L., & Josephs, K. A. (2018). Prosodic and phonetic subtypes of primary progressive apraxia of speech. *Brain and Language*, *184*, 54–65. https://doi.org/org/10.1016/j.bandl.2018.06.004

Utianski, R. L., & Duffy, J. R. (2022). Understanding, Recognizing, and Managing Functional Speech Disorders: Current Thinking Illustrated With a Case Series. A*merican journal of speech-language pathology*, 31(3), 1205-1220. https://doi.org/10.1044/2021_AJSLP-21-00366

Vaissière, J. (2020). *La phonétique* (4ème ed.). Que sais-je, P.U.F.

Van Brenk, F., Stipancic, K., Kain, A., & Tjaden, K. (2022). Intelligibility Across a Reading Passage: The Effect of Dysarthria and Cued Speaking Styles. *American journal of speech-language pathology*, 1-19. https://doi.org/10.1044/2021_AJSLP-21-00151

Van der Graaff, M., Kuiper, T., Zwinderman, A., Van de Warrenburg, B., Poels, P., Offeringa, A., Van der Kooi, A., Speelman, H., & De Visser, M. (2009). Clinical identification of dysarthria types among neurologists, residents in neurology and speech therapists. *European neurology*, 61(5), 295-300. https://doi.org/10.1159/000206855

Van der Linden M., Meulemans T., Seron X., Coyette F., Andrès P., & Prairial C. (2000). L'évaluation des fonctions executives. In X. Seron & M. Van der Linden (Eds), *Traité de neuropsychologie clinique : Tome I* (pp. 275-300). Editions Solal.

Van der Merwe, A. (1997). A theoretical framework for the characterization of pathological speech sensorimotor control. In M. R. McNeil (Ed.). *Clinical management of sensorimotor speech disorders* (pp. 3–18). Thieme Medical Publishers.

Van der Merwe, A. (2011). A speech motor learning approach to treating apraxia of speech: Rationale and effects of intervention with an adult with acquired apraxia of speech. *Aphasiology*, *25*(10), 1174-1206. https://doi.org/10.1080/02687038.2011.582246

Van der Merwe, A., & Steyn, M. (2018). Model-driven treatment of childhood apraxia of speech: Positive effects of the speech motor learning approach. *American journal of speech-language pathology*, *27*(1), 37-51. https://doi.org/10.1044/2017_AJSLP-15-0193

Van Der Merwe, A. (2021). New perspectives on speech motor planning and programming in the context of the four-level model and its implications for understanding the pathophysiology underlying apraxia of speech and other motor speech disorders. *Aphasiology*, *35*(4), 397-423. https://doi.org/10.1080/02687038.2020.1765306

Van Zomeren, A. H., & Brouwer, W.H. (1994). Theories and concepts of attention. In *Clinical neuropsychology of attention* (pp.7-38). Oxford University Press.

Volkmann, J., Hefter, H., Lange, H.W., & Freund, H.J. (1992). Impairment of Temporal Organization of Speech in Basal Ganglia Diseases. *Brain and Language, 43* (3): 386-99. https://doi.org/10.1016/0093-934X(92)90108-Q

Waito, A. A., Wehbe, F., Marzouqah, R., Barnett, C., Shellikeri, S., Cui, C., Abrahao, A., Zinman, L., Green, J.R., & Yunusova, Y. (2021). Validation of articulatory rate and imprecision judgments in speech of individuals with amyotrophic lateral sclerosis. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 30(1), 137-149. https://doi.org/10.1044/2020_AJSLP-20-0019

Wambaugh, J. L., Bailey, D. J., Mauszycki, S. C., & Bunker, L. D. (2019). Interrater reliability and concurrent validity for the Apraxia of Speech Rating Scale 3.0: Application with persons with acquired apraxia of speech and aphasia. *American journal of speech-language pathology*, 28(2S), 895-904. https://doi.org/10.1044/2018_AJSLP-MSC18-18-0099

Wertz, R. T., La Pointe, L. L., & Rosenbeck ,J. C. (1984). *Apraxia of Speech in Adults: The Disorder and its Management*. Grune & Stratton.

Wickens, C. D. (2008). Multiple resources and mental workload. *Human factors*, *50*(3), 449-455. https://doi.org/10.1518/001872008X288394

Whitfield, J. A., & Goberman, A. M. (2017). Speech motor sequence learning: Effect of Parkinson disease and normal aging on dual-task performance. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 60(6S), 1752-1765. https://doi.org/10.1044/2017_JSLHR-S-16-0246

Whitfield, J. A., Kriegel, Z., Fullenkamp, A. M., & Mehta, D. D. (2019). Effects of concurrent manual task performance on connected speech acoustics in individuals with Parkinson disease. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *62*(7), 2099-2117. https://doi.org/10.1044/2019_JSLHR-S-MSC18-18-0190

Whitfield, J. A., Holdosh, S. R., Kriegel, Z., Sullivan, L. E., & Fullenkamp, A. M. (2021). Tracking the costs of clear and loud speech: Interactions between speech motor control and concurrent visuomotor tracking. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 1-14. https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-20-00264

Whitfield, J. A., & Holdosh, S. R. (2021). Practice Mediates Bidirectional Dual-Task Interference When Performing a Novel Sequential Nonword Repetition Task. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *64*(6), 1904-1917. https://doi.org/10.1044/2021_JSLHR-20-00605

Whitworth, A., Webster, J., & Howard, D. (2005). *A cognitive neuropsychological approach to assessment and intervention in aphasia: A clinician's guide*. Psychology Press.

Wren, Y., Miller, L. L., Peters, T. J., Emond, A., & Roulstone, S. (2016). Prevalence and predictors of persistent speech sound disorder at eight years old: Findings from a population cohort study. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 59*(4), 647-673. https://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-S-14-0282

Yorkston, K. M., Strand, E. A., & Kennedy, M. R. (1996). Comprehensibility of dysarthric speech: Implications for assessment and treatment planning. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *5*(1), 55-66. https://doi.org/10.1044/1058-0360.0501.55

Yorkston, K. M., Hakel, M., Beukelman, D. R., & Fager, S. (2007). Evidence for effectiveness of treatment of loudness, rate, or prosody in dysarthria: A systematic review. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, *15*(2), xi-xi.

Yunusova, Y., Plowman, E. K., Green, J. R., Barnett, C., & Bede, P. (2019). Clinical measures of bulbar dysfunction in ALS. *Frontiers in neurology*, 10, 106. https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00106

Zeplin, J., & Kent, R. D. (1996). Reliability of auditory-perceptual scaling of dysarthria. *Disorders of motor speech: Assessment, treatment, and clinical characterization*, 145-154.

Ziegler, W. (2002). Task-related factors in oral motor control: Speech and oral diadochokinesis in dysarthria and apraxia of speech. *Brain and language*, *80*(3), 556-575. https://doi.org/10.1006/brln.2001.2614

Ziegler, W. (2003a). Speech motor control is task-specific: Evidence from dysarthria and apraxia of speech. *Aphasiology*, *17*(1), 3-36. https://doi.org/10.1080/729254892

Ziegler, W. (2003b). To speak or not to speak: Distinctions between speech and nonspeech motor control. *Aphasiology*, *17*(2), 99-105. https://doi.org/10.1080/729255218

Ziegler, W. (2009). Modelling the architecture of phonetic plans: Evidence from apraxia of speech. *Language and Cognitive Processes*, 24(5), 631-661. https://doi.org/10.1080/01690960802327989

Ziegler, W., Schölderle, T., Brendel, B., Amsellem, J., & Staiger, A. (2019). Higher-faster-farther: maximum performance tests in the assessment of neurogenic speech impairment. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, *71*(5-6), 261-274. https://doi.org/10.1159/000495784

Ziegler, W., Lehner, K., Pfab, J., & Aichert, I. (2021). The nonlinear gestural model of speech apraxia: Clinical implications and applications. *Aphasiology*, *35*(4), 462-484. https://doi.org/10.1080/02687038.2020.1727839

Zyski, B. J., & Weisiger, B. E. (1987). Identification of dysarthria types based on perceptual analysis. *Journal of Communication Disorders*, 20(5), 367-378. https://doi.org/10.1016/0021-9924(87)90025-6

ANNEXES

Liste des annexes

- **Annexe 1 :** The Apraxia of Speech of Speech Rating Scale 1 : ASRS 1 (Strand et al., 2014)
- **Annexe 2 :** Grille perceptive de la BECD (Auzou & Rolland-Monnoury, 2006)
- **Annexe 3** : Case Report Form (Projet MoSpeeDi, HUG, Faculté de Médecine, Genève)
- **Annexe 4** : Consentement écrit (Projet MoSpeeDi, HUG, Faculté de Médecine, Genève)
- **Annexe 5 :** MMSE : Kalafat, M., Hugonot-Diener, L., & Poitrenaud, J. (2003). Standardisation et étalonnage français du "Mini Mental State"(MMS) version GRECO. *Revue de neuropsychologie*, 13(2), 209-236.
- **Annexe 6 :** Examen moteur (motricité oro-faciale) de la BECD (Auzou & Rolland-Monnoury, 2006)
- **Annexe 7 :** Pernon, M., Fournet, M., Fougeron, C., & Laganaro, M. (2019, August 5-9). Dual-task effects on speech and non-verbal tasks according to task properties. [Paper presentation]. *19th International Congress of Phonetic Sciences*, Melbourne, Australia. https://icphs2019.org/icphs2019-fullpapers/pdf/fullpaper_253.pdf
- **Annexe 8** : Description détaillée des caractéristiques socio-démographiques des locuteurs de l'étude du chapitre 4 portant sur l'approche cognitive à travers l'examen de la demande attentionnelle et exécutive sur la parole en condition de double tâche.
- **Annexe 9 :** Tâches non verbales visuo-motrices de barrage papier crayon de l'Expérience 2 de mode continu de présentation des stimuli.
- **Annexe 10 :** Résumé de l'ensemble des consignes de chaque tâche de parole pour chaque condition / bloc.
- **Annexe 11 :** Consentement écrit de l'étude sur les effets bidirectionnels de la double tâche présentées au chapitre 4.
- **Annexe 12 :** Questionnaire d'information à destination des participants de l'étude sur les effets bidirectionnels de la double tâche présentées au chapitre 4.
- **Annexe 13 :** Adaptation d'un script Praat® (Boersma & Weeninck, 2021) issu du projet MonPaGe (Fougeron et al., 2016, 2018 ; Pernon et al., 2020 ; Laganaro et al., 2021) pour la création de textgrids à partir des fichiers sons des deux tâches de parole comptage et répétition d'un énoncé de l'étude sur les effets bidirectionnels de la double tâche présentées au chapitre 4.
- **Annexe 14 :** Script Praat® (Boersma & Weeninck, 2021) pour l'annotation des tires « Syllables » et « Comments» et l'extraction des mesures de durées et de débit de parole de chaque tâche de parole de l'étude sur les effets bidirectionnels de la double tâche présentées au chapitre 4.

Annexe 1

The Apraxia of Speech of Speech Rating Scale 1 : ASRS 1 (Strand et al., 2014)

Appendix A. Appendix

Apraxia of Speech Rating Scale (ASRS-VI)

Name: _____ #:_____ Date: _____ Examiner:_____

Total of Ratings: _____ **# of items rated present:** _____
Aphasia present Y N Severity (0-4)_____ AOS present Y N Severity (0-4)_____
Dysarthria present Y N (type=_____); Severity (0-4)_____

1	**AOS - primary distinguishing features[a] (no overlap with dysarthria or aphasia). One or more must be present for diagnosis of AOS.**	**Score (0-4)**
1.1	Distorted sound substitutions	
1.2	Distorted sound additions (not including intrusive schwa)	
1.3	Increased sound distortions or distorted sound substitutions with increased utterance length or increased syllable/word articulatory complexity	
1.4	Increased sound distortions or distorted sound substitutions with increased speech rate	
1.5	Inaccurate (off-target in place or manner) speech AMRs (alternating motion rates, as in rapid repetition of "puh puh puh")	
1.6	Reduced words per breath group relative to maximum vowel duration	
2	**Distinguishing features unless dysarthria present[b]**	**Score (0-4)**
2.1	Syllable segmentation within words > 1 syllable	
2.2	Syllable segmentation across words in phrases/sentences	
2.3	Sound distortions	
2.4	Slow overall speech rate	
2.5	Lengthened vowel &/or consonant segments	
2.6	Lengthened intersegment durations (between sounds, syllables, words, or phrases; possibly filled, including intrusive schwa)	
3	**Distinguishing features unless aphasia present[c]**	**Score (0-4)**
3.1	Deliberate, slowly sequenced, segmented, &/or distorted (including distorted substitutions) speech SMRs in comparison to speech AMRs	
3.2	Audible or visible articulatory groping; speech initiation difficulty; false starts/restarts	
4	**Distinguishing features unless dysarthria &/or aphasia present[d]**	**Score (0-4)**
4.1	Sound or syllable repetitions	
4.2	Sound prolongations (beyond lengthened segments)	

0 = not present
1 = detectable but infrequent
2 = frequent but not pervasive
3 = nearly always evident but not marked in severity
4 = nearly always evident and marked in severity

[a] Present in AOS and not a feature of aphasia or dysarthria.

[b] Associated with AOS but can also occur in dysarthria. Consider as characteristic of dysarthria if primary distinguishing characteristics of AOS not present, and other features of dysarthria are present. If dysarthria present with AOS, score with the modifier "d" (e.g. 2d).

[c] Associated with AOS but can also occur in aphasia. Consider as characteristic of aphasia if primary distinguishing characteristics of AOS not present, and other features of aphasia are present. If aphasia present with AOS, score with the modifier "a" (e.g. 2a).

[d] Associated with AOS but can also occur in aphasia and dysarthria. Consider as characteristic of dysarthria or aphasia if primary distinguishing characteristics of AOS not present. If aphasia or dysarthria also present with AOS, score with the modifier "d," "a," or "ad" (e.g. 2ad).

Annexe 2

Grille perceptive de la BECD (Auzou & Rolland-Monnoury, 2006)

ÉVALUATION PERCEPTIVE

❑ Grille Perceptive

0 : pas d'anomalie.
1 : anomalie discrète, uniquement repérable par un examinateur averti, ou anomalie rare.
2 : anomalie modérée ou anomalie occasionnelle.
3 : anomalie marquée ou anomalie fréquente.
4 : anomalie sévère ou anomalie quasi permanente.

Le signe - signifie grave, faible ou lent; le signe + aigu, fort ou rapide.

	QUALITÉ VOCALE	
1	*Qualité vocale*	
2	*Hauteur (+/-)*	
3	*Intensité (+/-)*	
4	*Voix rauque, enrouée*	
5	*Voix éraillée*	
6	*Voix soufflée, voilée*	
7	*Voix mouillée, humide, gargouillante*	
8	*Voix étranglée, hyperfonctionnelle*	
9	*Tremblements de la voix*	
10	*Voix avec fry*	
11	*Dégradation de l'intensité vocale*	
12	*Périodes d'aphonie*	
	RÉALISATION PHONÉTIQUE	
13	*Réalisation phonétique*	
14	*Modification de la durée des phonèmes*	
15	*Imprécision des consonnes*	
16	*Imprécision des voyelles*	
17	*Trouble de la résonance nasale*	
18	*Souffle nasal*	

	PROSODIE	
19	*Altération de la prosodie*	
20	*Perte des modulations de la hauteur*	
21	*Fluctuations excessives de la hauteur*	
22	*Perte des modulations de l'intensité vocale*	
23	*Fluctuations excessives de l'intensité vocale*	
24	*Débit (+/-)*	
25	*Fluctuations du débit*	
26	*Accélérations paroxystiques du débit*	
27	*Ruptures de la fluence*	
28	*Silences inappropriés*	
29	*Palilalie*	
30	*Difficultés d'initiation motrice*	
	RESPIRATION	
31	*Inspirations-expirations forcées*	
32	*Bruit inspiratoire*	
33	*Contrôle respiratoire*	
	INTELLIGIBILITÉ	
34	*Intelligibilité*	
	CARACTÈRE NATUREL	
35	*Caractère naturel*	

Annexe 3

Case Report Form (Projet MoSpeeDi, HUG, Faculté de Médecine, Genève)

Project Leader : Dr Frédéric ASSAL

Principal Investigator : Michaela PERNON

CASE REPORT FORM (CRF)

MoSpeeDi

Motor Speech Disorders : characterizing phonetic speech planning and motor speech programming / execution and their impairments

Fonds National Suisse : SINERGIA grant : n°CRSII5_173711

Study ID : 2018-00212, Version 2 of 03/04/2018

Patient code

|__|__|__|__|__|__|__|__|

Date

|__|__|__|__|__|__|__|__|

Demographic, personal and medical data

1. Age : |__|__|

2. Gender : 1. M ☐ 2. F ☐

3. Laterality : 1. R ☐ 2. L ☐

4. Socio-educational level : |__|

5. Occupation :

6. Geographic area (> 10 y.) :

7. Native language(s) :

8. Other(s) fluent spoken language(s) :

- Vision :	**normal :**	**1. Yes ☐**	**2. No ☐**
	If not, corrected	**1. Yes ☐**	**2. No ☐**
- Hearing :	**normal :**	**1. Yes ☐**	**2. No ☐**
	If not, corrected	**1. Yes ☐**	**2. No ☐**
- Dentition :	**normal :**	**1. Yes ☐**	**2. No ☐**
	If not, prosthesis	**1. Yes ☐**	**2. No ☐**

- Smoking **1. Yes ☐** **2. No ☐**

If yes, amount pack/year :

- Physical activity : **1. Yes ☐** **2. No ☐**

If yes, specify exercice(s) and frequency : -

-

-

Neurological disease :

- Neurological disease's onset : |__|__|__|__|__|__|

- Brain imaging data :

- Neurological scale(s) data (eg. NIHSS, UPDRS, etc…):

- Neurological signs :

- Medical treatments :

- Other(s) disease(s) :

- Type(s) of speech motor disorder(s) :

- Associated signs (cognitive, perceptive, language) :

- Motor speech disorders therapy: 1. Yes ☐ 2. No ☐

If yes, speech therapy onset : |__|__|__|__|__|__|

Frequency / week :

- Previous speech or language disorder(s) : 1. Yes ☐ 2. No ☐

If yes, specify (disorder(s), speech therapy, period, duration) :

- Other(s) therapy (ies) :

- SCREENING TESTS' SCORES :

- **CDR™ = ……/ 5**
- **Intelligibility (BECD) = ……/ 4**
- **Naturalness of speech (BECD) = ……/ 4**
- **ASRS = ……/ 64**

Screening of MSD patient's eligibility

1. Inclusion critera

- MSD patients who sign a consent form approved by the Swiss Ethic Committee **yes ☐ no ☐**
- MSD patients following the screening assessment, with a chronic or acute AoS or dysarthria regardless of their etiology **yes ☐ no ☐**
- MSD patients with French as their first language or acquired before adulthood **yes ☐ no ☐**
- MSD patients aged between 20-90 **yes ☐ no ☐**
- MSD patients with mild or moderate acquired or progressive speech difficulty noticed by the patient, the informant or any clinician **yes ☐ no ☐**
- MSD patients with no or very mild language impairment **yes ☐ no ☐**

Note : all inclusion criteria must be answered YES, to be included in study.

2. Exclusion criteria

- Clinically significant disease **yes ☐ no ☐**
- Inability to follow procedures **yes ☐ no ☐**
- Inability to give consent **yes ☐ no ☐**
- Significant acquired or developmental language impairment (aphasia, dyslexia…) **yes ☐ no ☐**
- Criteria for dementia defined by CDR > 0.5 (Hughes et al., 1982) **yes ☐ no ☐**
- Strong regional French accent **yes ☐ no ☐**
- Diagnosis of major depression, anxiety disorders, schizophrenia, panic disorder, bipolar disorder as outlined in the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition (DSM-5 ; American Psychiatric Association, 2013) **yes ☐ no ☐**
- History of current drug/alcohol abuse or related disorder as outlined in DSM-5 (DSM-5 ; American Psychiatric Association, 2013) **yes ☐ no ☐**
- Drug-induced MSD **yes ☐ no ☐**
- Severe MSD defined by global items' scores of BECD perceptual scale (Auzou et Rolland Monnoury, 2006) : "intelligibility" > 3 and "naturalness of speech" > 3 **yes ☐ no ☐**

Note : all Exclusion Criteria must be answered NO, to be included in study.

Did the participant meet the eligibility requirements for this study? Yes ☐ No ☐

Date : |__|__|__|__|__|__|__|__|

Project leader or investigator signature :

Speech assessment of MSD patient

E-GeBAS

- Total score = …….. / 100

- APHASIA : YES NO

- TYPE OF APHASIA :

Oral motor tasks

- Total score = …….. / 44

MonPaGe

- Module Intelligibility : ……**/ 15**

- Module Pseudo Words : ……**/ 54**

Perceptual Scale :

- Perceptual score (SP) = …….. / 20

MMSE :

- Total score = …….. / 30

Annexe 4

Consentement (Projet MoSpeeDi, HUG, Faculté de Médecine, Genève)

MoSpeeDi

Motor Speech Disorders: characterizing phonetic speech planning and motor speech programming/execution and their impairments

(**Fonds National Suisse : SINERGIA GRANT n°CRSII5_173711**

Troubles moteurs de la parole : caractérisation des niveaux de planification phonétique et de programmation /exécution motrices de la parole et de leurs déficits)

(1) Volet évaluation de la parole

Ce projet est organisé par :

- Project Leader : Dr Frédéric Assal, Médecin adjoint agrégé, Responsable de l'Unité de Neurologie Cognitive, Service de Neurologie

Madame, Monsieur,

Nous vous proposons de participer à notre projet de recherche qui s'intéresse aux difficultés de parole.

Vous trouverez ci-dessous les informations détaillées décrivant ce projet.

Information détaillée

1. Objectifs du projet de recherche

Cette étude vise à mieux comprendre les diverses formes de difficultés de parole, et en particulier des processus qui les sous-tendent. Il y a en effet plusieurs formes de troubles moteurs de la parole chez l'adulte ainsi que divers niveaux de sévérité. Les dysarthries concernent des difficultés relatives aux aspects moteurs de l'articulation et de la voix. L'apraxie de la parole se caractérise par des difficultés à retrouver et contrôler les gestes moteurs de l'articulation. Ce projet vise à améliorer la définition de ces troubles, leur classification et leur diagnostic différentiel et, secondairement, leur évaluation et leur thérapie.

Pour cela, nous enregistrons la parole au cours de différentes tâches de production afin d'effectuer dans un second temps des analyses perceptives et acoustiques.

2. Sélection des personnes pouvant participer au projet

La participation est ouverte à toutes les personnes âgées entre 20 et 90 ans, ayant pour langue première le français et qui présentent des difficultés de parole sous la forme de troubles moteurs de la parole, aigus ou chroniques, de sévérité légère-modérée, survenus dans le cadre de maladies neurologiques.

3. Informations générales sur le projet

Cette étude, qui a pour but de mieux comprendre les troubles moteurs acquis de la parole, est menée dans le cadre d'un projet de recherche financé par le Fonds National Suisse, mené en collaboration avec la FAPSE (Université de Genève, Equipe de Neuropsycholinguistique, Pr. Marina Laganaro), l'IDIAP Research Institute à Martigny (affilié à l'EPFL, Pr. H. Bourlard) et le Laboratoire de Phonétique et Phonologie, Paris 3-Sorbonne Nouvelle (Pr. C. Fougeron).

Elle consiste à enregistrer la parole produite par des locuteurs présentant des difficultés de type trouble moteur de la parole dans diverses conditions de production et de l'analyser avec des approches différentes (perceptives, acoustiques, computationnelles).

La durée totale du projet est de 3 ans.

Le nombre total de patients recrutés aux HUG sera de 100 personnes.

Nous effectuons ce projet dans le respect des prescriptions de la législation suisse. La commission cantonale d'éthique compétente a contrôlé et autorisé le projet.

4. Déroulement pour les participants

Dans le cadre de cette étude, nous allons principalement évaluer votre parole à travers différentes tâches informatisées et non-informatisées. Elles consisteront en des productions de parole automatique et spontanée, en de la lecture-répétition de mots, de phrases, de textes, en des exercices de tenue de sons, de modulation de l'intensité vocale, de productions à débit de parole rapide qui vous seront administrées par une logopédiste.

Seront également administrées des tâches de motricité oro-faciale (mouvements du visage) et des brèves tâches langagières (trouver des mots, répéter, lire…), et cognitives (attention, concentration, raisonnement).

Votre parole sera enregistrée sur un ordinateur à l'aide d'un microphone. Ces enregistrements seront utilisés dans un second temps pour effectuer les analyses (acoustiques, perceptives) nécessaires à ce projet.

Votre participation s'effectuera soit en un seul temps d'une durée de deux heures environ, soit en deux temps d'une heure.

Dans la mesure du possible, vous réaliserez ces tâches durant votre hospitalisation au sein du Service de Neurologie ou lors de votre venue pour vos consultations de suivi aux HUG. Dans les autres cas, nous conviendrons d'un rendez-vous dans l'Unité de Neurologie Cognitive des HUG en fonction de vos disponibilités. Dans tous les cas, il n'y aura aucun frais à votre charge ou à celle de votre caisse maladie lié à ces évaluations.

5. Bénéfices pour les participants

Il n'y a pas de bénéfice direct pour les participants à l'étude, mais étant donné qu'une analyse détaillée sera faite de votre parole par une spécialiste, les résultats de l'analyse ainsi que divers conseils visant à réduire l'impact des difficultés de parole dans votre vie quotidienne pourront vous être transmis. De manière générale, les données issues de cette étude devraient permettre une meilleure compréhension des troubles moteurs acquis de la parole (dysarthries, apraxie de la parole) et l'amélioration de leur prise en charge (diagnostic, évaluation, rééducation).

6. Droits des participants

Vous êtes libre d'accepter ou de refuser de participer au projet. Si vous choisissez de ne pas participer ou si vous choisissez de participer et revenez sur votre décision pendant le déroulement du projet, vous n'aurez pas à vous justifier. Cela ne changera rien à votre prise en charge médicale habituelle. Vous pouvez à tout moment poser toutes les questions nécessaires au sujet de l'étude. Veuillez-vous adresser pour ce faire à la personne indiquée à la fin de la présente feuille d'information.

7. Obligations des participants

Aucune

8. Risques

Cette étude ne comporte aucun risque. En cas de fatigue induite par des tâches de parole, nous découperons la passation en plusieurs parties.

9. Découvertes pendant le projet

Si vous le souhaitez, les résultats de l'évaluation détaillée de la parole vous seront communiqués.

10. Confidentialité des données

Pour les besoins de l'étude, nous enregistrerons vos données personnelles et médicales. De plus, vos productions orales seront enregistrées sur ordinateur durant les tâches de parole afin de pouvoir les analyser par la suite. Seul le Dr. Fréderic Assal et Mme Michaela Pernon peuvent consulter vos données sous une forme non codée, c'est à dire reliées à votre identité, et exclusivement afin de pouvoir accomplir des tâches nécessaires au déroulement du projet. Toutes les autres personnes participant au projet auront accès aux données uniquement sous une forme codée, c'est-à-dire ne portant pas votre nom, mais un code. Le codage signifie que toutes les données permettant de vous identifier (p. ex. le nom, la date de naissance, etc.) sont remplacées par un code (ex. GENEVE1001). Votre nom n'apparaîtra donc jamais sur Internet ou dans une publication. Toutes les personnes impliquées dans l'étude de quelque manière que ce soit sont tenues au secret professionnel. Toutes les directives

relatives à la protection des données sont respectées et vous avez à tout moment le droit de consulter vos données en vous adressant aux responsables de l'étude mentionnés dans ce document.

Les données récoltées seront partagées sous forme codée à l'extérieur des HUG avec les partenaires du projet mentionnés au point 3. afin qu'elles soient analysées par des experts dans le seul cadre de ce projet de recherche, et conservées pendant 10 ans. Les lieux où elles pourront être analysées sont les suivants :

- au Laboratoire de Psycholinguistique et Logopédie de la Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education de l'Université de Genève ;

- à l'IDIAP Research Institute à Martigny (affilié à l'EPFL), sous la supervision du Professeur Hervé Bourlard ;

- au Laboratoire de Phonétique et Phonologie, Paris 3-Sorbonne Nouvelle (Pr. C. Fougeron).

Durant son déroulement, le projet peut faire l'objet d'inspections. Celles-ci peuvent être effectuées par la commission d'éthique qui s'est chargée de son contrôle initial et l'a autorisé, mais aussi être mandatées par l'organisme qui l'a initié. Il se peut que la direction du projet doive communiquer vos données personnelles et médicales pour les besoins de ces inspections. Toutes les personnes impliquées sont tenues au secret professionnel. Nous garantissons le respect de toutes les directives de la protection des données et ne ferons apparaître votre nom dans aucun rapport ou publication, imprimé ou en ligne.

11. Retrait du projet

Vous pouvez à tout moment vous retirer de l'étude si vous le souhaitez. Dans ce cas, nous détruirons les enregistrements audio et les données vous concernant.

12 Rémunération des participants

Aucune rémunération ne sera perçue pour la participation à l'étude. Une rémunération est toutefois prévue à hauteur de vos frais de déplacement si le rendez-vous n'est pas organisé durant votre séjour aux HUG ou lors d'une visite de suivi.

13 Réparation des dommages subis

Les dommages de santé que vous pourriez subir du fait de cette étude relèvent de la responsabilité de l'organisme ou de l'entreprise qui l'a initiée et est en charge de sa réalisation. Les conditions et la procédure sont fixées par la loi.

14 Financement du projet

L'étude est intégralement financée par le Fonds National Suisse (SINERGIA Grant n°CRSII5_173711).

15 Interlocuteur(s)

En cas de doute, de craintes ou d'urgences pendant ou après l'étude, vous pouvez vous adresser à tout moment au :

Dr Frédéric Assal, Médecin adjoint agrégé, Responsable de l'unité de Neurologie cognitive

Hôpitaux Universitaires de Genève

Service de neurologie

4 rue Gabrielle-Perret-Gentil

CH-1211 Genève 14

Tél.: +41 79 553 38 08

Email : Frederic.Assal@hcuge.ch

Pr Marina Laganaro, Equipe Neuropsycholinguistique, FAPSE, Université de Genève & Hôpitaux Universitaires de Genève

UNI PIGNON, bureau 708

40, bd du Pont -d'Arve

1211 Genève 4

Tel : +41 22 379 83 23

Email : Marina.Laganaro@unige.ch

Michaela Pernon, Assistante de Recherche

Unité de Neurologie cognitive

Hôpitaux Universitaires de Genève

Service de neurologie

4 rue Gabrielle-Perret-Gentil

CH-1211 Genève 14

Tél.: +41 22 372 96 78

Email : Michaela.Pernon@unige.ch

Nous vous demandons d'apporter votre consentement écrit à la participation à cette étude sur lafeuille annexe, après avoir pris connaissance de ce qui précède.

Déclaration de consentement

Déclaration de consentement écrite pour la participation à un projet de recherche

- Veuillez lire attentivement ce formulaire.
- N'hésitez pas à poser des questions lorsque vous ne comprenez pas quelque chose ou que vous souhaitez avoir des précisions.

Numéro BASEC du projet : (après soumission à la commission d'éthique compétente) :	
Titre de l'étude : (titre scientifique et titre usuel)	**MoSpeeDi** Motor Speech Disorders : characterizing phonetic speech planning and motor speech programming/execution and their impairments **(1) Volet évaluation de la parole**
Institution responsable : (adresse complète) :	Hôpitaux Universitaires de Genève Unité de Neurologie Cognitive Service de Neurologie 4, Rue Gabrielle Perret-Gentil 1205 Genève
Lieu de réalisation du projet :	Hôpitaux Universitaires de Genève Unité de Neurologie Cognitive Service de Neurologie 4 rue Gabrielle-Perret-Gentil CH-1211 Genève 14
Directeur / directrice du projet sur le site : (nom et prénom en caractères d'imprimerie) :	FREDERIC ASSAL
Participant / participante : (nom et prénom en caractères d'imprimerie) : Date de naissance :	☐ femme ☐ homme

- Je déclare avoir été informé(e), par le médecin investigateur /par la personne assurant l'information soussigné(e), oralement et par écrit, des objectifs et du déroulement du projet ainsi que des effets présumés, des avantages, des inconvénients possibles et des risques éventuels.
- Je prends part à cette étude de façon volontaire et j'accepte le contenu de la feuille d'information qui m'a été remise sur le projet précité. J'ai eu suffisamment de temps pour prendre ma décision.
- J'ai reçu des réponses satisfaisantes aux questions que j'ai posées en relation avec ma participation au projet. Je conserve la feuille d'information et reçois une copie de ma déclaration de consentement écrite.
- J'accepte que les spécialistes compétents de l'institution, du mandataire du projet, de la Commission d'éthique compétente pour cette étude, puissent consulter mes données brutes afin de procéder à des contrôles, à condition toutefois que la confidentialité de ces données soit strictement assurée.
- Je serai informé(e) des découvertes (fortuites) ayant une incidence directe sur ma santé. Si je ne souhaite pas obtenir ces informations, j'en aviserai le médecin-investigateur.
- Je sais que mes données personnelles, médicales et issues de l'évaluation de la parole peuvent être transmises à des fins de recherche **dans le cadre de ce projet uniquement** et sous une forme codée.
- Si je bénéficie / devais bénéficier d'un traitement médical en dehors de l'institution responsable de ce projet, j'accepte que le médecin responsable du projet / la direction du projet contacte les médecins traitants afin d'obtenir mes données médicales pertinentes pour ce projet.
- Je peux, à tout moment et sans avoir à me justifier, révoquer mon consentement à participer à l'étude, sans que cela n'ait de répercussion défavorable sur la suite de ma prise en charge médicale usuelle.
- Je suis informé(e) que la responsabilité civile de l'hôpital/ de la direction du projet couvre les dommages éventuels imputables au projet que je pourrais subir.
- Je suis conscient(e) que les obligations mentionnées dans la feuille d'information destinée aux participants doivent être respectées pendant toute la durée de l'étude. La direction de l'étude peut m'en exclure à tout moment dans l'intérêt de ma santé.

Lieu, date	Signature du participant / de la participante

Attestation du médecin investigateur /de la personne assurant l'information : Par la présente, j'atteste avoir expliqué au participant / à la participante la nature, l'importance et la portée du projet. Je déclare satisfaire à toutes les obligations en relation avec ce projet conformément au droit en vigueur. Si je devais prendre connaissance, à quelque moment que ce soit durant la réalisation du projet, d'éléments susceptibles d'influer sur le consentement du participant / de la participante à prendre part au projet, je m'engage à l'en informer immédiatement.

Lieu, date	Nom et prénom du médecin investigateur / de l'assistante de recherche assurant l'information aux participants en caractères d'imprimerie. Signature du médecin investigateur / de l'assistante de recherche assurant l'information

Annexe 5

MMSE : Kalafat, M., Hugonot-Diener, L., & Poitrenaud, J. (2003). Standardisation et étalonnage français du "Mini Mental State"(MMS) version GRECO. *Revue de neuropsychologie*, 13(2), 209-236.

Mini Mental State Examination (MMSE) (Version consensuelle du GRECO)

Orientation / 10

Je vais vous poser quelques questions pour apprécier comment fonctionne votre mémoire.
Les unes sont très simples, les autres un peu moins. Vous devez répondre du mieux que vous pouvez.
Quelle est la date complète d'aujourd'hui ? _____

Si la réponse est incorrecte ou incomplète, posées les questions restées sans réponse, dans l'ordre suivant :

1. En quelle année sommes-nous ? ☐
2. En quelle saison ? ☐
3. En quel mois ? ☐
4. Quel jour du mois ? ☐
5. Quel jour de la semaine ? ☐

Je vais vous poser maintenant quelques questions sur l'endroit où nous trouvons.

6. Quel est le nom de l'hôpital où nous sommes ?* ☐
7. Dans quelle ville se trouve-t-il ? ☐
8. Quel est le nom du département dans lequel est située cette ville ?** ☐
9. Dans quelle province ou région est située ce département ? ☐
10. A quel étage sommes-nous ? ☐

Apprentissage / 3

Je vais vous dire trois mots ; je vous voudrais que vous me les répétiez et que vous essayiez de les retenir car je vous les redemanderai tout à l'heure.

11. Cigare		Citron		Fauteuil	☐
12. Fleur	ou	Clé	ou	Tulipe	☐
13. Porte		Ballon		Canard	☐

Répéter les 3 mots.

Attention et calcul / 5

Voulez-vous compter à partir de 100 en retirant 7 à chaque fois ?*

14.	93	☐
15.	86	☐
16.	79	☐
17.	72	☐
18.	65	☐

Pour tous les sujets, même pour ceux qui ont obtenu le maximum de points, demander :
Voulez-vous épeler le mot MONDE à l'envers ?**

Rappel / 3

Pouvez-vous me dire quels étaient les 3 mots que je vous ai demandés de répéter et de retenir tout à l'heure ?

11. Cigare		Citron		Fauteuil	☐
12. Fleur	ou	Clé	ou	Tulipe	☐
13. Porte		Ballon		Canard	☐

Langage / 8

Montrer un crayon.	22. Quel est le nom de cet objet ?*	☐
Montrer votre montre.	23. Quel est le nom de cet objet ?**	☐
24. Ecoutez bien et répétez après moi : « PAS DE MAIS, DE SI, NI DE ET »***		☐

Poser une feuille de papier sur le bureau, la montrer au sujet en lui disant : « Ecoutez bien et faites ce que je vais vous dire :

25. Prenez cette feuille de papier avec votre main droite,	☐
26. Pliez-la en deux,	☐
27. Et jetez-la par terre. »****	☐

Tendre au sujet une feuille de papier sur laquelle est écrit en gros caractère : « FERMEZ LES YEUX » et dire au sujet :

28. « Faites ce qui est écrit ».	☐

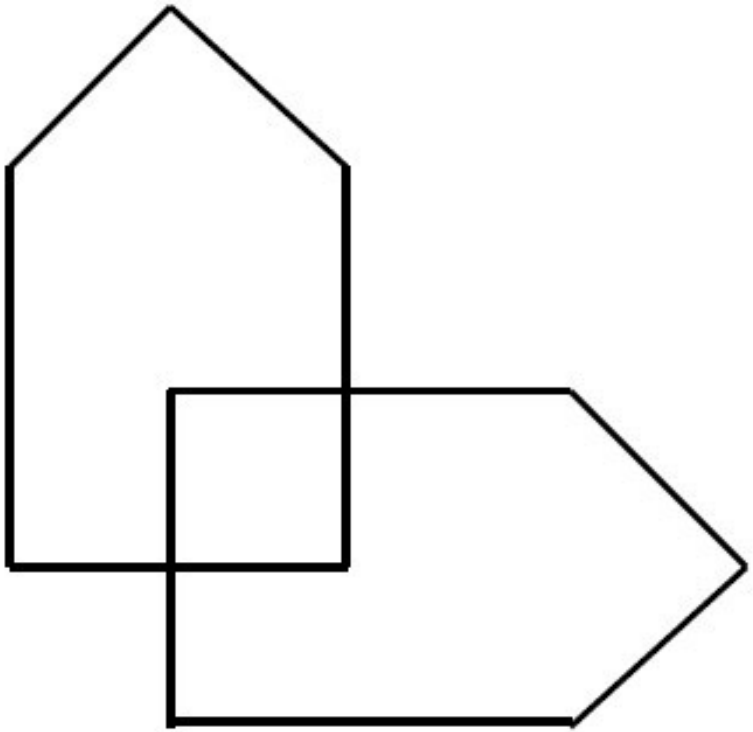
Tendre au sujet une feuille de papier et un stylo, en disant :

29. « Voulez-vous m'écrire une phrase, ce que vous voulez, mais une phrase entière. »*****	☐

Praxies constructives / 1

Tendre au sujet une feuille de papier et lui demander : 30. « Voulez-vous recopier ce dessin ? »	☐

« FERMEZ LES YEUX »



Annexe 6

Examen moteur (motricité oro-faciale) de la BECD (Auzou & Rolland-Monnoury, 2006)

EXAMEN MOTEUR

Échelles de cotation

○ Normal ◎ Altération modérée ● Altération sévère

0 : pas d'anomalie.
1 : anomalie discrète, uniquement repérable par un examinateur averti, ou anomalie rare.
2 : anomalie modérée ou anomalie occasionnelle.
3 : anomalie marquée ou anomalie fréquente.
4 : anomalie sévère ou anomalie quasi permanente.

A : normal.
B : atteinte légère, pas de conséquence fonctionnelle.
C : atteinte modérée, légère atteinte fonctionnelle.
D : atteinte modérée, atteinte fonctionnelle modérée.
E : atteinte sévère, atteinte fonctionnelle marquée.

DOMAINE NON VERBAL	DOMAINE VERBAL

RESPIRATION (tronc cérébral, moelle épinière)

1. observation au repos ○ ◎ ●
2. souffle dans la paille T= ..... ○ ◎ ●
3. tenue du /s/ ○ ◎ ●

☐ *costo-abdominale*
☐ *costale*
☐ *abdominale*
☐ *rythme accéléré*
☐ *mobilisation des épaules*
☐ *mouvements anormaux*

0 1 2 3 4

1. observation en conversation ○ ◎ ●
2. comptage jusqu'à 20 ○ ◎ ●

0 1 2 3 4

☐ *voix sur inspiration*
☐ *inspiration dans un mot*
☐ *non-respect des groupes de souffle*
☐ *variabilité*
☐ *essoufflement*
☐ *mouvements anormaux*

A B C D E

LARYNX (X)

1. adduction des CV
   - coups de glotte sur 5 /a/ ○ ◎ ●
   - raclement de gorge ○ ◎ ●
   - toux volontaire ○ ◎ ●
2. abduction des CV
   - inspiration par la bouche ○ ◎ ●

0 1 2 3 4

1. observation en conversation ○ ◎ ●
2. TMP sur /a/ = .../..... ○ ◎ ●
3. rapport s/z = .../..... / ...../..... ○ ◎ ●
4. phonation interrompue sur /a/ ○ ◎ ●

☐ *altération de la voix*
☐ *trouble de l'intensité*
☐ *trouble de la hauteur*
☐ *attaque brusque*
☐ *présence d'un souffle*

0 1 2 3 4

A B C D E

VÉLOPHARYNX (IX, X, XI)

1. observation au repos ○ ◎ ●
2. observation sur 5 /a/ ○ ◎ ●

☐ *voile très bas*
☐ *voile très haut*
☐ *asymétrie*
☐ *déviation* ☐ D ☐ G
☐ *mouvements anormaux*
☐ *défaut d'élévation*

0 1 2 3 4

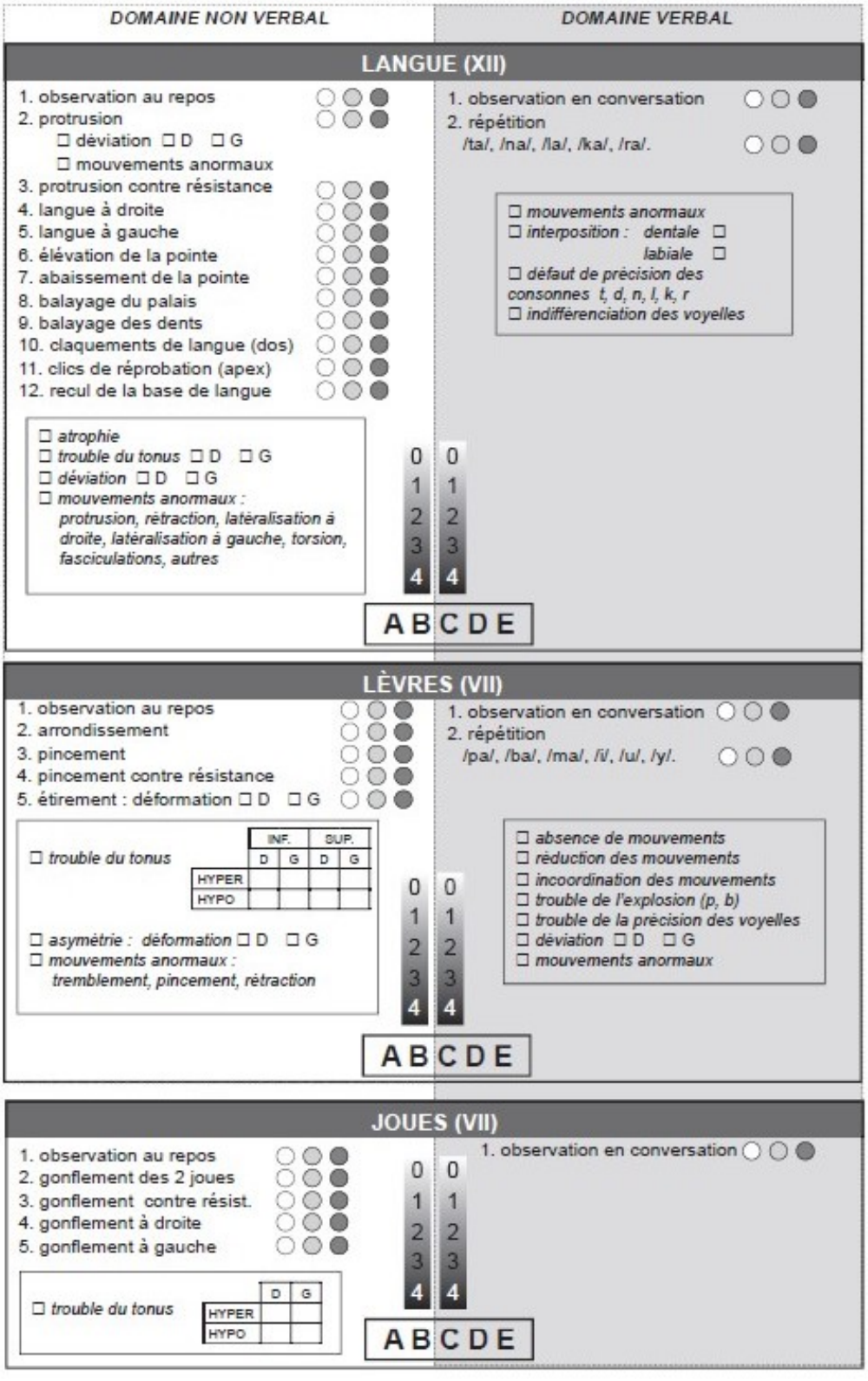
1. observation en conversation ○ ◎ ●
2. /a/ tenu ○ ◎ ●
3. série de /s/ ○ ◎ ●
4. série de /p/ ○ ◎ ●
5. phrase ○ ◎ ●
6. série de /a/-/an/ ○ ◎ ●

☐ *trouble de la résonance*
☐ *perception d'une fuite nasale*
☐ *mouvements anormaux*

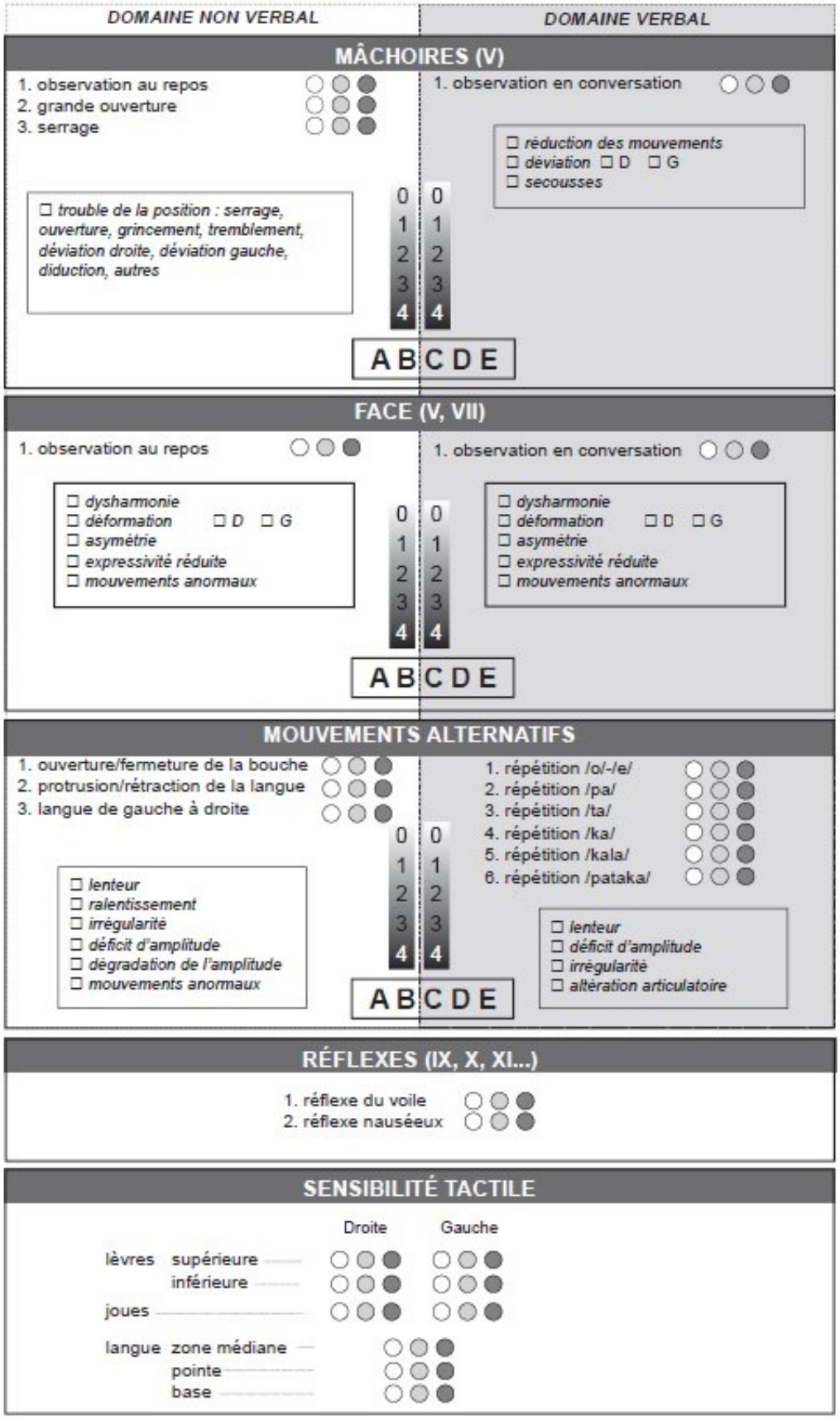
0 1 2 3 4

A B C D E

8


DOMAINE NON VERBAL
DOMAINE VERBAL
LANGUE (XII)
1. observation au repos
2. protrusion
☐ déviation ☐ D ☐ G
☐ mouvements anormaux
3. protrusion contre résistance
4. langue à droite
5. langue à gauche
6. élévation de la pointe
7. abaissement de la pointe
8. balayage du palais
9. balayage des dents
10. claquements de langue (dos)
11. clics de réprobation (apex)
12. recul de la base de langue
☐ atrophie
☐ trouble du tonus ☐ D ☐ G
☐ déviation ☐ D ☐ G
☐ mouvements anormaux : protrusion, rétraction, latéralisation à droite, latéralisation à gauche, torsion, fasciculations, autres
0 1 2 3 4
1. observation en conversation
2. répétition /ta/, /na/, /la/, /ka/, /ra/.
☐ mouvements anormaux
☐ interposition : dentale ☐ labiale ☐
☐ défaut de précision des consonnes t, d, n, l, k, r
☐ indifférenciation des voyelles
A B C D E
LÈVRES (VII)
1. observation au repos
2. arrondissement
3. pincement
4. pincement contre résistance
5. étirement : déformation ☐ D ☐ G
☐ trouble du tonus
INF. SUP.
D G D G
HYPER
HYPO
☐ asymétrie : déformation ☐ D ☐ G
☐ mouvements anormaux : tremblement, pincement, rétraction
0 1 2 3 4
1. observation en conversation
2. répétition /pa/, /ba/, /ma/, /i/, /u/, /y/.
☐ absence de mouvements
☐ réduction des mouvements
☐ incoordination des mouvements
☐ trouble de l'explosion (p, b)
☐ trouble de la précision des voyelles
☐ déviation ☐ D ☐ G
☐ mouvements anormaux
A B C D E
JOUES (VII)
1. observation au repos
2. gonflement des 2 joues
3. gonflement contre résist.
4. gonflement à droite
5. gonflement à gauche
☐ trouble du tonus
D G
HYPER
HYPO
0 1 2 3 4
1. observation en conversation
A B C D E

EXAMEN MOTEUR



10

Annexe 7

Pernon, M., Fournet, M., Fougeron, C., & Laganaro, M. (2019, August 5-9). Dual-task effects on speech and non-verbal tasks according to task properties. [Paper presentation]. *19th International Congress of Phonetic Sciences*, Melbourne, Australia.
https://icphs2019.org/icphs2019-fullpapers/pdf/fullpaper_253.pdf

DUAL-TASK EFFECTS ON SPEECH AND NON-VERBAL TASKS ACCORDING TO TASKS PROPERTIES

Michaela Pernon[1&2], Maryll Fournet[2&3], Cécile Fougeron[1], Marina Laganaro4

[1] Laboratoire de Phonétique et Phonologie, UMR7018, CNRS-Sorbonne Nouvelle (France); [2] Department of Clinical Neurosciences, Geneva University Hospital(Switzerland);[3] FAPSE, University of Geneva (Switzerland)
michaela.pernon@gmail.com ; Maryll.Fournet@unige.ch ; cecile.fougeron@sorbonne-nouvelle.fr ; Marina.Laganaro@unige.ch

ABSTRACT

Speaking while doing another task is frequent in everyday life. While the effect of speaking on performing another task has been often studied, little is known on the effect of dual-task on speech, or on the bidirectional interference of one task on the other. Here, we investigate dual-task effects on both speech rate and on performances in non-verbal attentional tasks with a bidirectional approach. Task properties are varied for the type of speech task: counting vs. sentence production, the type of non-verbal tasks in terms of attentional demand (go vs. go-nogo), and mode of presentation of the stimuli. Speech rate is found to decrease under dual-task conditions only in the counting task, and with most of the concurrent non-verbal tasks. Processing of the non-verbal tasks is also modified when speaking, but the direction of the effect depends on the type of speech tasks and of non-verbal tasks.

Keywords: dual-task, speech rate, type of speech task, attentional demand.

1. INTRODUCTION

Dual-task is frequent in everyday life, for instance when we talk while driving. Observations from dual-task paradigms in experimental settings or in clinical practice, show that the simultaneous execution of two tasks may induce interference of one task on the other, as compared to when the tasks are done in isolation.

Different theories provide explanations for the bidirectional effects of the dual-task condition on both tasks, in relation with the underlying mechanisms or strategies adopted by the subject to accomplish the two tasks. The Capacity sharing theory considers that people share processing capacity among tasks [11]. Since there is less capacity for each individual task when done simultaneously, performance on one or on both tasks may be decreased [18]. The central bottlenecks model [18], as well as other accounts such as task-switching or time-sharing hypotheses, links the dual-task cost explanation to the fact that attention can be given only to one task at the same time. In such accounts, if two simultaneous tasks need attention, one of them is suspended and delayed while the other one is carried out.

Different factors have been found to influence the interference between simultaneous tasks. Among them, the modality [24] and the mode of presentation of the stimuli to be processed [17] can affect the overlap in time of the two tasks [8]. The priority given to one task over the other, and the speed allowed for processing also modulate the dual-task effects. Finally, the degree of automaticity of the tasks [14, 19], their resource demands and complexity [16] are crucial for observing dual-task effects. When it comes to language, dual-task interference has been studied in particular to identify which utterance planning processes need attentional resources. Such studies have focused on abstract, linguistic processes such as lexical selection or phonological encoding [9, 24], whereas, little is known on the effect of dual-task on the speech itself. First, speaking has often been used as a secondary task in experiments focusing on the performances on another simultaneous task, walking for instance [2]. Second, results on dual-task effects on speech are controversial or difficult to generalise in particular because both the speech tasks and the concurrent tasks vary across studies. For the concurrent task, they include for instance visuo-motor tasks (e.g. placing objects on a board [6]), or other linguistic tasks (e.g. grammatically correct sentences generation [5]), or cognitive tasks (e.g. two-digit math subtractions [5]). As for the speech tasks, they include sentence repetition/production [3, 6],

recitation of automatic series such as counting [10], semi-spontaneous speech [8, 10, 13, 15]. In addition to the variability in the content of speech tasks, different speech properties have been studied, spanning from voice intensity [5, 6, 10, 15], to temporal dimensions such as speech initiation time, pause time [10], speech rate [15], utterances durations [3] or disfluencies [4]. Regarding speech rate which will be of particular interest here, opposite results have been reported. Speech rate was not affected by a simultaneous visuo-motor tracking task in [10] or by a verbal working-memory task in [4]. On the other hand, speech rate decreased during walking, finger tapping and noise hearing [12] and increased with a simultaneous visuo-motor pegboard task [5].

Surprisingly, only a few studies have looked at bidirectional effects in dual-task paradigm where one task is usually the focus and the other task is a way to create interference. Analysing performance on both tasks might be of specific interest to better understand strategic effects in the allocation of attentional resources among tasks [22]. Among the studies which include a speech task in a dual-task paradigm, some find bidirectional effects [3, 8] while others don't find it systematically [12, 15]. Since the tasks' parameters, participants and speech dimension vary across studies, a clear comparison remains difficult. Moreover, the experiences often do not integrate the variable of the mode of presentation of the stimuli to be processed that the input and output modalities or instructions could generate. The goal of the present paper is to shed light on the attentional resources required for speech by investigating the bidirectional dual-task effects of producing overlearned speech utterances while doing a concurrent non-verbal task varying in mode (continuous versus discrete) and attentional demand (go versus go-nogo). We use overlearned speech sequences to minimise the linguistic planning processes and investigate the attentional resources required by motor speech planning. We conducted with the same participants two experiments differing in the mode of presentation of the stimuli in the non-verbal task (continuous versus discrete), each including two types of speech task (counting vs. sentence production) and two dual-task levels of attentional demand (go vs. go-nogo) and analysed the results in a bidirectional approach.

2. METHOD

Twenty-seven young adults (6 males, 21 females) were recruited at the Faculty of Psychology and Education Sciences in Geneva. They were aged between 19-29 years old (mean age: 22, SD: 2,8).

The experimental procedure is presented in Table 1, all tasks were done in single condition (SINGLE) either speech only or non-verbal task only; and in a dual-task condition (DUAL) with simultaneous speech and non-verbal tasks.

Speech tasks: two speech tasks were performed and audio recorded. The speech in the first task is rather automatic and involves a sequential rhythm since the speaker had to count from 1 to 20, digit by digit. In the second task, the production is more linguistically elaborated but overlearned as the speaker had to repeat continuously a 'meaningful' sentence**:** "papa et papi papotaient tout à coup", [papaepapipapɔtɛtutaku] (*Dad and grandpa were suddenly chatting*). All the syllables of the sentence have a CV structure, with unvoiced C to facilitate acoustic segmentation. For both speech tasks, the speech material (i.e. the 1-20 count (24 syllables) and the sentence (11 syllables) are repeated in a loop during 55 second.

The two speech tasks were produced in a speech-only condition at the beginning (SINGLE: counting task 1, sentence production task 1) and at the end (SINGLE: counting task 2, sentence production task 2) of each experiment to control for a potential learning bias and were averaged.

Non-verbal tasks: for the non-verbal tasks, two modes of presentation of the stimuli to be processed are used in two separate experiments. In *Experiment 1*, visual stimuli (geometrical shapes) are presented one by one (hence, in a 'discrete' mode of presentation of the stimuli) on a computer screen and participants have to detect a target shape. Manual responses (accuracy and reaction times) are recorded by the keyboard. The non-verbal task in *Experiment 2* is a paper-and-pencil task, where rows of visual stimuli are all presented on a paper sheet and participants have to cross the target stimuli in a 'continuous' mode from left-to-right. In each of the two experiments, 2 types of non-verbal tasks varying in attentional demand are tested: a go task (GO) involving sustained and selective attention, and a go-nogo task (GONOGO) involving also inhibition.

For the GO task in *Experiment 1*, participants had to click when they saw a circle on the screen (with only circles appearing during the task), while for GONOGO task, they had to click only for "x" sign and not for the "+" sign. There were 24 target stimuli on the 55 s. period in the GO, and 16 in the GONOGO condition (along with 8 NOGO items). The experiment was programmed using PsychoPy® (version: 1.85.0) [20] and used pseudo-randomized interstimuli intervals (1500, 2000, 2500ms). Duration of each task was 55 s.

For the GO condition in *Experiment* 2, participants had to cross target shapes, i.e. triangles presented in rows with circles, while for the GONOGO, they had to cross circles only when preceded by a triangle. Duration of each task was 55''.

Table 1: Experimental design for both *Experiment 1* and *Experiment 2*.

condition	speech task	non-verbal task	duration
SINGLE	counting task 1	-	55''
SINGLE	sentence production task 1	-	55''
SINGLE	-	GO	55''
DUAL	counting task	GO	55''
DUAL	sentence production task	GO	55''
SINGLE	-	GONOGO	55''
DUAL	counting task	GONOGO	55''
DUAL	sentence production task	GONOGO	55''
SINGLE	counting task 2	-	55''
SINGLE	sentence production task 2	-	55''

The order of the experiments (1 or 2), of the tasks for the non-verbal GO and GONOGO, and for the speech tasks (counting and sentence production) were counterbalanced across the 24 participants. The participants were instructed to speak at their usual speech rate and could breathe anytime needed. For the computerized visuo-manual task in *Experiment 1*, they had to press space bar as soon and as accurately as possible for the targets. For the paper-and-pencil visuo-motor task in Experiment 2, they had to proceed line by line without going back to correct themselves. During the dual-task condition, they had no instruction about task prioritization and were asked to perform both tasks at the same speed and accuracy as in single condition.

The effect of dual-tasking on speech is measured on speech rate, computed as the number of syllables per second for each of the two speech tasks in each condition. For non-verbal tasks, performance is assessed via mean reaction time for correctly processed target stimuli in *Experiment 1* and number of correctly processed stimuli in 55'' in *Experiment 2*. In both experiments, the effect of dual-tasking on speech and on the non-verbal task is tested with repeated-measures ANOVAs with conditions (3 levels: SINGLE, DUAL-GO, DUAL-GONOGO) as a within subject factor separately for each speech task and non-verbal task. Posthoc pairwise comparisons were performed using Tukey's HSD. Critical significance was set at $p < .05$. The effect size is indicated by partial eta-squared.

3. RESULTS

3.1. Experiment 1

Figure 1: mean speech rate (nb of syll/ s.) averaged across participants (N=27) and standard deviations for counting and sentence production tasks in *Experiment 1* according to 3 conditions: SINGLE, DUAL-GO, DUAL-GONOGO.

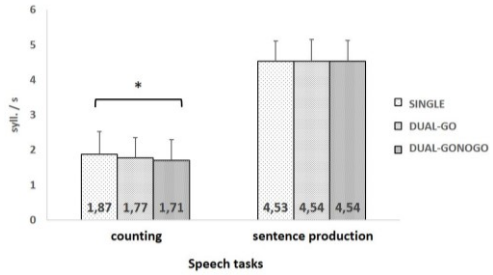
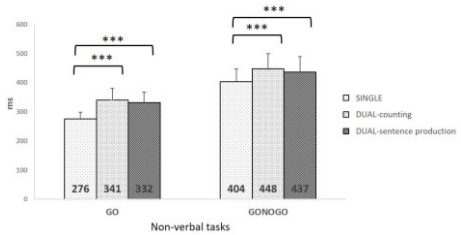


Figure 2: mean reaction times (ms) averaged across participants (N=27) and standard deviations in the GO and GONOGO non-verbal tasks in *Experiment* 1 according to 3 conditions: SINGLE, DUAL-counting, DUAL-sentence production.



Rate in the speech tasks: as shown in Figure 1, speech rate was significantly affected by the condition, but only for the counting speech task ($F(2, 52) = 3.93$, $p<.05$; partial $\eta^2= .13$). This effect was due to the dual-GONOGO condition where counting was produced with a slower rate than in SINGLE condition ($p<.05$).

Performances in the non-verbal tasks: reaction times for GO ($F(2, 52) = 69.5$; $p < .001$; partial $\eta^2= 0.73$) and for GONOGO ($F(2, 52) = 12.3$; $p<.001$; partial $\eta^2= 0.32$) tasks were affected by conditions. As shown in Figure 2, both the GO and GONOGO non-verbal tasks had longer reaction times in the Dual settings, either when participants simultaneously counted or produced sentences, as compared to the SINGLE condition (all: $p<.001$).

3.2. Experiment 2

Rate in the speech tasks: in this experiment, speech rate, shown in Figure 3, was also affected by condition only in the counting speech tasks ($F(2, 52) = 5.37$; $p<.01$; partial $\eta^2= 0.17$). Counting was slower in dual-task settings with both the GO ($p<.05$) and GONOGO ($p<.01$) tasks compared to when done with no other tasks (SINGLE).

Figure 3: mean speech rate (nb of syll/s.) averaged across participants (N=27) and standard deviation for counting and sentence production tasks in *Experiment 2* according to 3 conditions: SINGLE, DUAL-GO, DUAL-GONOGO.

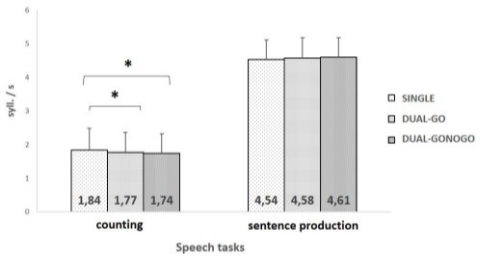
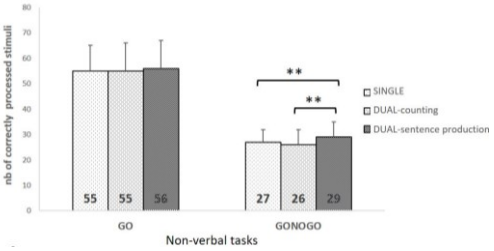


Figure 4: mean number of correctly processed stimuli averaged across participants (N=27) and standard deviation in the GO and GONOGO non-verbal tasks in *Experiment 2* according to 3 conditions: SINGLE, DUAL-counting, DUAL-sentence production.



Performances in the non-verbal tasks: the number of correctly processed stimuli (Figure 4) depended on condition for the GONOGO task ($F(2,52) = 7,15$; $p < .01$; partial $\eta^2= 0.22$), but not for GO task. Surprisingly, in this GONOGO task, more stimuli were correctly processed in the dual condition with concomitant sentence production, compared to both

the SINGLE condition ($p < .001$), and the dual condition where the participant had to count ($p < .01$).

3. DISCUSSION AND CONCLUSION

Here, we investigated the influence of the type of speech tasks, attentional demand of concomitant tasks and mode of presentation of the stimuli. Modification of speech rate is interpreted as a cue to attentional demand of speech production. The bidirectional analysis of the effects of one task on the other is a way to estimate the underlying mechanisms and global strategies adopted by the speakers when dual-tasking. Our results first show that dual-task effects are not similar across speech tasks. A dual-task effect on speech rate was found for the counting task in both experiments. This result is opposite to [10]'s results, who found a constant rate in counting during a visuo-motor tracking task. In contrast, we did not find a dual-task effect on speech rate of the sentence repetition task, which is similar to what was found by [5] and [3] with other concurrent non-verbal tasks. Differences in dual-task effects according to the type of speech task could be due to the fact that the attentional resources to be shared with the other non-verbal tasks are recruited only in counting, which is an automatic speech task but which may require inhibition when it is done in a loop. Subsequent analyses will be done to analyse if the slowing of speech rate is more important close to the end of the 1-to-20 series where speakers need to inhibit the next digits and reset a new loop. For the sentence repetition task, the absence of dual-task effects could be due to the fact that the sentence had to be repeated again and again and therefore becomes quite automatic and overlearned with no or very little linguistic planning. This learning effect was also found by [5] for the speech measures of a repetition task with visuo-motor task and linked to the practice of the speech task in the single condition done before. It could be relevant to analyse another parameter of speech fluency like disfluencies that could be more sensitive to dual task effect than speech rate.

The other factor found to influence dual-task effects in our study relates to the difference between experiment 1 and 2 and the attentional demands of the non-verbal tasks. Indeed, counting is slower when the stimuli of the secondary task are presented in a discrete mode (in experiment 1), but only for the condition requiring enhanced attentional demand, i.e. inhibition in the GONOGO conditions. In experiment 2, where the processing of the non-verbal task can be done in a continuous way by the participant (all the stimuli to be processed are in front of the participant and proceed at his/her own pace), the counting is slower with both concurrent GO and GONOGO tasks.

Regarding the non-verbal tasks, a dual-task effect is also found when they were performed while speaking. However, the effect goes in opposite directions in the two experiments. In experiment 1, a negative dual-task effect is observed with longer reaction times for correct answers. In experiment 2, a positive dual-task effect is found with an increase of stimuli processed when participant had to produce sentences simultaneously (but not while counting). It is difficult to compare performances based on two different measures, reaction time in the computerized experiment 1 and number of correctly processed stimuli in the paper-and-pencil experiment 2. Reaction times may be more sensitive to task demand and can reflect the slowing down of the processing of the non-verbal task when participants had to count simultaneously. It is also possible that the attentional demand for the non-verbal tasks is stronger in experiment 1 than in experiment 2. Assuming that processing capacity are shared among the two tasks [11, 18], the bidirectional interference between the non-verbal task and the speech task is thus stronger for the more demanding tasks: the non-verbal task in experiment 1 and the counting speech tasks, showing both a slowing down (in reaction time and speech rate) when done simultaneously. The limit in capacity hypothesis thus do not explain the positive dual-task effects found in experiment 2 for the non-verbal go-nogo task (increased number of processed stimuli in the sentence production condition). We can see here the interest of analysing both speech and secondary task's performances because another type of processing might take place. While speech is slowed in dual-condition, number of processed visual stimuli rises. This could reflect a ''magnet effect'', which is the tendency of biological oscillator to attract each other [7]. As also found by [5] and [21], the shared motor modality of processing (writing for the non-verbal task and speaking) could facilitate the attraction of the rhythmic pattern adopted in the two tasks and create a positive "energizing effect", as the one found for Parkinson's disease patients who increase voice intensity when dual-tasking [1, 15].

The present findings confirm the recruitment of attentional resources in speech production but only for specific speech tasks. The underlying mechanisms or strategies used by healthy subjects to achieve dual-task depend on the type of speech task, the attentional demand of the non-verbal tasks and the mode of presentation of the stimuli. Further analyses of the data will include time point analyses of non-verbal tasks and more refined analysis of speech rate and speech rhythm.

4. AKNOWLEDGMENTS

The authors gratefully acknowledge the financial support of the Swiss National Fund for the Sinergia "MoSpeeDi" project (FNS CRSII5_173711).

5. REFERENCES

[1] Adams, S. G., Winnell, J., Jog, M. 2010. Effects of interlocutor distance, multi-talker background noise, and a concurrent manual task on speech intensity in Parkinson's disease. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, *18*(4), 1-9.

[2] Armieri, A., Holmes, J. D., Spaulding, S. J., Jenkins, M. E., Johnson, A. M. 2009. Dual-task performance in a healthy young adult population: Results from a symmetric manipulation of task complexity and articulation. *Gait & posture*, *29*(2), 346-348.

[3] Bailey, D. J., Dromey, C. 2015. Bidirectional interference between speech and nonspeech tasks in younger, middle-aged, and older adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *58*(6), 1637-1653.

[4] Bosshardt, H. G. 2002. Effects of concurrent cognitive processing on the fluency of word repetition: Comparison between persons who do and do not stutter. *Journal of Fluency Disorders*, *27*(2), 93-114.

[5] Dromey, C., Bates, E. 2005. Speech interactions with linguistic, cognitive, and visuomotor tasks. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *48*(2), 295-305.

[6] Dromey, C., Shim, E. 2008. The effects of divided attention on speech motor, verbal fluency, and manual task performance. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *51*(5), 1171-1182.

[7] Ebersbach, G., Dimitrijevic, M. R., Poewe, W. 1995. Influence of concurrent tasks on gait: a dual-task approach. *Perceptual and motor skills*, *81*(1), 107-113.

[8] Eichorn, N., Marton, K., Schwartz, R. G., Melara, R. D., Pirutinsky, S. 2016. Does working memory enhance or interfere with speech fluency in adults who do and do not stutter? Evidence from a dual-task paradigm. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *59*(3), 415-429.

[9] Ferreira, V. S., Pashler, H. 2002. Central bottleneck influences on the processing stages of word production. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *28*(6), 1187-1199.

[10] Ho, A. K., Iansek, R., Bradshaw, J. L. 2002. The effect of a concurrent task on Parkinsonian speech. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *24*(1), 36-47.

[11] Kahneman, D. 1973. *Attention and effort* (Vol. 1063). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

[12] Kemper, S., Herman, R. E., Lian, C. H. 2003. The costs of doing two things at once for young and older adults: Talking while walking, finger tapping, and ignoring speech of noise. *Psychology and aging*, *18*(2), 181-192.

[13] Kemper, S., Schmalzried, R., Hoffman, L., Herman, R. 2010. Aging and the vulnerability of speech to dual-task demands. *Psychology and aging*, *25*(4), 949-962.

[14] Maquestiaux, F., Ruthruff, E., Defer, A., Ibrahime, S. 2018. Dual-task automatization: The key role of sensory–motor modality compatibility. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *80*(3), 752-772.

[15] McCaig, C. M., Adams, S. G., Dykstra, A. D., Jog, M. 2016. Effect of concurrent walking and interlocutor distance on conversational speech intensity and rate in Parkinson's disease. *Gait & posture*, *43*, 132-136.

[16] Norman, D. A., Bobrow, D. G. 1975. On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive psychology*, *7*(1), 44-64.

[17] Pashler, H., Johnston, J. C. 1989. Chronometric evidence for central postponement in temporally overlapping tasks. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *41*(1), 19-45.

[18] Pashler, H. 1994. Dual-task interference in simple tasks: data and theory. *Psychological bulletin*, *116*(2), 220-244.

[19] Pashler, H., Johnston, J. C., Ruthruff, E. 2001. Attention and performance. *Annual review of psychology*, *52*(1), 629-651.

[20] Peirce, J. W. 2007. PsychoPy—psychophysics software in Python. *Journal of neuroscience methods*, *162*(1-2), 8-13.

[21] Pernon, M., Trocello, J. M., Vaissière, J., Cousin, C., Chevaillier, G., Rémy, P., Fougeron, C., Kidri-Osmani, K., Woimant, F. 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.

[22] Plummer, P., Eskes, G. 2015. Measuring treatment effects on dual-task performance: a framework for research and clinical practice. *Frontiers in human neuroscience, 9*, 225.

[23] Roelofs, A. 2008. Attention, gaze shifting, and dual-task interference from phonological encoding in spoken word planning. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *34*(6), 1580-1598.

[24] Wickens, C. D. 2008. Multiple resources and mental workload. *Human factors*, *50*(3), 449-455.

Annexe 8

Description détaillée des caractéristiques socio-démographiques des locuteurs de l'étude du chapitre 4 portant sur l'approche cognitive à travers l'examen de la demande attentionnelle et exécutive sur la parole en condition de double tâche

Code_sujet	version - ordre de passation (1)	date de passation	âge	genre	niveau d'éducation (2)	scolarité	Langue première 1	Langue première 2	Langue première 3	antécédents de troubles du langage, parole, voix	vision	latéralité	score brut Inventaire de latéralité d'Edinburgh d'Oldfield	décile score Inventaire de latéralité d'Edinburgh d'Oldfield	main utilisée expérience 1	main utilisée expérience 2
DBGE_MP_01	IA1	01.03.17	26	F	3	Master 2	français				corrigée	gauchère	-50	3	gauche	gauche
DBGE_MP_02	IA1	01.03.17	24	F	3	Master 1	français					droitière	81,8	5	droite	droite
DBGE_MP_03	IIA1	02.03.17	25	F	3	Master 1	français			résolus (sigmatisme interdental, béagiement)		droitière	100	10	droite	droite
DBGE_MP_04	IIA1	02.03.17	20	F	3	Bachelor 3	français					droitière	100	10	droite	droite
DBGE_MP_05	IA2	06.03.17	25	M	3	Master 2	français				corrigée	droitier	80	5	droite	droite
DBGE_MP_06	IA2	08.03.17	22	F	3	Master 1	français			résolus (troubles articulatoires)	corrigée	droitière	100	10	droite	droite
DBGE_MP_07	IIA2	08.03.17	23	F	3	Master 1	français					droitière	100	10	droite	droite
DBGE_MP_08	IB1	08.03.17	24	F	3	Master 1	français	portugais	espagnol		corrigée	droitière	100	10	droite	droite
DBGE_MP_09	IB1	08.03.17	20	F	3	Bachelor 1	français	italien	espagnol			droitière	83	6	droite	droite
DBGE_MP_10	IIB1	09.03.17	20	M	3	Bachelor 3	français				corrigée	droitier	100	10	droite	droite
DBGE_MP_11	IIB1	09.03.17	20	F	3	Bachelor 2	français				corrigée	droitière	83	6	droite	droite
DBGE_MP_12	IB2	09.03.17	21	F	3	Master 1	français					droitière	67	3	droite	droite
DBGE_MP_13	IIB2	10.03.17	29	F	3	Master 1	français					droitière	83	6	droite	droite
DBGE_MP_14	IA1	13.03.17	22	M	3	Bachelor 3	français					gaucher	-50	1	gauche	gauche
DBGE_MP_15	IIA1	13.03.17	23	F	3	Master 2	français					droitière	100	10	droite	droite
DBGE_MP_16	IA2	13.03.17	20	F	3	Bachelor 2	français				corrigée	droitière	83	6	droite	droite
DBGE_MP_17	IIA2	14.03.17	19	F	3	Bachelor 2	français					droitière	83	6	droite	droite
DBGE_MP_18	IB1	14.03.17	19	M	3	Bachelor 1	français				corrigée	droitier	66	3	droite	droite
DBGE_MP_19	IIB1	15.03.17	19	F	3	Bachelor 2	français	anglais				droitière	83	6	droite	droite
DBGE_MP_20	IB2	15.03.17	20	F	3	Bachelor 2	français				corrigée	droitière	83	6	droite	droite
DBGE_MP_21	IIB2	15.03.17	22	F	3	Master 1	français			résolus (frein de langue court)		droitière	100	10	droite	droite
DBGE_MP_22	IA1	15.03.17	24	F	3	Master 2	français				corrigée	droitière	100	10	droite	droite
DBGE_MP_23	IIA2	15.03.17	23	M	3	Bachelor 1	français	espagnol			corrigée	droitier	83	6	droite	droite
DBGE_MP_24	IIB2	16.03.17	29	F	2	Cycle d'orientation	français				corrigée	droitière	83	6	droite	droite
DBGE_MP_25	IIA1	16.03.17	21	M	3	Bachelor 2	français				corrigée	droitier	100	10	droite	droite
DBGE_MP_26	IB2	17.03.17	21	F	3	Bachelor 3	français	anglais		résolus (aphonie)	corrigee	droitière	66	8	droite	droite
DBGE_MP_27	IB2	17.03.17	20	F	3	Bachelor 2	français				corrigée	gauchère	-83	6	gauche	gauche

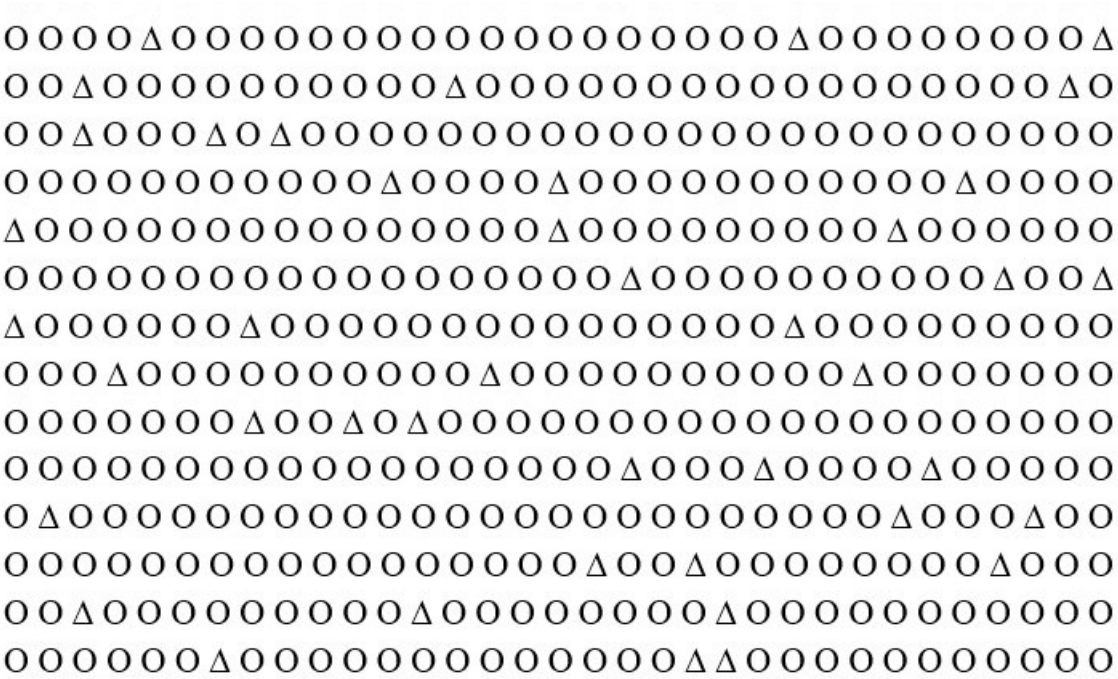
(1) Versions :
- I ou II : ordre des expériences, respectivement I = expérience 1 mode discret puis expérience 2 mode continu, II = expérience 2 mode continu puis expérience 1 mode discret;
- A ou B : ordre de degré de complexité attentionnelle, respectivement A = GO puis GONOGO, B = GONOGO puis GO ;
- 1ou 2 : ordre des tâches de parole : respectivement 1 = comptage puis répétition d'énoncé, 2 = répétition d'énoncé puis comptage.

(2) Niveaux d'éducation (Suisse Romande): 1= scolarité obligatoire ; 2= apprentissage ou école secondaire technique ; 3= diplôme de fin d'études secondaires et supérieures.

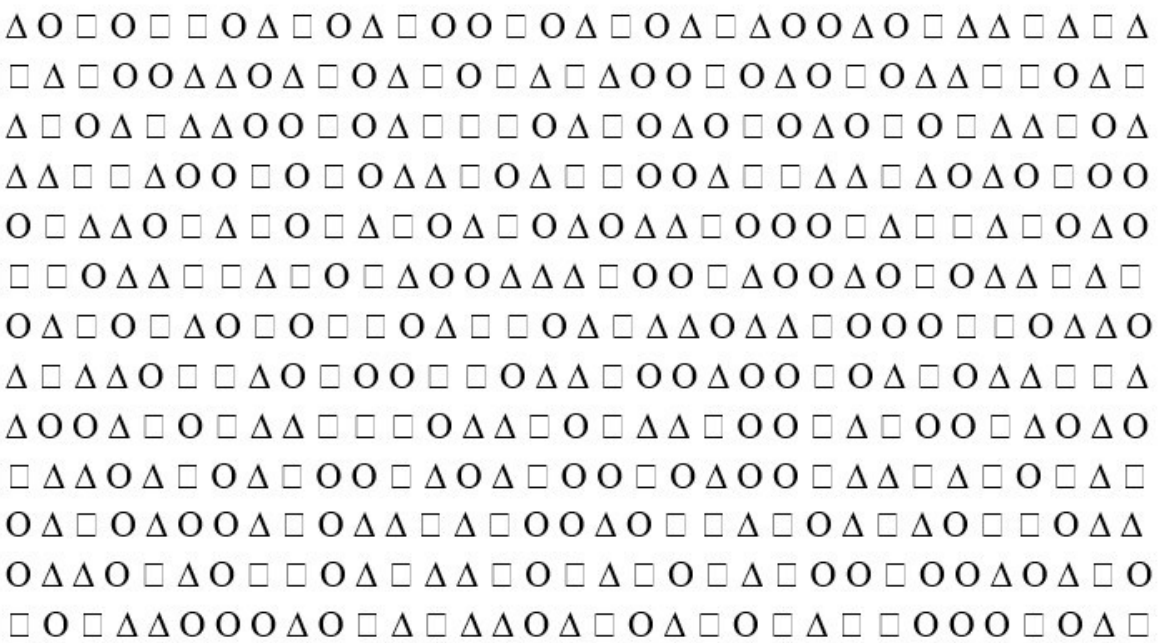
Annexe 9

Tâches non verbales visuo-motrices de barrage papier crayon de mode continu de présentation des stimuli. de l'Expérience 2 (chapitre 4)

Extrait de la tâche non verbale de GO



Extrait de la tâche de GO-NOGO



Annexe 10

Résumé de l'ensemble des consignes de chaque tâche de parole pour chaque condition / bloc.

EXPERIENCE 1 : mode discret

expérience	mode de l'expérience	bloc / condition	tâche de parole	degré de complexité attentionnelle de la tâche non verbale	durée	consignes
expérience 1	discret	parole initiale en condition isolée	comptage	/	55''	*« Vous allez compter de 1 à 20 (1, 2, 3… 20) en boucle pendant environ 1 minute sans interruption. Si vous faites une erreur, poursuivez sans vous arrêter, sans effectuer de commentaires. Inspirez dès que le besoin s'en ressentira au cours de la tâche. Adoptez votre débit de parole habituel et essayez de le maintenir tout au long des tests proposés. Afin de vous familiariser avec cette tâche, vous allez dans un premier temps compter pour vous entraîner. Allez-y... Maintenant, vous allez compter de 1 à 20 dès le bip sonore jusqu'à ce que je vous arrête. Prêt(e)? ».*
			répétition d'énoncé	/	55''	*« Maintenant, vous allez répéter en boucle la phrase « Papa et papi papotaient tout à coup » pendant environ 1 minute sans interruption. Si vous faites une erreur, poursuivez sans vous arrêter, sans effectuer de commentaires. Inspirez dès que le besoin s'en ressentira au cours de la tâche. Souvenez-vous d'adopter votre débit de parole habituel et d'essayer de le maintenir tout au long des tests proposés. Afin de vous familiariser avec cette phrase, vous allez tout d'abord la répéter plusieurs fois pour vous entraîner. Allez-y… Maintenant, vous allez répéter la phrase dès le bip sonore jusqu'à ce que je vous arrête. Prêt(e)? ».*
		parole en double tâche avec la tâche de GO	/	GO en isolé	55''	*« Dans cette tâche, vous allez voir de temps en temps un cercle apparaître au milieu de l'écran. Vous devez appuyer sur la barre d'espace dès son apparition. On commence avec des exemples. ('q' pour terminer les exemples)».*
			comptage	GO	55''	*« Maintenant, vous allez faire la même chose mais en comptant en même temps de 1 à 20 (1, 2, 3… 20) en boucle sans interruption. Essayez de traiter les deux tâches avec la même vitesse et la même précision que lorsque vous les avez réalisées séparément. Notez que les deux tâches sont aussi importantes l'une que l'autre. Si vous faites une erreur, poursuivez sans vous arrêter, sans effectuer de commentaires. Inspirez dès que le besoin s'en ressentira au cours de la tâche. Vous commencerez dès le bip sonore jusqu'à ce que je vous arrête. Prêt(e)? ».*
			répétition d'énoncé	GO	55''	*« Maintenant, vous allez faire la même chose mais en répétant en même temps la phrase « Papa et papi papotaient tout à coup » en boucle sans interruption. Rappelez-vous de traiter les deux tâches avec la même vitesse et la même précision que lorsque vous les avez réalisées séparément et souvenez-vous que les deux tâches sont aussi importantes l'une que l'autre. Si vous faites une erreur, poursuivez sans vous arrêter, sans effectuer de commentaires. Inspirez dès que le besoin s'en ressentira au cours de la tâche. Vous commencerez dès le bip sonore jusqu'à ce que je vous arrête. Prêt(e)? ».*
		parole en double tâche avec la tâche de GO-NOGO	/	GO-NOGO en isolé	55''	*« Maintenant vous allez voir apparaître à l'écran des symboles : + et x Vous devez appuyer sur la barre d'espace dès que vous voyez x mais pas pour + On commence avec des exemples. ('q' pour terminer les exemples) ».*
			comptage	GO-NOGO	55''	*« Maintenant, vous allez faire la même chose mais en comptant en même temps de 1 à 20 (1, 2, 3… 20) en boucle sans interruption. Essayez de traiter les deux tâches avec la même vitesse et la même précision que lorsque vous les avez réalisées séparément. Notez que les deux tâches sont aussi importantes l'une que l'autre. Si vous faites une erreur, poursuivez sans vous arrêter, sans effectuer de commentaires. Inspirez dès que le besoin s'en ressentira au cours de la tâche. Vous commencerez dès le bip sonore jusqu'à ce que je vous arrête. Prêt(e)?».*
			répétition d'énoncé	GO-NOGO	55''	*« Maintenant, vous allez faire la même chose mais en répétant en même temps la phrase « Papa et papi papotaient tout à coup » en boucle sans interruption. Rappelez-vous de traiter les deux tâches avec la même vitesse et la même précision que lorsque vous les avez réalisées séparément et souvenez-vous que les deux tâches sont aussi importantes l'une que l'autre. Si vous faites une erreur, poursuivez sans vous arrêter, sans effectuer de commentaires. Inspirez dès que le besoin s'en ressentira au cours de la tâche. Vous commencerez dès le bip sonore jusqu'à ce que je vous arrête. Prêt(e)?».*
		parole finale en condition isolée	comptage	/	55''	*« Maintenant, vous allez encore une fois compter de 1 à 20 (1, 2, 3 … 20) en boucle pendant environ 1 minute sans interruption. Si vous faites une erreur, poursuivez sans vous arrêter, sans effectuer de commentaires. Inspirez dès que le besoin s'en ressentira au cours de la tâche. Maintenez le débit de parole de parole adopté lors des tâches précédentes. Vous commencerez à compter dès le bip sonore jusqu'à ce que je vous arrête. Prêt(e)? »*
			répétition d'énoncé	/	55''	*« Maintenant, vous allez encore une fois répéter en boucle la phrase « Papa et papi papotaient tout à coup » pendant environ 1 minute sans interruption. Si vous faites une erreur, poursuivez sans vous arrêter, sans effectuer de commentaires. Inspirez dès que le besoin s'en ressentira au cours de la tâche. Maintenez le débit de parole adopté lors des tâches précédentes. Vous commencerez à répéter la phrase dès le bip sonore jusqu'à ce que je vous arrête. Prêt(e)? ».*

EXPERIENCE 2 : mode continu

expérience	mode de l'expérience	bloc / condition	tâche de parole	degré de complexité attentionnelle de la tâche non verbale	durée	consignes
expérience 2	**continu**	**parole initiale en condition isolée**	comptage	/	55''	*« Vous allez compter de 1 à 20 (1, 2, 3… 20) en boucle pendant environ 1 minute sans interruption. Si vous faites une erreur, poursuivez sans vous arrêter, sans effectuer de commentaires. Inspirez dès que le besoin s'en ressentira au cours de la tâche. Adoptez votre débit de parole habituel et essayez de le maintenir tout au long des tests proposés. Afin de vous familiariser avec cette tâche, vous allez dans un premier temps compter pour vous entraîner. Allez-y... Maintenant, vous allez compter de 1 à 20 dès le bip sonore jusqu'à ce que je vous arrête. Prêt(e)? ».*
			répétition d'énoncé	/	55''	*« Maintenant, vous allez répéter en boucle la phrase « Papa et papi papotaient tout à coup » pendant environ 1 minute sans interruption. Si vous faites une erreur, poursuivez sans vous arrêter, sans effectuer de commentaires. Inspirez dès que le besoin s'en ressentira au cours de la tâche. Souvenez-vous d'adopter votre débit de parole habituel et d'essayer de le maintenir tout au long des tests proposés. Afin de vous familiariser avec cette phrase, vous allez tout d'abord la répéter plusieurs fois pour vous entraîner. Allez-y… Maintenant, vous allez répéter la phrase dès le bip sonore jusqu'à ce que je vous arrête. Prêt(e)? ».*
		parole en double tâche avec la tâche de GO	/	GO en isolé	55''	*« Maintenant, vous allez avoir une feuille avec des triangles et des ronds. Vous allez barrer tous les triangles (Δ) que vous pouvez et uniquement les triangles. Vous procéderez ligne par ligne, de gauche à droite. Si vous avez effectué une erreur, omis de barrer un triangle, vous poursuivrez la tâche sans vous corriger. On commence avec quelques exemples. Vous commencerez dès le bip sonore jusqu'à ce que je vous arrête. Prêt(e) ? ».*
			comptage	GO	55''	*« Maintenant, vous allez faire la même chose mais en comptant en même temps de 1 à 20 (1, 2, 3… 20) en boucle sans interruption. Essayez de traiter les deux tâches avec la même vitesse et la même précision que lorsque vous les avez réalisées séparément. Notez que les deux tâches sont aussi importantes l'une que l'autre. Si vous faites une erreur, poursuivez sans vous arrêter, sans effectuer de commentaires. Inspirez dès que le besoin s'en ressentira au cours de la tâche. Vous commencerez dès le bip sonore jusqu'à ce que je vous arrête. Prêt(e)? ».*
			répétition d'énoncé	GO	55''	*« Maintenant, vous allez faire la même chose mais en répétant en même temps la phrase « Papa et papi papotaient tout à coup » en boucle sans interruption. Rappelez-vous de traiter les deux tâches avec la même vitesse et la même précision que lorsque vous les avez réalisées séparément et souvenez-vous que les deux tâches sont aussi importantes l'une que l'autre. Si vous faites une erreur, poursuivez sans vous arrêter, sans effectuer de commentaires. Inspirez dès que le besoin s'en ressentira au cours de la tâche. Vous commencerez dès le bip sonore jusqu'à ce que je vous arrête. Prêt(e)? ».*
		parole en double tâche avec la tâche de GO-NOGO	/	GO-NOGO en isolé	55''	*« Maintenant, vous allez barrer uniquement les ronds précédés d'un triangle (Δ O). Vous procéderez ligne par ligne, de gauche à droite. Si vous avez effectué une erreur, omis de barrer un rond, vous poursuivrez la tâche sans vous corriger. On commence avec quelques exemples. Vous commencerez dès le bip sonore jusqu'à ce que je vous arrête. Prêt(e) ?».*
			comptage	GO-NOGO	55''	*« Maintenant, vous allez faire la même chose mais en comptant en même temps de 1 à 20 (1, 2, 3… 20) en boucle sans interruption. Essayez de traiter les deux tâches avec la même vitesse et la même précision que lorsque vous les avez réalisées séparément. Notez que les deux tâches sont aussi importantes l'une que l'autre. Si vous faites une erreur, poursuivez sans vous arrêter, sans effectuer de commentaires. Inspirez dès que le besoin s'en ressentira au cours de la tâche. Vous commencerez dès le bip sonore jusqu'à ce que je vous arrête. Prêt(e)?».*
			répétition d'énoncé	GO-NOGO	55''	*« Maintenant, vous allez faire la même chose mais en répétant en même temps la phrase « Papa et papi papotaient tout à coup » en boucle sans interruption. Rappelez-vous de traiter les deux tâches avec la même vitesse et la même précision que lorsque vous les avez réalisées séparément et souvenez-vous que les deux tâches sont aussi importantes l'une que l'autre. Si vous faites une erreur, poursuivez sans vous arrêter, sans effectuer de commentaires. Inspirez dès que le besoin s'en ressentira au cours de la tâche. Vous commencerez dès le bip sonore jusqu'à ce que je vous arrête. Prêt(e)?».*
		parole finale en condition isolée	comptage	/	55''	*« Maintenant, vous allez encore une fois compter de 1 à 20 (1, 2, 3 … 20) en boucle pendant environ 1 minute sans interruption. Si vous faites une erreur, poursuivez sans vous arrêter, sans effectuer de commentaires. Inspirez dès que le besoin s'en ressentira au cours de la tâche. Maintenez le débit de parole de parole adopté lors des tâches précédentes. Vous commencerez à compter dès le bip sonore jusqu'à ce que je vous arrête. Prêt(e)? ».*
			répétition d'énoncé	/	55''	*« Maintenant, vous allez encore une fois répéter en boucle la phrase « Papa et papi papotaient tout à coup » pendant environ 1 minute sans interruption. Si vous faites une erreur, poursuivez sans vous arrêter, sans effectuer de commentaires. Inspirez dès que le besoin s'en ressentira au cours de la tâche. Maintenez le débit de parole adopté lors des tâches précédentes. Vous commencerez à répéter la phrase dès le bip sonore jusqu'à ce que je vous arrête. Prêt(e)? ».*

Annexe 11

Information et Consentement écrit de l'étude sur les effets bidirectionnels de la double tâche présentée au chapitre 4.

UNIVERSITÉ DE GENÈVE
FACULTÉ DE PSYCHOLOGIE ET DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION
Section de psychologie

RECHERCHE

Etudes psycholinguistiques sur la production et compréhension du langage **AXE A: Approche comportementale** Responsable(s) du projet de recherche : Marina Laganaro

(Dans ce texte, le masculin est utilisé au sens générique ; il comprend aussi bien les femmes que les hommes.)

INFORMATION ET CONSENTEMENT DE PARTICIPATION A LA RECHERCHE

Information aux participants

Engagement du chercheur (voir ci-après)

Objectifs généraux de la recherche : Le langage est une activité complexe et très rapide : nous produisons et comprenons plusieurs mots en une seconde et cela de manière pratiquement automatique. Le but de cette recherche est d'étudier comment nous planifions la forme des énoncés avant de les produire et/ou comment nous reconnaissons les mots avant de les comprendre.

Procédure : Nous utilisons des tâches dans lesquelles on vous demandera de produire des mots ou des phrases (lire et/ou répéter et/ou décrire des images) ou de reconnaitre ou comprendre des mots ou des phrases. Vous porterez un casque avec un microphone. L'appareillage utilisé nous permet de mesurer les temps qu'il faut au locuteur pour produire ou pour comprendre des énoncés dans les diverses conditions. De plus, vos productions seront enregistrées afin de pouvoir les analyser par la suite.

Protection des données (mesures d'archivage/destruction des données) : Ces enregistrements ainsi que les informations recueillies seront traitées de manière confidentielle et rendues anonymes. Ils seront utilisés uniquement à but de recherche. Toutes les informations sont systématiquement détruites lorsque la recherche est terminée.

Avantages et bénéfices pour les participants : Cette étude ne comporte aucun risque pour vous ni aucun bénéfice direct. La participation à cette étude est volontaire, vous pouvez donc refuser de participer. Vous pouvez également vous soustraire à tout moment de l'étude.

Inconvénients et risques éventuels pour les participants : La participation à cette étude ne comporte aucun risque.

Durée du projet : 2017

Durée des expériences et des pauses (bloc d'expériences et durée minimale des pauses s'il y a lieu) : Plusieurs tâches vous sont proposées dans cette séance, qui en règle générale ne dépassera pas les 60 minutes.

Accès aux résultats de la recherche : les résultats des participants à l'étude ne sont pas analysés individuellement, mais inclus dans des groupes. Vous pourrez être informé des résultats de l'expérience sur les groupes en nous contactant directement. Aucun résultat individuel ne pourra être communiqué.
Personne(s) à contacter : Marina Laganaro

Université de Genève, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education Université, 40 Bd. Du Pont-d'Arve, 1205 Genève, Suisse. Marina.Laganaro@unige.ch

CONSENTEMENT DE PARTICIPATION A LA RECHERCHE

Sur la base des informations qui précèdent, je confirme mon accord pour participer à la recherche « **Etudes psycholinguistiques sur la production et compréhension du langage AXE A: Approche comportementale** », et j'autorise :

- l'utilisation des données à des fins scientifiques et la publication des résultats de la recherche dans des revues ou livres scientifiques, étant entendu que les données resteront anonymes et qu'aucune information ne sera donnée sur mon identité ; ☐ OUI ☐ NON

- l'utilisation des données à des fins pédagogiques (cours et séminaires de formation d'étudiants ou de professionnels soumis au secret professionnel). ☐ OUI ☐ NON

J'ai choisi volontairement de participer à cette recherche. J'ai été informé-e du fait que je peux me retirer en tout temps sans fournir de justifications.

Ce consentement ne décharge pas les organisateurs de la recherche de leurs responsabilités. Je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Prénom Nom	Date	Signature

ENGAGEMENT DU CHERCHEUR

L'information qui figure sur ce formulaire de consentement et les réponses que j'ai données au participant décrivent avec exactitude le projet.

Je m'engage à procéder à cette étude conformément aux normes éthiques concernant les projets de recherche impliquant des participants humains, en application du *Code d'éthique concernant la recherche au sein de la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation* et des *Directives relatives à l'intégrité dans le domaine de la recherche scientifique et à la procédure à suivre en cas de manquement à l'intégrité* de l'Université de Genève.

Je m'engage à ce que le participant à la recherche reçoive un exemplaire de ce formulaire de consentement.

Prénom Nom	Date	Signature

Annexe 12

Questionnaire d'information à destination des participants de l'étude sur les effets bidirectionnels de la double tâche présentée au chapitre 4.

UNIVERSITÉ DE GENÈVE
FACULTÉ DE PSYCHOLOGIE ET DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION
Section de psychologie

RECHERCHE
Etudes psycholinguistiques sur la production et compréhension du langage
AXE A: Approche comportementale

Responsable(s) du projet de recherche : Marina Laganaro

QUESTIONNAIRE D'INFORMATION PARTICIPANT

Les informations suivantes seront utiles pour la formation des sous-groupes de participants aux diverses études : elles resteront anonymes et strictement confidentielles. (cf. *formulaire de consentement*).

Initiales : **Code sujet :**]

Date de naissance : **Date de passation :**

Sexe (entourer) :

Niveau d'études :

Cursus : baccalauréat de psychologie orientation logopédie

Profession :

Langues parlées :

- Quelle(s) est (sont) votre (vos) langues maternelle(s) (1ère(s) langue(s) parlé(e) ?

LM1 :

LM2 :

LM3 :

Autre(s) langue(s) apprises **avan**t 6 ans :

Autre(s) langue(s) apprises **après** 6 ans :

Régionalismes :

Où avez-vous passé votre enfance ?

Région 1 :

Région 2 :

Région 3 :

Où avez-vous vécu au moins 10 ans par la suite ?

Région 3 :

Région 4 :

Voix / Parole / Langage :

- Avez-vous déjà consulté un professionnel pour des problèmes de parole, de langage (par ex. trouble articulatoire, perte de voix, bégaiement, dyslexie)? ☐ OUI ☐ NON

Si oui, lesquels ? _____

Dentition :

- Etes-vous porteur d'un appareil dentaire, d'une prothèse dentaire (dentier) ?

☐ OUI ☐ NON

Vision :

NORMALE CORRIGEE

- Votre acuité visuelle est-elle :

Si elle est CORRIGEE (lentilles, lunettes) _____

→ Si oui, avez-vous vos lunettes avec vous? ☐ OUI ☐ NON

Audition :

6. Votre audition est-elle normale ? ☐ OUI ☐ NON

→ Si non, est-elle CORRIGEE ☐ OUI ☐ NON

Neurologie :

- Avez-vous souffert dans le passé d'un problème d'ordre neurologique (épilepsie, traumatisme crânien, …) ? (souligner la réponse) ☐ OUI ☐ NON Si OUI, de quel type ? _____

Etat général :

- Avez-vous consommé hier ou aujourd'hui des médicaments ou des drogues? ☐ OUI ☐ NON Si OUI, quel type et combien ? _____

- Y a t-il des facteurs non-mentionnés qui pourraient altérer vos résultats d'aujourd'hui (énervement, migraine, douleurs menstruels, fatigue…) ? _Non_____ Si OUI, lesquels : _____

Les questions suivantes nous informent sur votre latéralisation (index Oldfield- Edinburgh) : Entourez « DROITE » ou « GAUCHE »

a. Pied préféré pour le shoot :	DROITE	GAUCHE
Oeil préféré pour viser, cligner (guigner) :	DROITE	GAUCHE
b. Main pour écrire	DROITE	GAUCHE
c. Main pour dessiner	DROITE	GAUCHE
d. Main et bras pour lancer	DROITE	GAUCHE
e. Main pour utiliser les ciseaux	DROITE	GAUCHE
f. Main qui tient la brosse à dents	DROITE	GAUCHE
g. Main qui tient le couteau seul	DROITE	GAUCHE
h. Main qui tient la cuillère	DROITE	GAUCHE
i. Main placée plus haut pour manier un balai/une pelle	DROITE	GAUCHE
j. Main qui frotte une allumette	DROITE	GAUCHE
k. Main qui ouvre spontanément le couvercle d'une boîte	DROITE	GAUCHE

Ne pas remplir SD : ___/10 SG : ___/10

IL = 100 x (SD – SG)/(SD+SG) =

Etalonnage des IL (1100 adultes tout venant)

gauchers	-28	-42	-54	-66	-76	-83	-87	-90	-92	-100
dc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
droitiers	+48	+60	+68	+74	+80	+84	+88	+92	+95	+100

- Main utilisée au cours de l'expérience DBT_GRAPH : DROITE GAUCHE

- Main utilisée au cours de l'expérience DBT_ATT : DROITE GAUCHE

Annexe 13

Adaptation d'un script Praat® (Boersma & Weeninck, 2021) issu du projet MonPaGe (Fougeron et al., 2016, 2018 ; Pernon et al., 2020 ; Laganaro et al., 2021) pour la création de textgrids à partir des fichiers sons des deux tâches de parole comptage et répétition d'un énoncé de l'étude sur les effets bidirectionnels de la double tâche présentées au chapitre 4.

```
############################################################################################

## This script opens all sound files in a directory, one by one, checks if a TextGrid with the same name

## already exists. If it doesn't, it creates a TextGrid with specified tier names, opens sound file and

## TextGrid together into the editor where boundaries and annotations can be added.

## After manually inserting a boundary at the beginning of an utterance on tier Syllables another boundary

## is automatically inserted at the following time point: start boundary + specified target interval duration.

## After inserting boundaries, new tier named Comments is automatically created for later annotation.

## The script was written for analyzing data for project MonPaGe. May 2016.

## Revised in February 2017 (Maryll: on the basis of SemaineSimple_DefineInterval_v1_0_3 de MonPaGe V18)

## Revised in December 2017 (Michaela : on the basis of SemaineSimpleavecpause_DefineInterval_v1)


############################################################################################

# Create a dialog box and enter the directory location with the sound files, the type of sound files and

# the name of the textgrid tier(s).


form Enter directory

# Enter full path to the directory where the recordings are stored

# IMPORTANT: Insert a SLASH AT THE END of the directory name!!!(backslash \ for Windows, forward slash / for Mac)

# IMPORTANT: Textgrid tier names have to be enclosed in " ".

# Enter duration of the target interval.

	sentence IMPORTANT_READ Insert \ (for Windows) or / (for Mac) at the end of directory name.

	sentence Directory

	sentence Filetype wav

	sentence TierName "Syllables Comments"

	sentence Target_Interval_Duration 55

endform
```

```
##############################################################################################
##  This part of the script creates textgrids and allows the user to insert a boundary.
# Make a list of all sound files in the directory.
Create Strings as file list... fileList 'directory$'*.'filetype$'

# Loop through all files.
numberOfFiles = Get number of strings

for i from 1 to numberOfFiles

    # Select the first filename from the list.
    select Strings fileList
    soundFile$ = Get string... i
    Read from file... 'directory$''soundFile$'

    # A variable called "fileName$" gets the same name as the sound file.
    fileName$ = selected$ ("Sound")

    # Check if TextGrid exists for the file
    textgrid_name$ = directory$ + fileName$ + ".TextGrid"
    if fileReadable (textgrid_name$)

    else
        # Create a TextGrid for the selected sound file.
        To TextGrid... 'TierName$'

        # Select sound object together with textgrid and open.
        # The script will pause once a sound and tegrid files are opened. Insert boundaries and
        annotations.
        # Click CONTINUE to move to the next sound-textgrid pair.
        plus Sound 'fileName$'
        Edit
        pause  Insert boundaries and annotations.
```

```
            # TextGrid is saved with the same filename and in the same directory as the sound
            files.

            minus Sound 'fileName$'

            Write to text file... 'directory$''fileName$'.TextGrid


            # End the loop for the selected file and go on to the next file.
        endif

        select all

        minus Strings fileList

        Remove


endfor


###########################################################################################

##  This part of the script inserts the final boundary in order to create an interval of target duration.

# Make a list of all sound files in the directory.

Create Strings as file list... fileList 'directory$'*.'filetype$'


# Loop through all files.

numberOfFiles = Get number of strings


for i from 1 to numberOfFiles


        # Select the first filename from the list.

        select Strings fileList

        soundFile$ = Get string... i

        Read from file... 'directory$''soundFile$'


        # A variable called "fileName$" gets the same name as the sound file.

        fileName$ = selected$ ("Sound")


        # Open a matching textgrid file

        Read from file... 'directory$''fileName$'.TextGrid

        select TextGrid 'fileName$'
```

```
        #Insert boundaries at a set time from start and before the end of the annotated interval.

        annInterval_1 = Get number of intervals: 1
        annStart = Get starting point: 1, annInterval_1
        firstInterval = annStart + 'Target_Interval_Duration$'
        Insert boundary: 1, firstInterval

        # Create a new interval tier for annotating 'comments'
        Insert interval tier: 2, "Comments"

        # TextGrid is saved with the same filename and in the same directory as the sound files.
        Write to text file... 'directory$''fileName$'.TextGrid

        # End the loop for the selected file and go on to the next file.
        select all
        minus Strings fileList
        Remove
Endfor
```

Annexe 14

Script Praat® (Boersma & Weeninck, 2021) pour l'annotation des tires « Syllables » et « Comments » et l'extraction des mesures de durées et de débit de parole de chaque tâche de parole de l'étude sur les effets bidirectionnels de la double tâche présentées au chapitre 4.

```
################################################################################

## This script opens all sound files and matching TextGrids in a directory, pair by pair, alows making

## changes to the TextGrid and saving it before moving to the next pair of files.

## Once all file pairs have been annotated it calculates durations of annotated intervals, speech

## rate for each « Syllables » interval. It extracts in a file : Speaker code, Order, Mode, Condition and

## SpeechTask, comments, the start et the end time of each interval, duration of each interval and calculated Speech rate for each sequence.

##

## The script uses procedure split written by Atria (2014).

## The script was written for analyzing data for project MonPaGe. May 2016.

## Adapted in February 2017 (Maryll Fournet on the basis of MonPage_Annotate_SpeechRate_Semaine_Simple)

## Adapted in December 2017 (Michaela on the basis of MonPaGe_Annotate_SpeechRate_Semaine_Simpleavecpause_V3, from Maryll Fournet)

################################################################################


# Create a dialog box and enter the directory location with the sound files and the type of sound files.


form Enter directory

# Enter full path to the directory where the recordings are stored

# IMPORTANT: Insert a SLASH AT THE END of the directory name!!!(backslash \ for Windows, forward slash / for Mac)

    sentence IMPORTANT_READ Insert \ (for Windows) or / (for Mac) at the end of directory name.

    sentence Directory

    sentence Filetype wav

    sentence Resultfile Results_DBGE_MP_dec17

endform


################################################################################

## This part of the script gives user a hand to make changes to annotations.

# Make a list of all sound files in the directory.
```

```
Create Strings as file list... fileList 'directory$'*.'filetype$'

# Loop through all files.
numberOfFiles = Get number of strings
for i from 1 to numberOfFiles

	# Select the first filename from the list.
	select Strings fileList
	soundFile$ = Get string... i
	Read from file... 'directory$''soundFile$'

	# A variable called "fileName$" gets the same name as the sound file.
	fileName$ = selected$ ("Sound")

	# Open a matching Textgrid file
	Read from file... 'directory$''fileName$'.Textgrid

	# Select sound object together with textgrid and open them.
	# The script will pause once a sound and textgrid files are opened. Modify annotations.
	# Click CONTINUE to move to the next sound-textgrid pair.
	select TextGrid 'fileName$'
	plus Sound 'fileName$'
	Edit
	pause  Insert boundaries and annotations.

	# Modified TextGrid is saved with the same filename and in the same directory as the original TextGrid.
	minus Sound 'fileName$'
	Write to text file... 'directory$''fileName$'.TextGrid

	# End the loop for the selected file and go on to the next file.
	select all
	minus Strings fileList
	Remove
```

```
endfor

# Clean up the Praat objects window.
select Strings fileList
Remove

##############################################################################
## This part of the script performs sound file analysis and extracts the measures.
# Create results file and the header for the columns
Fileappend "'directory$''resultfile$'.txt" Speaker'tab$'Order'tab$'Mode'tab$'Condition'tab$'SpeechTask'tab$'TierName'tab$'Label'tab$'Comment'tab$'Start'tab$'End'tab$'Duration'tab$'SpeechRate'newline$'

# Make a list of all sound files in the directory.
Create Strings as file list... fileList 'directory$'*.'filetype$'

# Loop through all files.
numberOfFiles = Get number of strings
for n from 1 to numberOfFiles

    # Start by selecting the first file from the list and go through the list.
    select Strings fileList
    soundFile$ = Get string: n
    Read from file... 'directory$''soundFile$'

    # A variable called "fileName$" gets the same name as the sound file.
    fileName$ = selected$ ("Sound")

    # Open a matching textgrid file
    Read from file... 'directory$''fileName$'.TextGrid
    select TextGrid 'fileName$'

    # Call a procedure @split from a praat script positioned at the end of this file.

    @split ("_", fileName$)
```

```
for s to split.length
	str$[s] = split.array$[s]
endfor

# Extract speaker code, ordre, modalite, tache and automaticite from the file name.
# The number in [] means a position of a code in a file name, separated by _.
Speaker$ = split.array$[1]
Order$ = split.array$[2]
Mode$ = split.array$[3]
Condition$ = split.array$[4]
SpeechTask$ = split.array$[5]



# Get measures of each interval on « Syllables » tier
numberOfTiers = Get number of tiers

for t to numberOfTiers-1
	tierName$ = Get tier name: t
	numberOfIntervals = Get number of intervals: t
	for j to numberOfIntervals
		intervalStart = Get starting point: t, j
		intervalEnd = Get end point: t, j
		intervalLabel$ = Get label of interval: t, j
		flag = 0
		if tierName$ = "Syllables"
			if ( (intervalLabel$ <> "") and (intervalLabel$ <> "_") )
				intervalDuration = intervalEnd - intervalStart
				intervalLabel = number (intervalLabel$)
				speechRate = intervalLabel / intervalDuration
				flag = 1
			endif
		endif
```

```
                    #Check if there is a comment in a « Comments » tier for any of the annotated intervals on other tiers.
                    numberOfIntervalsComments = Get number of intervals: numberOfTiers

                    comment$ = ""

                    for c to numberOfIntervalsComments
                        intervalCommentLabel$ = Get label of interval: numberOfTiers, c

                        if intervalCommentLabel$ <> ""
                            intervalStartComments = Get starting point: numberOfTiers, c
                            intervalEndComments = Get end point: numberOfTiers, c

                            if (((intervalEndComments >= intervalStart) and (intervalEndComments <= intervalEnd)) or ((intervalStartComments >= intervalStart) and (intervalStartComments <= intervalEnd)))
                                comment$ = comment$ + " " + intervalCommentLabel$
                            endif

                        endif
                    endfor
                    if flag = 1
                        fileappend "'directory$''resultfile$'.txt" 'Speaker$''tab$''Order$''tab$''Mode$''tab$''Condition$''tab$''SpeechTask$''tab$''tierName$''tab$''intervalLabel$''tab$''comment$''tab$''intervalStart:4''tab$''intervalEnd:4''tab$''intervalDuration:4''tab$''speechRate:4''tab$''newline$'

                    endif
                endif
            endfor
        endfor
    endfor

    # Clean up the Praat objects window.
    select all
```

```
# Split .str$ on .sep$ and store each found element in .array$ and
# length of .array$ in .length
#
# Usage:
#  include /path/to/this/script.praat
#  [code]
#  @split (SEPARATOR, STRING)
#  for i to split.length
#    str$[i] = split.array$[i]
#  endfor
#
# where SEPARATOR is a separator string and STRING is a string to
# separate.
#
# If string$ = "hello world", then after
# @split (" ", string$)
# split.array$[1] contains "hello" and split.array$[2] contains "world"
#
# Notes:
# - Since .length stores the number of items separated by a string, it is always
#   larger than the amount of occurences of that string by one, which means
#   it can be used to count occurences as well.
# - This script has been changed to use the new Praat syntax, which
#   started being introduced after v.5.3.44. It can be made to work with
#   the old syntax by replacing the definition to
#
#      procedure split .sep$ .str$
#
#   and, with the same example as above, calling it with
#
#      call split " " 'string$'
#
```

```
# Written by Jose J. Atria (28 February 2012)
# Last updated: 20 February 2014
# This script is free software: you can redistribute it and/or modify
# it under the terms of the GNU General Public License as published by
# the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or
# (at your option) any later version.
# A copy of the GNU General Public License is available at
# <http://www.gnu.org/licenses/>.

procedure split (.sep$, .str$)
  .seplen = length(.sep$)
  .length = 0
  repeat
    .strlen = length(.str$)
    .sep = index(.str$, .sep$)
    if .sep > 0
      .part$ = left$(.str$, .sep-1)
      .str$ = mid$(.str$, .sep+.seplen, .strlen)
    else
      .part$ = .str$
    endif
    .length = .length+1
    .array$[.length] = .part$
  until .sep = 0
endproc
```

Apports des approches d'évaluation perceptive, acoustique et cognitive des locuteurs présentant une apraxie de la parole et/ou une dysarthrie

Résumé

Cette thèse examine les apports d'approches d'évaluation perceptive globale, acoustique et cognitive, pour le diagnostic et la caractérisation de la parole des locuteurs présentant un trouble moteur acquis de la parole (MSD), dysarthrie et/ou apraxie de la parole (AoS).
Pour cela, trois études ont été menées chez quatre groupes de locuteurs: neurotypiques, pathologiques présentant une AoS, ou une dysarthrie hypokinétique dans la maladie de Parkinson, ou une dysarthrie mixte flasque-spastique dans la sclérose latérale amyotrophique. Ces études, partiellement basées sur le corpus MonPaGe-2.0.s, portaient respectivement sur chaque approche: (i) une tâche de classification auditivo-perceptive multijuges des MSDs, (ii) une analyse phonético-acoustique discrète par dimension de parole des locuteurs aux taux de précision les plus bas et les plus élevés en (i), (iii) un paradigme de double tâche évaluant chez des locuteurs neurotypiques les effets d'une demande attentionnelle et exécutive sur des tâches de parole et non verbales.
Cette thèse montre que les approches d'évaluation perceptive globale et acoustique diffèrent peu pour le diagnostic des MSDs, ne permettant pas de diagnostiquer les MSDs très légers. L'approche acoustique permet une caractérisation quantifiée des profils des MSDs en moyenne sur trois dimensions de parole. Les effets de double tâche s'avèrent prometteurs pour une application clinique. Ces trois études objectivent des différences selon les tâches de parole. Leur demande cognitivo-motrice, dont l'examen permettrait d'affiner le diagnostic différentiel des MSDs et leur caractérisation, constitue l'approche cognitive de l'évaluation de la parole à part entière.

Mots clés : évaluation, diagnostic, dysarthrie, apraxie de la parole, acoustique, perceptif, cognitif, tâche de parole, double tâche.

Contributions of perceptual, acoustic and cognitive assessment approaches to speakers with apraxia of speech and/or dysarthria

Abstract

This thesis examines the contribution of perceptual, acoustic and cognitive assessment approaches to the diagnosis and characterization of speech in speakers with acquired motor speech disorder (MSD), dysarthria and/or apraxia of speech (AoS).
For this purpose, three studies were conducted in four groups of speakers: neurotypical, pathological with AoS, or hypokinetic dysarthria in Parkinson's disease, or mixed flaccid-spastic dysarthria in amyotrophic lateral sclerosis. These studies, partially based on the MonPaGe-2.0.s corpus, focused respectively on each approach: (i) a multi-judge auditory-perceptual classification task of MSDs, (ii) a discrete phonetic-acoustic analysis by speech dimension of the speakers with the lowest and highest accuracy rates in (i), (iii) a dual-task paradigm assessing in neurotypical speakers the effects of an attentional and executive demand on speech and non-verbal tasks.
This thesis shows that the global perceptual and acoustic assessment approaches differ little for the diagnosis of MSDs, not allowing the diagnosis of very mild MSDs. The acoustic approach allows a quantified characterization of MSD profiles averaged over three speech dimensions. The dual-task effects show promise for clinical application. These three studies show differences across speech tasks. Their cognitive-motor demand, which could be examined to refine the differential diagnosis of MSDs and their characterization, constitutes the cognitive approach to speech assessment in its own right.

Keywords: assessment, diagnosis, dysarthria, apraxia of speech, acoustic, perceptual, cognitive, speech task, dual task.

UNIVERSITE SORBONNE NOUVELLE
Ecole doctorale 622 : Sciences du Langage
Laboratoire de Phonétique et Phonologie, CNRS UMR 7018
MAISON DE LA RECHERCHE
Bureau A006
4, rue des Irlandais
75005 PARIS