

MonPaGe, un outil de screening francophone informatisé d'évaluation perceptive et acoustique des troubles moteurs de la parole (dysarthries, apraxie de la parole)

Michaela PERNON

Orthophoniste, Doctorante-assistante de recherche, Chargée de cours
Laboratoire de Phonétique et de Phonologie, UMR7018,
CNRS/Université Sorbonne Nouvelle
ILPGA

19 rue des Bernardins
75005 Paris, France

& Hôpitaux Universitaires de Genève, Département des Neurosciences cliniques, Laboratoire de neurologie du comportement et imagerie cognitive
Rue Gabrielle-Perret-Gentil 4

1205 Genève, Suisse

Courriel : Michaela.pernon@unige.ch

Nathalie LÉVÊQUE

Orthophoniste, Doctorante, Chargée de cours
Laboratoire de Phonétique et de Phonologie, UMR7018,
CNRS/Université Sorbonne Nouvelle
ILPGA

19 rue des Bernardins
75005 Paris, France

& Hôpital Pitié-Salpêtrière - APHP, Département de Neurologie,
Centre Référent SLA,
47-83 Boulevard de l'Hôpital

75013 Paris, France

Courriel : nathalie.leveque@aphp.fr

Véronique DELVAUX

Chercheur qualifié du FNRS
Institut de Recherche en Sciences et Technologies du Langage,
Université de Mons,
Place du Parc, 20

7000 Mons, Belgique

Courriel : veronique.delvaux@umons.ac.be

Frédéric ASSAL

Professeur, Neurologue, Responsable de l'Unité de neuropsychologie
et neurologie comportementale
Hôpitaux Universitaires de Genève, Département des Neurosciences cliniques,
Service de Neurologie
Rue Gabrielle-Perret-Gentil 4
1205 Genève, Suisse
Courriel : frederic.assal@hcuge.ch

Stéphanie BOREL

Orthophoniste, Maître de Conférences en Sciences du Langage
EA 7505 EES, Université de Tours
Centre de Formation Universitaire en Orthophonie,
10 Boulevard Tonnellé
37032 Tours Cedex 1, France
Courriel : stephanie.borel@univ-tours.fr

Cécile FOUGERON

Directeur de Recherche CNRS
Laboratoire de Phonétique et de Phonologie, UMR7018,
CNRS/Université Sorbonne Nouvelle
ILPGA
19 rue des Bernardins
75005 Paris, France
Courriel : cecile.fougeron@sorbonne-nouvelle.fr

Roland TROUVILLE

Ingénieur d'étude
Laboratoire de Phonétique et de Phonologie, UMR7018,
CNRS/Université Sorbonne Nouvelle
ILPGA
19 rue des Bernardins
75005 Paris, France
Courriel : roland.trouville@gmail.com

Marina LAGANARO

Professeure Associée
Laboratoire de Psycholinguistique, Équipe Neuro-psycho-linguistique, FPSE,
Université de Genève
Boulevard du Pont d'Arve, 28
1205 Genève, Suisse
Courriel : marina.laganaro@unige.ch

RÉSUMÉ

MonPaGe a été conçu afin de répondre aux besoins en pratique clinique d'outils d'évaluation des troubles moteurs de la parole (dysarthries et apraxie de la parole), normés, validés et destinés aux locuteurs adultes francophones.

L'outil informatisé MonPaGe comporte aujourd'hui 7 modules. Ils couvrent la parole dans son aspect multi-dimensionnel (voix, intelligibilité, précision articulatoire, prosodie, gestion temporelle) et multi-processus (planification-programmation-exécution). La parole 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.

Sa normalisation a été réalisée sur plus de 400 sujets francophones issus de Belgique, France, Québec et Suisse, et sa validation sur 80 patients et 35 locuteurs contrôles.

L'utilisation de MonPaGe est présentée à partir de deux cas cliniques de patients avec trouble moteur de la parole : celui d'un patient dysarthrique atteint de maladie de Parkinson et celui d'une patiente avec une apraxie de la parole d'étiologie vasculaire. Ils illustrent l'interprétation des mesures acoustiques et perceptives retenues dans la version actuelle de MonPaGe screening. Les dimensions altérées de la parole sont objectivées au moyen de scores de sévérité, définis à partir des normes et la validation de l'outil.

MonPaGe, destiné aux orthophonistes/logopèdes/logopédistes francophones, permet dans sa version actuelle, de diagnostiquer les troubles moteurs de la parole légers à modérés et d'en déterminer le degré de sévérité. Sa validation sera poursuivie afin d'améliorer la discrimination des sous-groupes de troubles moteurs de la parole.

MOTS-CLÉS : évaluation, troubles moteurs de la parole, dysarthrie, apraxie de la parole, francophone.

MonPaGe, a computerized screening tool for perceptual and acoustic assessment of motor speech disorders (dysarthria, apraxia of speech) in French

ABSTRACT

MonPaGe was designed to meet clinical needs for a standardized and validated tool for the assessment of motor speech disorders (dysarthria and apraxia of speech) for French-speaking adult speakers.

The computerized tool now includes 7 modules. They cover multiple dimensions of speech (voice, intelligibility, articulatory precision, prosody, temporal control) and multiple processes (planning-programming-execution). Speech is elicited in several types of tasks (reading, repetition, automatic series, semi-spontaneous speech, maximum performance tests) and on a linguistic material varying in complexity.

The normalization of the protocol was performed on more than 400 French-speaking subjects from Belgium, France, Quebec and Switzerland ; and its validation is based on 80 patients and 35 control speakers.

The use of MonPaGe is illustrated from two clinical cases of patients with motor speech disorders : a patient with Parkinson's disease and a patient with post-stroke apraxia of speech. These two cases show the interpretation of the acoustic and perceptual measurements used in the current version of MonPaGe screening. The altered dimensions of speech are objectivized by deviance scores established in relation to the norms and validation.

MonPaGe is a tool intended for speech and language therapists. Its current version allows the diagnosis of mild to moderate motor speech disorders and their severity. Its validation will be continued in order to improve its discrimination of sub-groups of motor speech disorders.

KEY WORDS: assessment, motor speech disorders, dysarthria, apraxia of speech, French.

◆ OUTILS D'ÉVALUATION DES TROUBLES MOTEURS DE LA PAROLE

Il existe à l'heure actuelle très peu d'outils (tests, batteries) normés et validés à disposition des cliniciens francophones, leur permettant d'évaluer les troubles moteurs de la parole. Parmi ces troubles moteurs de la parole, les dysarthries font partie des troubles de la communication acquis les plus fréquents (54 % selon les données relatives à la cohorte de la Mayo Clinic ; Duffy *et al.*, 2005), devant les aphasies pour lesquelles les tests langagiers sont plus largement disponibles (par exemple : MT-86, Nespoulous *et al.*, 1992 ; BECLA, Macoir *et al.*, 2005 ; GREMOT, Bézy *et al.*, 2016). Les troubles moteurs de la parole rassemblent les dysarthries consistant en une atteinte de l'exécution motrice et du contrôle des commandes neuromusculaires impliquées dans la parole. Elles peuvent donner lieu à une altération vocale, articulatoire, prosodique, de la résonance nasale et/ou du débit de parole. La classification actuelle des différents types de dysarthries a été établie par Darley *et al.* (1975), puis complétée par Duffy *et al.* (2005). Les troubles moteurs de la parole intègrent également l'apraxie de la parole. Elle consiste en un déficit des processus de planification motrice de la parole, qui perturbe la fluence de la parole, sa vitesse, son articulation, sa prosodie (Code, 1998 ; Darley *et al.*, 1975 ; Varley & Whiteside, 2001 ; Ziegler, 2008). Le diagnostic différentiel entre dysarthrie et apraxie de la parole est rendu difficile du fait de leur fréquente association (30 % des cas : Duffy, 2013).

Par ailleurs, bien que ces deux troubles soient l'un et l'autre des troubles moteurs de la parole et soient souvent associés, il est rare que des outils d'évaluation visent à les examiner tous deux à travers le même matériel. La Batterie d'Évaluation Clinique de la Dysarthrie (BECD, 2006, 2019, Auzou et Rolland-Monnoury) est destinée, par exemple, uniquement à l'examen de la dysarthrie.

◆ PRATIQUE CLINIQUE D'ÉVALUATION DES TROUBLES MOTEURS DE LA PAROLE

En pratique clinique, les professionnels, le plus souvent, recourent à des sous-parties de tests ou de batteries existants, les adaptant aux besoins du bilan, à la pathologie du patient et à sa sévérité. Ils complètent parfois leur évaluation par des mesures instrumentales, acoustiques et/ou physiologiques pour lesquelles, fréquemment, ils ne disposent pas de normes de référence, du moins en langue française. Que ces normes soient établies sur des données recueillies dans la langue des patients testés, s'avère essentiel, les caractéristiques segmentales et suprasegmentales de la parole en étant dépendantes (Hartelius *et al.*, 2003). La fréquence des structures syllabiques, la prosodie, ou encore les propriétés phonotactiques, par exemple, sont spécifiques à une langue donnée, possédant un système phonético-phonologique qui lui est propre.

L'évaluation des troubles moteurs de la parole par les cliniciens s'effectue en pratique généralement sur une base perceptivo-motrice. L'approche perceptive, immédiate et rapide, est considérée comme le « gold standard » de l'évaluation de la parole, la classification des dysarthries actuellement en vigueur (Darley *et al.*, 1975 ; Duffy, 2013) s'appuyant sur celle-ci de par les clusters perceptifs caractéristiques définis pour chacune d'entre elles. Cependant, elle manque de fiabilité au vu des résultats insatisfaisants d'évaluations perceptives inter-juges et intra-juges, reflétant les différentes références internes subjectives propres à ces auditeurs, façonnées par leur pratique et potentiellement influencée par les pathologies et sévérité des troubles présentés par les patients suivis (Bunton *et al.*, 2007 ; Haley *et al.*, 2012).

L'analyse acoustique aurait une tout aussi large place dans l'analyse de la parole (Kent et Kim, 2003). Elle s'avère davantage utilisée dans les outils d'évaluation de la voix au sein de logiciels cliniques de bilan vocal (*Vocalab 4*, Sicard *et al.*, 2013) ou les applications de KayPentax® (*aDSv*, *MDvP*) (Zraick *et al.*, 2012). L'analyse acoustique est peu invasive et relativement aisée. Elle repose sur un enregistrement audio qui peut se faire au moyen d'un matériel peu onéreux et avec une qualité audio suffisante si les principes de base de l'enregistrement sont respectés (bonne orientation du micro, absence de bruits externes). L'analyse acoustique permet des mesures objectives qui peuvent compléter une analyse perceptive. En fonction des paramètres acoustiques mesurés, l'utilisateur peut recueillir des mesures plus ou moins automatisées. Toutefois, il est bon de rappeler qu'un minimum de connaissances sur l'acoustique de la parole est requis pour que l'utilisation et l'interprétation de mesures acoustiques soient pertinentes.

◆ **MONPaGe, CONCEPTION D'UN OUTIL FRANCOPHONE D'ÉVALUATION DES TROUBLES MOTEURS DE LA PAROLE**

Afin de combler ces manques, fin 2014, 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) s'est réuni pour développer un outil normé d'évaluation perceptive et acoustique, nommé MonPaGe (abréviation de Mons/Montréal, Paris, Genève), conçu initialement pour évaluer les troubles moteurs de la parole.

Afin de ne pas se limiter à son contexte d'application clinique, le protocole MonPaGe s'est ainsi construit en relation avec les questions théoriques et méthodologiques sur l'évaluation de la parole dans son aspect multidimensionnel (voix et articulation, phénomènes segmentaux et suprasegmentaux, etc.) et multi-processus (planification-programmation-exécution).

Des versions successives du matériel ont été testées. Ont été également associés des étudiants en orthophonie/logopédie, en phonétique, psychologie et psycholinguistique. Ils ont contribué, au cours de la phase de normalisation, à l'enregistrement de locuteurs contrôles et à l'analyse des données.

Les objectifs visés lors de la création de cet outil étaient les suivants (Fougeron *et al.*, 2016, 2018, en cours de soumission ; Laganaro *et al.*, en cours de soumission) :

- 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).

Dans la suite de ce chapitre, les différents modules de MonPaGe seront présentés, puis la normalisation et la validation de cet outil. Enfin, l'utilisation et l'interprétation des résultats issus des différentes mesures retenues dans la version actuelle de screening seront illustrées à travers des cas cliniques de patients présentant une dysarthrie ou une apraxie de la parole.

◆ **MONPaGE : PRÉSENTATION DE L'OUTIL**

Applications informatisées de l'outil MonPaGe

L'outil informatisé MonPaGe (Fougeron *et al.*, 2016, 2018) a été conçu afin d'enregistrer et d'évaluer qualitativement et quantitativement différents aspects de la production de la parole. Ainsi, deux applications « MonPaGe_Passation » et « MonPaGe_Cotation » ont été développées sous Python pour permettre une passation rapide du protocole dans sa version actuelle (environ 30 min pour un patient présentant un trouble moteur de la parole modéré), l'enregistrement (6 à 8 minutes de corpus enregistré par patient) et l'organisation des fichiers sons, et une cotation facilitée des productions.

L'application logicielle « MonPage_Passation », dont la page d'accueil est présentée sur la Figure 1, 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 audios selon le code donné au locuteur sont gérés directement par l'application.

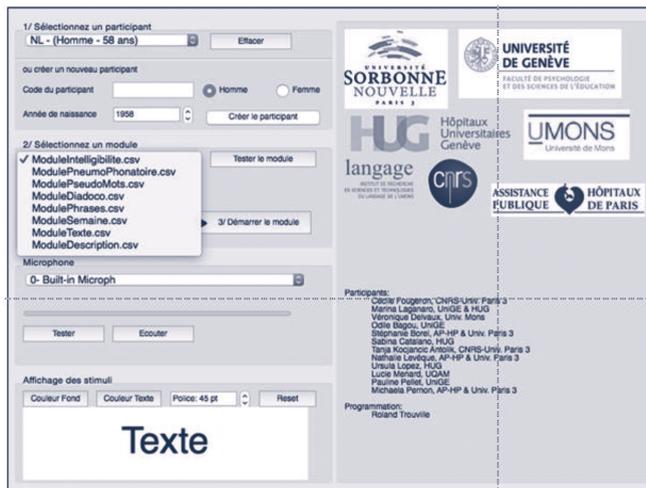


Figure 1 : Page d'accueil de l'application logicielle « MonPaGe_Passation ».

Mis à part le module d'Intelligibilité (voir plus loin), l'évaluation des enregistrements du patient est faite a posteriori à l'aide de l'application logicielle « MonPaGe_Cotation » (Figure 2). Celle-ci permet au clinicien de naviguer aisément à travers toutes les productions enregistrées pour un même patient et entre différentes sessions d'enregistrement afin de procéder à l'évaluation acoustique et perceptive.

L'évaluation acoustique, semi-automatisée, se fait via le logiciel Praat® (Boersma et Weenink, 2020) sur la base de routines élaborées collectivement par les équipes de recherche participantes, à l'aide de scripts dédiés. Celles-ci permettent d'évaluer sur un nombre limité de fichiers-sons des caractéristiques temporelles et fréquentielles ciblées. L'évaluation perceptive concerne, quant à elle, l'intelligibilité de la parole et les caractéristiques articulatoires de sons cibles issus de pseudo-mots analysés a posteriori selon une procédure définie.

Au terme du processus de cotation, un résumé de l'évaluation globale est proposé au clinicien.

L'ensemble des données brutes (enregistrements, analyses acoustiques et perceptives), pour lesquelles des requêtes spécifiques pourront être effectuées, reste disponible pour une exploitation ultérieure plus poussée.

Figure 2 : Page d'accueil de l'application logicielle « MonPaGe_Cotation ».

Modules de MonPaGe

La version actuelle de MonPaGe comporte 7 modules permettant de couvrir la parole dans ses différentes dimensions (Fougeron *et al.*, 2016, 2018, en cours de soumission, Laganaro *et al.*, en cours de soumission) :

- la voix, incluant la qualité vocale ;
- la précision articulatoire des consonnes et des voyelles ;
- la prosodie linguistique et expressive ;
- le débit de parole et la fluence ;
- la résonance nasale, dont la cotation perceptive n'est pas incluse pour le moment dans la version actuelle de screening.

La parole y est élicitée à travers différents types de tâches :

- lecture et/ou répétition de pseudo-mots comportant les consonnes et les voyelles du français, testées selon leur position dans les pseudo-mots ;
- lecture de phrases qui diffèrent sur le plan prosodique et lecture d'un texte ;
- production de la série automatique des jours de la semaine ;
- parole semi-spontanée en tâche de description d'image ;
- tâches de performances maximales : temps maximum de phonation et débit maximal de répétition en diadococinésies. Ces tâches évaluent les capacités extrêmes de la performance motrice de parole.

Le degré de complexité phonético-phonologique pouvant induire des difficultés au niveau de la réalisation et/ou 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).

Les modules de MonPaGe, leur corpus et consignes sont détaillés ci-après :

Module « 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'examineur 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'examineur. 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.

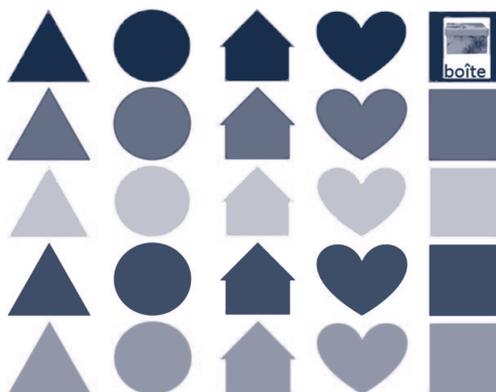
Afin d'éviter un effet d'apprentissage des mots-cibles par l'examineur, le logiciel MonPaGe permet une extraction randomisée de 15 mots-cibles et de 15 positions sur la grille (ces dernières correspondant aux formes colorées). Ces mots sont issus d'une base de 437 mots français imageables, où chaque 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.

Le choix s'est porté sur des mots du français et non sur des pseudo-mots de façon à faciliter l'examen de patients 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'examineur : « Mettez le mot [mot-cible] dans le/la [forme] [couleur] » → « Mettez le mot boîte dans le carré bleu » (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'examineur 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).



Ici vous direz: "Mettez le mot boîte dans le carré bleu."

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

Module « Pneumo-phonatoire »

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 (voir Figure 4), mais sans feedback, de façon à tester les capacités de modulation et de contrôle de l'intensité.

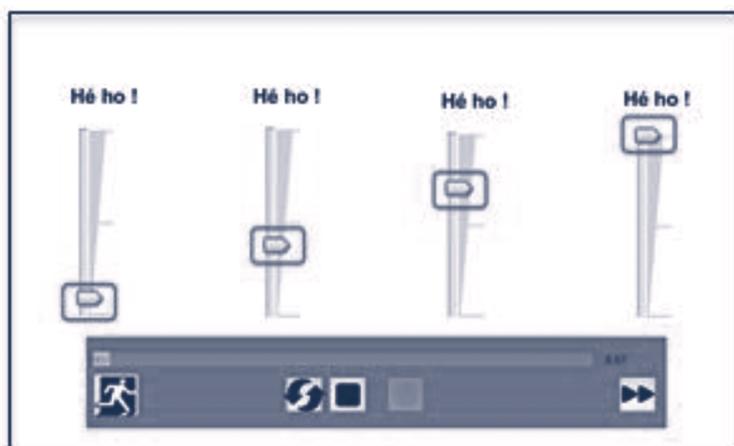


Figure 4 : modulation de l'intensité vocale dans le module « Pneumo-phonatoire » de MonPaGe

Module « Pseudo-mots »

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, ε, a, ɔ, o, u, ð, ẽ, ã/), 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.

Module « Diadococinésies »

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 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], [dedede], [gogogo]), et 3 complexes constituées de syllabes CCV (*AMR-CCV* [klaklakla], [tRatRatRa] [klatRa]). S'y ajoute une diadococinésie séquentielle composée de syllabes CV (*SMR-CV* : Sequential Motion Rates : [badego]).

Module « 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.

Module « 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 surappries.

Module « 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).

L'outil MonPaGe a été conçu pour pouvoir évoluer, ce qui signifie que d'autres modules peuvent être ajoutés par l'utilisateur selon ses besoins.

◆ NORMALISATION DU PROTOCOLE MONPAGE

L'établissement de valeurs normatives de référence s'avère essentiel pour l'utilisation de données de parole de manière objective (Knuijt *et al.*, 2017).

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, et qui ont été enregistrés avec des matériels audios variés (Fougeron *et al.*, en cours de soumission).

Ces normes sont établies sur 404 sujets adultes des deux sexes, sans troubles de la parole, âgés entre 20 et 93 ans, dont les enregistrements à l'aide du protocole MonPaGe forment la base de données "MonPaGe_HealthyAdults (MonPaGe_HA)" (Fougeron *et al.*, 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%). À 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.

Les modules leur ont été administrés dans un ordre standardisé au moyen de la version informatisée de l'outil MonPaGe.

L'acquisition du signal a été réalisée avec un microphone-casque (Shure® SM35-XLR) et carte-son externe (Foscurite® Scarlet) ou avec un microphone de table, selon le lieu d'inclusion. Ces différentes qualités d'enregistrement

permettent, comme mentionné plus haut, d'intégrer dans les normes des données issues de différentes configurations, comme cela pourrait être le cas en pratique clinique où viennent aussi s'ajouter diverses conditions de bruit/environnements ainsi qu'une variété d'équipements audios.

Les participants étaient assis face à l'ordinateur. Un examinateur entraîné effectuait leur passation. Le protocole, réalisé sans contrainte temporelle, avait une durée d'environ 20 min pour les locuteurs sains.

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, un groupe de locuteurs de 60 à 74 ans, composé de 48 femmes et 46 hommes, et un groupe de locuteurs de 75 à 93 ans, composé de 42 femmes et 37 hommes. La constitution de deux groupes pour les locuteurs plus âgés répond aux besoins cliniques de valeurs de références sur des groupes d'âge adaptés aux populations souffrant de troubles neurologiques et neurodégénératifs, auxquels les troubles moteurs de la parole sont souvent associés.

Des valeurs de références couvrant sept dimensions de parole et basées sur 35 index acoustiques et perceptifs ont été extraits de cette population : 9 index liés à la voix et qualité vocale, 3 index liés à la précision articulatoire, un index d'intelligibilité, un index de contraste prosodique, 2 index liés au débit de parole, un temps maximal de phonation, 18 index liés aux performances sur la tâche de répétition maximale/diadicocinésie. Pour une description détaillée de tous ces index, le lecteur est renvoyé à Fougeron *et al.* (en cours de soumission), où les valeurs moyennes, médianes, écarts-types et les queues de distribution (1^{er}/99^{ème} centiles, 5^{ème}/95^{ème} centiles, 10^{ème}/90^{ème} centiles) obtenus sont présentés comme valeurs de référence, avec une distinction entre groupes d'âge et sexe lorsque celle-ci est pertinente.

Nous ne détaillerons dans cet article, dans la section suivante, que les dimensions utilisées pour la validation de l'utilisation de MonPaGe dans sa version screening.

◆ VALIDATION DE L'OUTIL MONPaGe DANS SA VERSION SCREENING

Ces données normatives (Fougeron *et al.*, en cours de soumission) ont constitué la base de la validation de MonPaGe, à savoir sa capacité à détecter une parole pathologique dans un groupe de patients diagnostiqués avec des troubles moteurs de la parole, en comparaison avec un groupe de sujets contrôles typiques (différents de ceux dont les données ont fait l'objet de la normalisation),

populations que nous décrirons plus bas dans les sections concernant la sensibilité et la spécificité de cet outil.

La validation de MonPaGe en tant qu'outil de screening destiné aux troubles moteurs de la parole est présentée dans Laganaro *et al.* (en cours de soumission).

Des scores issus d'un sous-ensemble de modules ont été retenus pour la validation de MonPaGe dans sa version actuelle de screening des troubles moteurs de la parole. Elles fournissent un profil sur 7 dimensions, à savoir :

- la voix (score composite) ;
- le débit de parole ;
- la précision articulatoire (erreurs segmentales) ;
- la réalisation mélodique des contrastes prosodiques ;
- le contrôle pneumo-phonatoire (TMP) ;
- la performance maximale en tâches de diadococinésies (score composite) ;
- l'intelligibilité.

Deux de ces dimensions sont évaluées au moyen de mesures perceptives (intelligibilité et précision articulatoire) et les cinq autres avec des mesures acoustiques.

Mesures perceptives

Intelligibilité

L'examineur vérifie a posteriori si le mot compris correspond au mot-cible. Le score final d'intelligibilité du patient est calculé sur la base du nombre d'erreurs de mots-cibles effectuées par l'examineur (maximum : 15).

Deux réponses sont admises en cas de doute (par exemple : pâle/mâle). Les erreurs concernant la position dans la grille ne sont pas prises en compte. Un score de 1 est donné pour une réponse incorrecte (identification incorrecte du mot-cible), 0 pour une réponse correcte, et 0.5 pour une réponse incorrecte associée à une réponse correcte lorsque deux réponses ont été fournies.

Pseudo-mots

Chaque production des 50 pseudo-mots est jugée perceptivement par un juge entraîné (du même régiolecte que le locuteur) a posteriori avec l'aide de l'application MonPaGe_Cotation (Figure 6).

L'outil informatisé permet aux juges d'écouter autant de fois que souhaité chaque pseudo-mot et de coter les sons-cibles ou les syllabes sur leur précision articulatoire (0 ou 1). Dans un second temps, les juges peuvent préciser le type d'altération (en termes de lieu ou de mode d'articulation, de voisement, d'effort, etc.).

Ici, le score est établi sur le nombre total d'items (sons ou syllabes-cibles) erronés, dont le score maximal est de 151.

MonPaGe Cotation - ModulePseudoMots - ./data/participant/0003GS/2018_09_10/ModulePseudoMots/

Ecouter le fichier 1.72
0003GS_2018_09_10_ModulePseudoMots_b-bayeu.wav

problème so Cotation CVCV (b) - bayeu

	/b/	/j/	/ø/
problème son	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
correct	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
incorrect	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
duit avec effort	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
avec inversion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
avec insertion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Consonne /b/ Consonne /j/ Voyelle /ø/

Erreur Consonne /b/	Nature d'erreur	Commentaire
<input type="radio"/> Omission <input type="radio"/> Inintelligible <input type="radio"/> Distorsion/substitution	<input type="checkbox"/> Lieu d'articulation <input type="checkbox"/> Mode d'articulation <input type="checkbox"/> Voisement <input type="checkbox"/> Nasalité <input type="checkbox"/> Autre	

Figure 5 : grille de cotation proposée pour l'évaluation des items du module « pseudo-mots ».

La production est évaluée de façon rapide dans la partie supérieure de la grille (correct, incorrect, produit avec effort...) et en mode cotation « avancé », la partie inférieure de la grille permet une description plus détaillée des erreurs de production perçues.

Mesures acoustiques

Débit de parole

Le débit de parole en nombre de phonèmes par seconde (ph/s) est mesuré sur la phrase de 7 syllabes voisées « *Mélanie vend du lilas* » (formule : 14 phonèmes/durée). La phrase est segmentée sous Praat® (Boersma et Weenink, 2020) et la durée en est extraite automatiquement.

Diadococinésies (score composite sur 4 mesures)

Le débit de parole en nombre de phonèmes par seconde (ph/s) est extrait pour chaque séquence d'une durée de 4 secondes et moyenné pour chaque type de diadococinésies, décrites plus haut : *AMR-CV*, *AMR-CCV*, *SMR-CV*. La différence de débit entre les *SMR-CV* et les *AMR-CV* est aussi calculée, cette différence s'étant montrée sensible au diagnostic d'apraxie de la parole dans la littérature (Ziegler, 2002 ; Jonkers *et al.*, 2017).

Pour procéder à ces calculs, une segmentation automatique du signal est préalablement effectuée sur les quatre premières secondes et la frontière située à quatre secondes est ensuite ajustée manuellement vers la droite afin que la syllabe ne soit pas coupée. Le nombre de syllabes est ensuite comptabilisé sur cette durée, puis exprimé en phonèmes.

Ces mêmes mesures peuvent être prises en compte sur les deux premières secondes, en particulier pour les patients ne parvenant pas produire en continu des diadococinésies durant quatre secondes. La normalisation fournit ainsi aussi des normes pour les deux premières secondes.

Temps Maximum de Phonation (TMP)

La durée du [a] tenu est mesurée sous Praat® (Boersma et Weenink, 2020) en secondes. La meilleure performance sur les deux essais enregistrés, est sélectionnée.

Qualité vocale (score composite sur 6 mesures)

Six paramètres vocaux sont extraits sous Praat® (Boersma et Weenink, 2020) à partir de la production du [a] tenu durant 2-3 secondes et la lecture à voix haute d'une phrase de 7 syllabes voisées « *Mélanie vend du lilas* ». 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'amplitude observées en parole continue (Maryn *et al.*, 2010).

Sont incluses 2 mesures d'instabilité à court terme (période par période) :

1. en termes de fréquence : jitter du [a] tenu durant 2-3 secondes (Five-point Period Perturbation Quotient *Jitter-PPQ5*) ;
2. en termes d'intensité : shimmer du [a] tenu durant 2-3 secondes (Eleven-point Amplitude Perturbation Quotient : *Shimmer-APQ11*) ;

Des mesures à long terme ont été aussi intégrées :

3. et 4. Ecart-type de f0 (f0 SD) du [a] tenu et de la phrase lue, pour l'instabilité du f0 sur du long terme, marqueur de dysphonie ;
5. et 6. le Smoothed cepstral peak prominence (*CPPS*) (Hillenbrand *et al.*, 1994) du [a] tenu et de la phrase lue, mesure acoustique de la qualité vocale, également considéré comme un marqueur de dysphonie.

Contraste prosodique

Les capacités de production d'un contraste prosodique entre modalité déclarative et interrogative sont testées sur la phrase « *Laurie l'a lu/Laurie l'a lu ?* ». La mesure consiste en la différence de modulation de f0 entre les deux modalités. Les phrases segmentées sous Praat® (Boersma et Weenink, 2020) sont

automatiquement découpées en 2 parties et la plage de variation de f0 de chaque partie est calculée en demi-tons. 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.

Score de sévérité

Un score de sévérité (DevS) allant de 0 à 4 est calculé pour chaque mesure retenue des 7 dimensions selon la procédure expliquée dans Laganaro *et al.* (en cours de soumission), en fonction de son écart à la norme (prise en compte des groupes d'âge et du sexe) présentée dans Fougeron *et al.* (en cours de soumission). La limite standard des données normatives a été fixée au centile 5 (Brooks *et al.*, 2011).

Ces scores de sévérité permettent de calculer un score total de sévérité MonPaGe allant de 0 à 32, intégrant ces 7 dimensions pour chaque locuteur. Plus ce score total est élevé, plus la sévérité du trouble moteur de la parole est importante.

De cette manière, comme initialement visé, l'ensemble des mesures obtenues dépasse une approche subjective par l'intégration de descripteurs objectifs obtenus via des analyses acoustiques semi-automatiques ou via des procédures guidées/ciblées des productions attendues.

Sensibilité de l'outil MonPaGe screening

La sensibilité du protocole a été établie sur 80 patients âgés entre 24 et 81 ans (âge moyen = 57.1) issus de 6 groupes de troubles moteurs de la parole incluant l'apraxie de la parole d'étiologie vasculaire, la dysarthrie associée à la maladie de Parkinson, à la Sclérose Latérale Amyotrophique (SLA), à l'ataxie de Friedreich, à la maladie de Wilson et à la maladie de Kennedy, avec un nombre équilibré de sujets par sous-groupe.

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-Salpêtrière et Hôpital Lariboisière, APHP, Paris).

Leurs troubles moteurs de la parole étaient de sévérité légère à modérée.

Le protocole MonPaGe a été administré à ces patients par des orthophonistes/logopédistes/logopèdes selon la procédure standardisée décrite plus haut pour les locuteurs contrôles.

Pour un score seuil du score total de sévérité MonPaGe > 2, la sensibilité de l'outil, à savoir sa capacité à détecter une parole comme étant pathologique, s'avère très élevée (80 %) pour la totalité des patients (N = 80) (Laganaro *et al.*, en cours de soumission).

Spécificité

La spécificité de l'outil MonPaGe a été établie sur 35 locuteurs contrôles sains, âgés entre 25 et 82 ans (âge moyen = 54.6, 12 hommes), sans antécédent de pathologies neurologiques. Ils ont été enregistrés selon la procédure standardisée, décrite plus haut.

Pour un score seuil du score total de sévérité MonPaGe > 2 , la spécificité de l'outil, à savoir sa capacité à ne pas diagnostiquer une parole normale comme pathologique, est très bonne (94 %) (Laganaro *et al.*, en cours de soumission).

Validité externe

La validité externe du score total de sévérité MonPaGe 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 et Rolland-Monnoury, 2006, 2019). Ce score perceptif constitue un score composite résultant de l'addition de l'évaluation 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 score total de sévérité MonPaGe et le score perceptif de la BECD s'est avérée forte (Laganaro *et al.*, en cours de soumission).

Fiabilité inter-juges

La fiabilité inter-juges a été établie à partir de la cotation effectuée indépendamment par deux juges (un expert et une orthophoniste récemment diplômée) du module « Pseudo-mots » de 20 patients (5 patients atteints de la maladie de Parkinson, 5 présentant une SLA, 5 une maladie de Wilson, 5 une apraxie de la parole) calculée pour le score perceptif du nombre d'erreurs en tâche de pseudo-mots.

L'accord inter-juges s'est montré très élevé (Laganaro *et al.*, en cours de soumission).

La sensibilité et la spécificité de MonPaGe dans sa version screening sont élevées. Le score total de sévérité MonPaGe > 2 a été retenu pour diagnostiquer un trouble moteur de la parole.

◆ UTILISATION DE MONPaGe : ILLUSTRATION À PARTIR DE DEUX CAS CLINIQUES

Nous présentons dans cette section des cas cliniques de patients présentant des troubles moteurs de la parole afin d'illustrer l'interprétation des différentes mesures retenues dans la version actuelle de MonPaGe screening.

Cas clinique n° 1 :

Monsieur N., âgé de 71 ans, monolingue, de niveau-socioculturel 3, présente depuis 13 ans une maladie de Parkinson idiopathique de type akinéto-rigide, forme tremblante.

Un changement de thérapeutique pour sa maladie de Parkinson est envisagé : ce patient est à ce jour traité par dopaminergiques et un passage à un traitement chirurgical par stimulation cérébrale profonde est actuellement discuté, compte tenu de l'évolution de sa maladie et de la survenue d'effets secondaires dus aux traitements médicamenteux. Sa maladie de Parkinson est actuellement à un stade avancé (stade Hoehn & Yahr (1967) : 4) (Scanlon *et al.*, 2008) et s'avère sévèrement invalidante (troubles de la marche, chutes). Son score MDS UPDRS III (Goetz *et al.*, 2007) s'élève à 38/51.

L'examen neuropsychologique de Monsieur N. met par ailleurs en évidence, un syndrome dysexécutif cognitivo-comportemental. Quant au score cognitif global obtenu au MMSE (Kalafat *et al.*, 2003), il se situe dans la norme (28/30).

Sa plainte spontanée concernant sa voix et sa parole est notable et porte surtout sur une dégradation de la qualité vocale, se majorant au fil de la journée. Ce patient n'est actuellement pas suivi en orthophonie/logopédie.

Nous effectuons un bilan de sa dysarthrie hypokinétique dans le cadre de sa venue en consultation au sein du Service. Le protocole MonPaGe screening lui est administré, ses résultats sont présentés dans le tableau 1.

Le score total de sévérité MonPaGe (5,5/32) de Monsieur N. met bien en évidence, un trouble moteur de la parole, de sévérité légère. L'intelligibilité de sa parole reste préservée. Sa dysarthrie touche essentiellement la dimension de la qualité vocale.

À noter un score perceptif à la grille perceptive de la BECD de 7/20.

Dimension	Mesure	Valeur brute	Score de sévérité (DevS)*	
1. Intelligibilité	Nombre d'erreurs (max 15)	1	0	
	Nombre d'erreurs (max 151)	4	0	
3. Temps Maximum de Phonation	Max TMP (sec)	12,9	0	
4. Qualité vocale	[a] tenu :			score composite : 5,5
	A. [a] Jitter	1,4	4	
	B. [a] Shimmer	14,8	0	
	C. [a] CPPS	7,6	4	
	D. [a] f0 SD	16,1	3	
	Phrase "Laurie l'a lu" :			
E. CPPS en parole continue	6,5	3		
F. f0 SD en parole continue	13,6	2		
5. Débit de parole	Débit de parole (nombre de phonèmes/sec)	11	0	
6. Contraste prosodique	Différence d'étendue de f0 (demi-tons) entre la phrase interrogative et la phrase déclarative	6,2	0	
7. Débit en diadococinésies	A. CCV AMR	10,4	0	score composite : 0
	B. CV AMR	8,4	0	
	C. CV SMR	8	0	
	D. CV SMR - CV AMR difference (=C-B)	-0,5	0	
Score total de sévérité MonPaGe		5,5		

Tableau 1 : Résultats obtenus par monsieur N. au protocole de MonPaGe screening.
* Laganaro et al. (en cours de soumission)

Il existe ainsi une dysphonie notable chez ce patient, prototypique des dysarthries hypokinétiques, marquée par une voix faible, des désonorisations quasi constantes, un timbre éraillé. L'amplitude respiratoire (fonction respiratoire) demeure, quant à elle, satisfaisante.

Les capacités de production du contraste prosodique déclaratif/interrogatif se situent dans la norme, tout comme son débit de parole sur cette phrase et ses performances de répétition maximale sur les diadococinésies.

Les quelques erreurs articulatoires retrouvées au module « Pseudo-mots » ne s'avèrent pas pathologiques.

Au vu de ces résultats, un suivi rééducatif logopédique/orthophonique pourrait être repris, axé sur l'amélioration de la qualité vocale en ayant recours à une rééducation de type LSVT® (Ramig *et al.*, 2001).

Cas clinique n° 2 :

Madame A., âgée de 44 ans, de niveau socio-culturel 3, ayant pour langues premières le français et le portugais, a présenté un accident vasculaire cérébral ischémique sylvien superficiel gauche, thrombolysé, ayant touché le gyrus frontal moyen et inférieur et l'insula antérieure.

Nous l'examinons en phase aiguë à 1 semaine de la survenue de son AVC au cours de son hospitalisation en service de Neurologie.

Son examen du langage objective une aphasie non fluente de sévérité légère-moderée (score GeBAS (Chicherio *et al.*, 2019) : 80/100). Son score cognitif global obtenu au MMSE (Kalafat *et al.*, 2003) s'élève alors à 26/30 (atteinte de la mémoire verbale de travail).

Sont également observées une apraxie de la parole d'étiologie vasculaire et une discrète apraxie bucco-faciale. Le protocole MonPaGe screening lui est ainsi administré, ses résultats sont présentés dans le Tableau 2.

Le score total de sévérité MonPaGe (5/32) met bien en évidence un trouble moteur de la parole, de sévérité légère, avec une intelligibilité de la parole préservée. L'apraxie de la parole de cette patiente touche principalement les dimensions de la précision articulatoire, de la qualité vocale et du débit de parole en diadococinésies.

À noter un score perceptif à la grille perceptive de la BECD de 5,5/20.

Dimension	Mesure	Valeur brute	Score de sévérité (DevS)*	
1. Intelligibilité	Nombre d'erreurs (max 15)	0	0	
2. Précision Articulaire	Nombre d'erreurs (max 151)	6	2	
3. Temps Maximum de Phonation	Max TMP (sec)	8,9	0	
4. Qualité vocale	[a] tenu :		0	Score composite : 0,5
	A. [a] Jitter	0,4		
	B. [a] Shimmer	1,7		
	C. [a] CPPS	11,7		
	D. [a] f0 SD	2,2	0	
	Phrase "Laurie l'a lu" :			
E. CPPS en parole continue	7,8	1		
F. f0 SD en parole continue	35,2	1		
5. Débit de parole	Débit de parole (nombre de phonèmes/sec)	9,5	0	
6. Contraste prosodique	Différence d'étendue de f0 (demi-tons) entre la phrase interrogative et la phrase déclarative	3,4	0	
7. Débit en diadococinésies	A. CCV AMR	4,9	3	Score composite : 2,5
	B. CV AMR	9,6	1	
	C. CV SMR	7,3	0	
	D. CV SMR - CV AMR différence (=C-B)	-2,2	1	
Score total de sévérité MonPaGe		5		

Tableau 2 : Résultats obtenus par madame A. au protocole de MonPaGe screening.
* Laganaro et al. (en cours de soumission)

L'atteinte articulaire expliquerait en partie la sévérité de l'altération observée pour le débit de parole en diadococinésies *CCV-AMR*, plus importante que pour les autres diadococinésies. Cette difficulté pourrait être relative aux difficultés de planification générées par l'apraxie de la parole. Par exemple, madame A. au moment de sa production ne parvient pas à retrouver le geste pour produire le [R] de la séquence [tRatRa], qu'elle réalise [r] (alvéolaire roulée voisée).

Le score D de différence entre les diadococinésies séquentielles (*CV-SMR*) et répétitives (*CV-AMR*), marqueur d'apraxie de la parole, est légèrement pathologique.

Le débit de parole et les capacités de production du contraste prosodique déclaratif/interrogatif restent, pour leur part, préservés dans le cadre de cette apraxie de la parole légère.

Le temps maximum de phonation se situe également dans la norme.

L'altération de la qualité vocale, objectivée par les scores de sévérité pathologiques pour les valeurs CPPS du [a] tenu et de la phrase, témoigne de l'existence d'une dysphonie, possiblement compensatoire. Elle pourrait être en rapport avec les efforts produits sur le plan supra-laryngé pour retrouver les gestes de parole (mobilisation excessive de la musculature laryngée extrinsèque, à l'origine d'un forçage vocal). Cette perturbation serait aussi directement en lien, pour la production de la phrase, avec les distorsions phonétiques/substitutions distordues retrouvées dans l'apraxie de la parole donnant lieu à des dévoisements de consonnes.

La prise en soins orthophoniques/logopédiques de Mme A. veillera à réduire la survenue de ce type de comportement, en s'appuyant, entre autres, sur leur perception par la patiente.

Ces cas cliniques ont permis d'illustrer l'analyse et l'interprétation des données perceptives et acoustiques issues de l'évaluation des troubles moteurs de la parole (dysarthrie et apraxie de la parole) de deux patients, de sévérité identique, au moyen de MonPaGe screening. Les dimensions altérées de la parole ont pu être objectivées au moyen des scores de sévérité de cet outil.

◆ CONCLUSION

MonPaGe constitue, dans sa version actuelle, un outil de screening de la parole à destination des orthophonistes/logopédistes/logopèdes. Il permet, à ce jour, de diagnostiquer les troubles moteurs de la parole, légers à modérés, des patients adultes francophones et d'en déterminer le degré de sévérité.

Il s'appuie sur une normalisation des données des différents modules, effectuée auprès de 404 locuteurs contrôles francophones, en fonction de 3 groupes d'âge et du sexe, intégrant des sujets issus de différents régiolectes et couvrant une large étendue d'âges, nécessaire en clinique pour l'évaluation des patients présentant des pathologies neurodégénératives

La sensibilité et la spécificité de MonPaGe dans sa version screening, établie sur 35 autres locuteurs contrôles et sur 80 patients issus de 6 groupes de différents troubles moteurs de la parole, s'avèrent élevées. La validation du protocole a été établie sur des mesures couvrant 7 dimensions de la parole (voix, intelligibilité, débit de parole, précision articulatoire, réalisation mélodique des contrastes prosodiques, gestion du souffle phonatoire, performances maximales en TMP et

diadococinésies), donnant lieu à un score total de sévérité MonPaGe. Ces mesures permettent aussi une description quantifiée de la parole des patients présentant des troubles moteurs de la parole, comme illustré dans les deux cas cliniques de ce chapitre.

Une version simplifiée et intuitive sera prochainement disponible gratuitement en ligne (libre de droit) à destination de la communauté clinique.

Le travail de validation sera poursuivi dans les années à venir auprès d'autres patients présentant des troubles moteurs de la parole, afin de discriminer plus avant les sous-types de troubles moteurs de la parole et d'en affiner le diagnostic différentiel. De plus, l'identification éventuelle de marqueurs précoces d'atteinte de la parole propre à certaines pathologies est également visée. D'autres mesures sensibles à ces déficits de la parole seront développées et d'autres tâches de parole pourront être ajoutées. Ces développements constitueront à terme la version complète de MonPaGe.

◆ RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUZOU, P., ROLLAND-MONNOURY, V. (2006). *BECD : batterie d'évaluation clinique de la dysarthrie*. Ortho édition, édition révisée : 2019.
- BÉZY, C., RENARD, A., PARIENTE, J (2016). *GRÉMOTS : évaluation du langage dans les pathologies neurodégénératives*. De Boeck Supérieur.
- BOERSMA, P., WEENINK, David (2020). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.1.08, retrieved 13 January 2020 from <http://www.praat.org>
- BROOKS, B. L., SHERMAN, E. MS, IVERSON, G. L., *et al.* (2011). Psychometric foundations for the interpretation of neuropsychological test results. In: *The little black book of neuropsychology*. Springer, Boston, MA. p. 893-922.
- BUNTON, K., KENT, R. D., DUFFY, J. R., *et al.* (2007). Listener agreement for auditory-perceptual ratings of dysarthria. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*.
- CHICHERIO, C., GENOUD-PRACHEX, T., ASSAL, F., *et* LAGANARO, M. (2019). *Electronic Geneva Bedside Aphasia Scale*.
- CODE, C. Models, theories and heuristics in apraxia of speech. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 1998, vol. 12, n° 1, p. 47-65.
- DARLEY, F. L., ARONSON, A. E., *et* BROWN, J. R. (1975). *Motor speech disorders*, Philadelphia.
- DUFFY, J. R. (2005,2013). *Motor Speech disorders-E-Book: Substrates, differential diagnosis, and management*. Elsevier Health Sciences.
- FOUGERON, C., DELVAUX, V., PERNON, M., LEVEQUE, N., BOREL, S., PELLET, P., BAGOU, O., TROUVILLE, R., MENARD, L., CATALANO, S., LOPEZ, U., KOCJANCIC-ANTOLIK, T., LAGANARO, M. (2016). MonPaGe : un protocole informatisé d'évaluation de la parole pathologique en langue française. Chapitre 14, In *Actes du colloque UNADREO « Orthophonie et technologies innovantes »*. Ortho Édition, Isbergues.
- 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)*.
- FOUGERON, C., LAGANARO, M., MÉNARD, L., TROUVILLE, R., DELVAUX, V. French adult normative data on several speech dimensions assessed by the MonPaGe speech screening protocol.(en cours de soumission)
- GOETZ, C. G., FAHN, S., MARTINEZ-MARTIN, P., *et al.* (2007). Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): process, format, and clinimetric testing plan. *Movement disorders*, vol. 22, n° 1, p. 41-47.
- HALEY, K. L., JACKS, A., DE RIESTHAL, M., *et al.* (2012). Toward a quantitative basis for assessment and diagnosis of apraxia of speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*.

- HARTELIUS, L., THEODOROS, D., CAHILL, L., *et al.* (2003). Comparability of perceptual analysis of speech characteristics in Australian and Swedish speakers with multiple sclerosis. *Folia phoniatrica et logopaedica*, vol. 55, n° 4, p. 177-188.
- HILLENBRAND, J., CLEVELAND, R. A., ERICKSON, R. L. (1994). Acoustic correlates of breathy vocal quality. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, vol. 37, n° 4, p. 769-778.
- HOEHN, M. M., YAHR, M. D. (1967). Parkinsonism: onset, progression, and mortality. *Neurology*, vol. 17, n° 5, p. 427-427.
- 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*, vol. 41, n° 3, p. 303-319.
- KENT, R. D., KIM, Y.-J. (2003). Toward an acoustic typology of motor speech disorders. *Clinical linguistics & phonetics*, vol. 17, n° 6, p. 427-445.
- KNUIJT, S., KALF, J., VAN ENGELEN, B., *et al.* (2019). Reference values of maximum performance tests of speech production. *International journal of speech-language pathology*, vol. 21, n° 1, p. 56-64.
- LAGANARO, M., PERNON, M., LEVEQUE, N., BOREL, S., FOURNET, M., CATALANO, S., LOPEZ, U., ASSAL, F., FOUGERON, C., DELVAUX, V. Validation of the MonPaGe screening protocol for motor speech disorders. (en cours de soumission)
- KALAFAT, M., HUGONOT-DIENER, L., POITRENAUD, J. (2003). Standardisation et étalonnage français du "Mini Mental State" (MMS) version GRECO. *Revue de neuropsychologie*, vol. 13, n° 2, p. 209-236.
- MACOIR, J., GAUTHIER, S., JEAN, C. (2005). Batterie d'Évaluation Cognitive du Langage chez l'Adulte (BECLA). *Québec : Université Laval*.
- MARYN, Y., DE BODT, M., ROY, N. (2010). The Acoustic Voice Quality Index: toward improved treatment outcomes assessment in voice disorders. *Journal of communication disorders*, vol. 43, n° 3, p. 161-174.
- NESPOULOUS, J.-L., ROCH LECOUCRS, A., LAFOND, D., *et al.* (1992). Protocole Montréal-Toulouse d'examen linguistique de l'aphasie (MT86). Ortho Édition, Isbergues.
- RAMIG, L. O., SAPIR, S., COUNTRYMAN, S., *et al.* (2001). Intensive voice treatment (LSVT®) for patients with Parkinson's disease : A 2 year follow up. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, vol. 71, n° 4, p. 493-498.
- SCANLON, Blake K., KATZEN, Heather L., LEVIN, B. E., *et al.* (2008). A formula for the conversion of UPDRS-III scores to Hoehn and Yahr stage. *Parkinsonism & related disorders*, vol. 14, n° 4, p. 379-380.
- SICARD, E., PERRIERE, S., MENIN-SICARD, A. (2013). Développement et validation d'outils de mesures de la qualité de la voix dans le logiciel VOCALAB.
- VARLEY, R., WHITESIDE, S. P. (2001). What is the underlying impairment in acquired apraxia of speech?. *Aphasiology*, vol. 15, n° 1, p. 39-49.
- ZIEGLER, W. (2002). Task-related factors in oral motor control : Speech and oral diadochokinesis in dysarthria and apraxia of speech. *Brain and language*, vol. 80, no° 3, p. 556-575.

- ZIEGLER, W. Apraxia of speech. (2008). *Handbook of clinical neurology*, vol. 88, p. 269-285.
- ZRAICK, R. I., SMITH-OLINDE, L., SHOTTS, L. L. (2012). Adult normative data for the KayPENTAX phonatory aerodynamic system model 6600. *Journal of Voice*, vol. 26, n° 2, p. 164-176.

Remerciements

Les données de normalisation et de validation n’auraient pas pu être constituées sans l’aide d’étudiants et collègues du projet MonPaGe : Pellet P., Bagou O., Kocjancic-Antolik T., et de nos étudiants : Blanchard C., Baradat Garcia A., Cohen T., Davat H., de Braquillanges A, de Laubier C., Dehon S., Leclerc-Poudrier A., Mabut C., Maysounave M., Miny A., Pochat-Baron M., Rary E., Vidou C., Visentini A.

Ce travail a été partiellement financé par le Fonds National Suisse (N. CRSII5_173711), le Fonds National de la Recherche Scientifique (Belgique) et le programme « Investissements d’Avenir » ANR-10-LABX-0083 (Labex EFL).

Conflits d’intérêts :

Les auteurs n’ont aucun conflit d’intérêts à déclarer.

