

Organisation temporelle de la parole lue dans le cadre de la maladie de Parkinson : une étude exploratoire

Pauline Deghorain^{1,2}, Kathy Huet^{1,2}, Véronique Delvaux^{1,2}, Myriam Piccaluga^{1,2}, Sophie Fagniard^{1,2}, Virginie Roland^{1,2}

(1) Service de Métrologie et Sciences du Langage, 18 Place du Parc 7000 Mons, Belgique

(2) Institut de Recherche en Sciences et Technologie du Langage, 7000 Mons, Belgique

pauline.deghorain@umons.ac.be, kathy.huet@umons.ac.be, veronique.delvaux@umons.ac.be,
myriam.piccaluga@umons.ac.be, sophie.fagniard@umons.ac.be, virginie.roland@umons.ac.be

RESUME

Cette étude explore la structuration des mesures acoustiques temporelles de la parole lue dans la dysarthrie hypokinétique associée à la maladie de Parkinson. À partir de données issues d'une tâche de lecture standardisée, une analyse en composantes principales suivie d'une classification hiérarchique ont permis d'identifier des profils de production orale et d'examiner leur lien avec le stade de la maladie et la sévérité perceptive de la dysarthrie. Les résultats mettent en évidence deux dimensions temporelles principales : l'une fait la distinction entre parole lente et segmentée et parole rapide, l'autre est liée à la régularité du débit de parole. Ces résultats soulignent l'intérêt d'approches multivariées pour une meilleure compréhension du rôle des mesures temporelles dans la caractérisation de la parole pathologique, et ouvrent des perspectives pour le développement d'outils d'évaluation plus objectifs de la dysarthrie parkinsonienne.

ABSTRACT

Temporal organization of read speech in Parkinson's disease: an exploratory approach

This study explores the structuring of acoustic temporal measures in read speech in hypokinetic dysarthria associated with Parkinson's disease. Based on data from a standardized reading task, a principal component analysis followed by hierarchical clustering identified oral production profiles and to examine their relationship with disease stage and perceptual dysarthria severity. The results reveal two main temporal dimensions: one distinguishing slow, segmented speech from faster speech, and another related to speechrate regularity. These findings highlight the value of multivariate approaches for a better understanding of the role of temporal measures in pathological speech characterization and open perspectives for the development of more objective tools for the assessment of Parkinsonian dysarthria.

MOTS-CLES : Maladie de Parkinson – Dysarthrie – Sévérité – Analyse factorielle

KEYWORDS : Parkinson's Disease – Dysarthria – Severity – Factor analysis

1 Cadre théorique

La maladie de Parkinson (MP) est une affection neurodégénérative chronique caractérisée par la dégénérescence progressive des neurones dopaminergiques de la substance noire, entraînant une altération des circuits moteurs des ganglions de la base (Kouli et al., 2018 ; Armstrong & Okun, 2020). Sur le plan neuropathologique, elle se distingue par la présence d'agrégats d'alpha-synucléine formant les corps et neurites de Lewy (Morris et al., 2024). Le modèle de Braak et al. (2003) suggère une progression débutant dans des structures périphériques avant d'atteindre le tronc cérébral puis le cortex, ce qui expliquerait l'apparition précoce de symptômes non moteurs (Schapira et al., 2017 ; Berg et al., 2021). Le diagnostic repose principalement sur la présence d'une bradykinésie associée à un tremblement de repos, une rigidité musculaire et/ou une instabilité posturale (Armstrong & Okun, 2020). Au-delà des symptômes moteurs, la MP s'accompagne de manifestations variées, parmi lesquelles les troubles de la parole, repris fréquemment sous le terme de dysarthrie, occupent une place centrale en raison de leur forte prévalence et de leur impact fonctionnel (Atalar et al., 2023 ; Morris et al., 2024). La dysarthrie est un trouble moteur de la parole d'origine neurologique affectant les différents sous-systèmes impliqués dans la production orale (Pinto & Ghio, 2008 ; Jerkić et al., 2021). Parmi les formes cliniques décrites, la dysarthrie hypokinétique est étroitement associée à la MP (Pinto et al., 2010 ; Viallet & Teston, 2007) et concerne environ 70 à 90 % des patient·e·s (Atalar et al., 2023 ; Leite et al., 2023). Elle se caractérise notamment par une réduction de l'amplitude articulatoire, une hypophonie, une monotonie prosodique, des perturbations du débit et une altération du contrôle temporel de la parole (Skodda & Schlegel, 2008 ; Jerkić et al., 2021). Ces altérations ont un impact direct sur l'intelligibilité et la communication fonctionnelle, affectant significativement la qualité de vie des patient·e·s (Morello et al., 2020 ; Moya-Galé & Levy, 2019). L'évolution de la dysarthrie hypokinétique est généralement progressive et hétérogène, sans correspondance systématique avec l'évolution des symptômes moteurs globaux (Skodda et al., 2009 ; Wang et al., 2022). Cette variabilité interindividuelle complique le suivi clinique et l'identification de profils évolutifs (Gómez et al., 2019 ; Lowit et al., 2018). En pratique clinique, l'évaluation des troubles moteurs de la parole repose encore majoritairement sur l'examen perceptif, malgré ses limites en termes de sensibilité, de reproductibilité et de variabilité inter-juges (Enderby, 2011 ; Menin-Sicard & Sicard, 2022). Ces limites ont conduit de nombreux travaux à souligner l'intérêt de mesures acoustiques objectives pour compléter l'évaluation clinique, améliorer la caractérisation et le suivi des troubles de la parole dans la MP (Pernon et al., 2020 ; Rusz et al., 2021 ; Vásquez-Correa et al., 2018).

2 Objectifs de l'étude

Dans ce cadre, la présente étude s'appuie sur les données de Deghorain et al. (2025) afin d'explorer la structuration des mesures acoustiques temporelles de la parole à l'aide d'une analyse factorielle appliquée à des productions de parole obtenue dans le cadre d'une tâche de lecture standardisée chez des sujets contrôles et des patient·e·s atteint·e·s de la MP. L'objectif est d'examiner dans quelle mesure ces indices acoustiques permettent de faire émerger des profils distincts de production orale, en lien ou non avec les classifications cliniques existantes. Plus précisément, trois axes sont investigués. Le premier vise à analyser les relations entre les différentes mesures temporelles afin d'identifier les plus discriminantes et les dimensions

principales sous-jacentes à la variabilité des productions. Le deuxième consiste à examiner si l'analyse factorielle permet de dégager des groupes de sujets présentant des profils distincts sur le plan des caractéristiques acoustiques étudiées. Le troisième vise à mettre en relation ces nouveaux profils ainsi identifiés avec le stade de la maladie et les niveaux de sévérité de la dysarthrie définis sur base d'évaluations perceptives, afin d'examiner le degré de concordance entre ces classifications et les profils acoustiques objectivés. L'objectif général est ainsi d'évaluer la pertinence des mesures temporelles pour caractériser la dysarthrie hypokinétique associée à la MP et d'examiner leur potentiel pour une évaluation clinique plus objective et reproductible.

3 Méthodologie

L'échantillon est composé de 40 sujets MP et de 20 sujets contrôles, appariés en âge et en sexe. Les patient·e·s MP ont été recruté·e·s dans deux centres hospitaliers belges. Le diagnostic de MP a été posé par un·e neurologue et la présence d'une dysarthrie a été confirmée par un·e orthophoniste clinicien·ne, qui a également évalué perceptivement le niveau de sévérité du trouble. En raison de contraintes liées à la disponibilité des données, nous n'avons pas pu obtenir les informations relatives au stade de la maladie (Hoehn & Yahr) et à la sévérité de la dysarthrie pour tous nos sujets MP : pour 11 sujets uniquement, le stade de la maladie, pour 12 sujets uniquement, la sévérité de la dysarthrie et pour 16 sujets, le stade et la sévérité. Les patient·e·s MP ont été réparti·e·s en deux sous-groupes selon le stade de la maladie (modéré : $2 \leq \text{score} \leq 3$; sévère : $\text{score} \geq 4$) et en trois sous-groupes selon la sévérité de la dysarthrie (légère, modérée, avancée). Les participant·e·s contrôles sont des adultes francophones sans antécédents neurologiques ni trouble moteur de la parole. Les critères d'exclusion communs aux deux groupes incluaient la présence de troubles sensoriels non corrigés, une langue maternelle autre que le français et l'existence d'un trouble du langage avéré. Des 40 sujets MP recrutés, deux ont été exclus des analyses car ils avaient des résultats extrêmes qui s'expliquent par des difficultés cognitives et une fatigue importante lors de la passation. Les caractéristiques descriptives de l'échantillon final sont présentées dans le tableau 1

Groupe	Sexe	N	Moyenne de l'âge (an)	ET de l'âge (an)
Contrôle	F	11	76.5	6.47
	H	9	74.0	9.58
	Tot	20	75.3	8.08
MP	F	18	66.8	6.37
	H	20	69,6	5.18
	Tot	38	68.3	5.95

TABLE 1 : Description des groupes de participant·e·s à l'étude

Les données analysées proviennent du protocole informatisé MonPaGe-2.0.2-S (Fougeron et al., 2028 ; Pernon et al., 2020), une batterie francophone standardisée d'évaluation des troubles moteurs de la parole. Dans le cadre de la présente étude, seule la tâche de lecture de texte a été exploitée. Cette tâche consiste en la lecture continue d'un texte narratif standardisé de 188 mots, segmenté en huit portions présentées successivement à l'écran. Le texte a été conçu pour intégrer des propriétés phonétiques et prosodiques représentatives du français, permettant une évaluation

écologique mais contrôlée de la parole. Les productions orales ont été enregistrées à l’aide d’un microphone Zoom H5, puis stockées sous forme de fichiers audio distincts correspondant à chacune des portions lues. Les fichiers audio ont fait l’objet d’un prétraitement standardisé comprenant l’organisation des données, un alignement automatique des transcriptions, et une correction manuelle des annotations, ainsi que l’extraction automatisée des mesures acoustiques à l’aide de scripts dédiés. Dans la présente étude, les mesures temporelles retenues pour l’analyse correspondent à la moyenne des mesures obtenues sur chacune des 8 portions.

L’analyse acoustique porte sur un ensemble de mesures temporelles extraites automatiquement, pour chaque sujet, sur chacune des portions de la tâche de lecture. Ces mesures visent à caractériser l’organisation temporelle de la production orale. Les définitions opératoires de chacune des mesures retenues sont présentées dans le tableau 2. Ces mesures sont particulièrement pertinentes dans le cadre de la dysarthrie hypokinétique, puisque les altérations du rythme, de la fluence et de l’utilisation des pauses constituent des caractéristiques fréquemment rapportées.

Mesures acoustiques	Définition opératoire et indices statistiques
Durée totale (s)	Durée totale de l’enregistrement, en secondes.
Ecart-intersyllabique (EIS)	EIS mesuré entre les pics d’intensité de deux syllabes successives (Piccaluga & al., 2007). Maximum/Minimum/Médiane/Moyenne/Écart-type/Écart interquartile
Débit de parole (phonèmes/s)	Nombre de phonèmes produits par seconde, pauses comprises ; reflétant le débit global de parole.
Débit articulatoire (phonèmes/s)	Nombre de phonèmes produits par seconde, hors pauses, indiquant plus précisément la vitesse d’articulation.
Nombre de pauses* (sans unité)	Nombre total de pauses détectées dans l’enregistrement.
Durée des pauses* (s)	Durée totale (cumulée) des pauses et durée moyenne des pauses.
Nombre d’énoncés** /mots /syllabes /phones (sans unité)	Nombre d’énoncés/mots/syllabes/phones produits par portions du texte.
*Une pause est définie ici comme un arrêt de la production orale d’une durée $\geq$ à 250 ms.	
** Un énoncé est un segment de parole précédé et suivi d’une pause ($\neq$ portion)	

TABLE 2 : Définitions des différentes mesures temporelles analysées

Les analyses factorielles ont porté sur les moyennes des mesures acoustiques du tableau 2 pour chaque sujet, transformées en z-scores. Les caractéristiques des sujets ont été intégrées comme variables supplémentaires, sans contribution à la construction des axes, afin d’en examiner la distribution le long des facteurs reconstruits par l’Analyse en Composantes Principales (ACP). À l’issue de l’extraction des dimensions factorielles, une classification hiérarchique ascendante (Husson et al., 2024) a été appliquée afin d’identifier des clusters de performance à partir des axes principaux retenus. Cette procédure a conduit à la construction d’un dendrogramme. La classification s’est appuyée sur les deux premières dimensions. Le choix du seuil de coupe a été déterminé à partir du dendrogramme selon la procédure décrite par Cornillon et al. (2018). La caractérisation des clusters a ensuite été réalisée à l’aide de modèles linéaires mixtes généralisés,

intégrant le sujet comme effet aléatoire, implémentés avec lme4 (v. 1.1-34 ; Bates et al., 2015) et emmeans (Lenth et al., 2023) sous R (R Core Team, 2022).

4 Résultats

Seules les deux premières dimensions de l'ACP, qui cumulent 71.8 % de la variance expliquée, ont été retenues pour la suite de l'analyse. La dimension 1 (51.2% de variance expliquée) est principalement structurée par des mesures globales de temporalité. Les contributions positives les plus élevées concernent les mesures liées à la structuration temporelles de la parole avec principalement des mesures liées à l'EIS et aux pauses : la durée totale de la production ($r = 0.98$), la moyenne de l'EIS ($r = 0.96$), l'écart-type de l'EIS ($r = 0.91$), l'écart interquartile de l'EIS ($r = 0.88$), la médiane de l'EIS ($r = 0.62$) la durée totale des pauses ($r = 0.94$) ainsi que le nombre de pauses ($r = 0.90$). Contribuent également fortement à cet axe, les mesures de quantité de parole produite : le nombre d'énoncés ($r = 0.89$), de mots ($r = 0.74$), de syllabes ($r = 0.77$) et de phonème ($r = 0.80$). À l'inverse, les valeurs négatives de la D1 sont principalement associées aux mesures de vitesse de production, en particulier le débit de parole ($r = -0.84$) et le débit articulatoire ($r = -0.60$), ainsi qu'à la durée moyenne des énoncés ($r = -0.41$). La dimension 2 (20.6 % de variance expliquée), est principalement structurée par des mesures liées au débit. Du côté positif, la dimension 2 est associée au débit articulatoire ($r = 0.70$) et dans une moindre mesure au débit de parole ($r = 0.47$). Les mesures de quantité de parole produite, telles que le nombre de mots ($r = 0.44$), de syllabes ($r = 0.40$) et de phonèmes ($r = 0.40$), présentent également des corrélations positives avec cette dimension, bien que plus faibles. Les contributions négatives les plus marquées sont observées pour la médiane des EIS ($r = -0.74$) et la moyenne des EIS ($r = -0.82$).

Afin de catégoriser finement les profils émergents, des analyses non supervisées par classification hiérarchique ont été menées à partir des deux dimensions de l'ACP. L'analyse a permis de mettre en évidence 5 clusters de performances (voir figure 1 et tableau 3 pour la répartition des sujets). Pour rappel, l'objectif ici est de faire émerger des profils sans connaître les caractéristiques des sujets (présence de MP ou non, stade de la MP et sévérité de la dysarthrie). La projection sur le plan factoriel met en évidence une opposition des clusters selon les deux premières dimensions. La D1 permet une opposition des clusters 1 et 2 (côté négatif de l'axe) par rapport aux clusters 3,4 et 5 (côté positif de l'axe). Par ailleurs, la D2 oppose les clusters 2 et 5 (côté positif) avec les clusters 1, 3 et 4 (côté négatif). Au regard des corrélations des variables avec les axes, le côté positif de la D1 correspond à des profils de parole plus lents et plus segmentés, caractérisés par des durées de production et de pauses plus élevées, tandis que le côté négatif est associé à une parole plus rapide, avec des débits plus élevés. Sur la D2, les valeurs positives montrent principalement des profils marqués par des débits plus élevés et, par une production quantitativement plus importante, alors que les valeurs négatives sont davantage associées à des EIS plus long. Cette organisation souligne l'existence de profils temporels distincts, structurés à la fois par la première et la deuxième dimension factorielle. Pour caractériser les clusters, plusieurs variables ont été analysées.

- Cluster 1 : composé majoritairement des sujets contrôles, ainsi que des patient·e·s MP, principalement au stade modéré de la maladie. Les patient·e·s MP présentant une dysarthrie légère y sont bien représenté·e·s, les dysarthries de sévérité modérée y sont partiellement présentes, mais les formes de dysarthrie plus sévères y sont absentes.

- Cluster 2 : composé de patient·e·s atteint·e·s de la maladie de Parkinson. Il regroupe essentiellement des patient·e·s au stade modéré de la maladie, avec une répartition hétérogène des niveaux de sévérité de la dysarthrie, incluant des profils légers, modérés et avancés.
- Cluster 3 : comprend à la fois des sujets contrôles et des patient·e·s MP au stade modéré ou sévère de la maladie. Les patient·e·s présentant une dysarthrie légère sont plus nombreux·ses que les formes plus avancées.
- Cluster 4 : constitué principalement de patient·e·s MP, exclusivement au stade modéré de la maladie, avec une faible proportion de sujets contrôles. Il regroupe des profils de sévérité variée de la dysarthrie, incluant des formes légères, modérées et avancées, avec une prédominance pour la sévérité légère.
- Cluster 5 : composé quasi exclusivement de patient·e·s MP. Il regroupe principalement des patient·e·s présentant un stade modéré et sévère de la maladie et uniquement des niveaux de sévérité modérée et avancée de la dysarthrie.

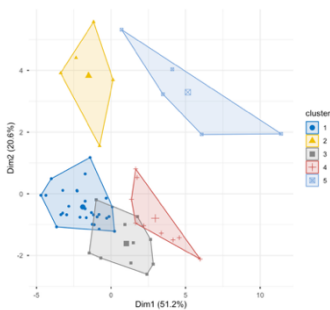


FIGURE 1 : Répartition des cinq clusters le long des dimensions 1 et 2 de l’ACP

Groupe		C1	C2	C3	C4	C5
Contrôle (N = 20)		11	0	5	3	1
MP en fonction du stade de la maladie (N = 27)	Stade modéré (N = 23)	12	3	1	5	2
	Stade sévère (N = 4)	2	0	1	0	1
MP en fonction de la sévérité de la dysarthrie (N = 26)	Sévérité légère (N = 14)	6	1	3	3	0
	Sévérité modérée (N = 9)	2	1	2	1	3
	Sévérité avancée (N = 3)	0	1	0	1	1

TABLE 3 : Répartition des effectifs des groupes expérimentaux dans les 5 clusters.

Pour l’interprétation, il est à noter que les groupes ne sont pas équivalents en terme d’effectifs. Les sujets MP sont deux fois plus nombreux que les sujets contrôles. Par ailleurs, les effectifs des groupes de stades sévères ou de sévérité avancée sont bien plus petits que les stades ou sévérités légères. Une analyse plus approfondie des différentes variables initiales a été réalisée afin de caractériser les clusters. La figure 2 présente le comportement de variables caractéristiques en fonction des clusters.

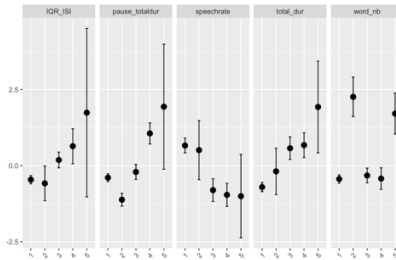


FIGURE 2 : Valeurs moyennes normalisées de variables initiales de l'ACP, par clusters

L'analyse de la distribution des différentes mesures acoustiques au sein des clusters met en évidence des capacités discriminantes variables. Certaines mesures permettent de distinguer l'ensemble des clusters entre-eux, tandis que d'autres n'opposent que des sous-ensembles. Cette hétérogénéité suggère que toutes les mesures temporelles ne contribuent pas de manière équivalente à la différenciation des profils issus de la classification en cluster. Parmi les mesures les plus discriminantes, la durée totale de la production permet de distinguer clairement les cinq clusters, avec une progression d'une durée courte à une durée longue des portions de texte. Cette mesure apparaît ainsi sensible à l'ensemble du continuum des profils temporels identifiés. De manière complémentaire, les mesures liées aux pauses, telles que la durée totale des pauses, permettent également de discriminer plusieurs clusters, en opposant notamment les profils caractérisés par une production plus continue à ceux présentant une segmentation plus marquée du flux de parole. Par ailleurs, les mesures liées aux EIS, et en particulier l'écart interquartile, montrent également un pouvoir discriminant important. Cette mesure met en évidence des différences nettes entre les clusters, reflétant des variations dans la régularité temporelle de la parole, avec certains clusters présentant une dispersion accrue des intervalles syllabiques. En revanche, les mesures de débit, comme le débit de parole, tendent à opposer principalement deux ensembles de clusters, distinguant des profils à débit plus élevé (cluster 1 et 2) de profils à débit plus faible (3, 4 et 5), sans permettre une discrimination fine de l'ensemble des cinq clusters. Enfin, les mesures de quantité de parole, comme le nombre de mots par exemple, présentent un schéma de discrimination comparable à celui des autres indices de quantité (nombre d'énoncés, de syllabes et de phonèmes). Ces mesures permettent principalement d'opposer une parole « plus riche » (clusters 2 et 5) à une parole « plus pauvre » (clusters 1, 3 et 4). Dans l'ensemble, ces résultats montrent que certaines mesures temporelles, notamment celles liées aux durées globales et à la structuration temporelle fine, apparaissent plus informatives pour différencier les profils, tandis que d'autres indices, bien que pertinents, présentent un pouvoir discriminant plus limité.

5 Discussion et conclusion

Cette étude avait pour objectif d'examiner si des mesures acoustiques temporelles objectives de la parole lue permettent de structurer des profils distincts de production orale dans la dysarthrie hypokinétique associée à la maladie de Parkinson, et dans quelle mesure ces profils sont liés au stade de la maladie et/ou à la sévérité perceptive de la dysarthrie. Plus largement, il s'agissait d'évaluer le potentiel de ces mesures pour contribuer à une caractérisation plus objective de la sévérité clinique de la dysarthrie. L'analyse en composantes principales met en évidence deux dimensions principales. La D1, qui concentre la plus grande part de la variance, est structurée par

des mesures globales de temporalité, incluant les durées de production, les pauses, les indices statistiques de l'EIS et les mesures de quantité de parole, en opposition aux indices de débit. Cette organisation reflète un continuum allant d'une parole lente, segmentée et riche en pauses à une parole plus rapide et plus condensée temporellement, en accord avec les descriptions classiques de la dysarthrie hypokinétique, caractérisée par une réduction de l'amplitude et de la vitesse des mouvements articulatoires et une altération du contrôle temporel global (Skodda & Schlegel, 2008 ; Lowit et al., 2018). La forte corrélation entre plusieurs mesures sur cette dimension, notamment entre plusieurs indices de quantité de parole et de durée, met en évidence une redondance importante entre paramètres, suggérant qu'un nombre restreint de mesures pourrait suffire à capturer cette composante globale de la temporalité de la parole, ce qui présente un intérêt direct pour le développement d'outils cliniques plus courts. La D2 est davantage structurée par des mesures liées au débit, et aux mesures de quantité de parole dans une moindre mesure, en opposition aux indices statistiques de l'EIS. Cette dissociation est cohérente avec des travaux montrant que les paramètres liés à la vitesse et à la quantité de production de la parole reflètent des mécanismes partiellement distincts de ceux impliqués dans la régulation temporelle fine, lesquels peuvent évoluer de manière indépendante dans la dysarthrie parkinsonienne (Skodda et al., 2009 ; Rueda et al., 2019). Ainsi, différents profils de gestion des paramètres temporels émergent, reflétant des stratégies variables, plus ou moins efficaces, face aux difficultés de parole. L'analyse des mesures temporelles au sein des différents clusters montre que leur pouvoir de discrimination varie selon les paramètres considérés. Les mesures de durée globale et de pauses permettent de différencier l'ensemble des clusters, tandis que les mesures liées à l'EIS, en particulier leur dispersion, apparaissent sensibles aux variations atypiques de débit de parole, liées à un déficit rythmique et/ou à un déséquilibre entre parole et pauses. En revanche, les mesures de débit opposent principalement des sous-ensembles de clusters, et les mesures de quantité de parole distinguent surtout des profils caractérisés par une production quantitativement plus élevée de ceux présentant une production plus limitée. Ces résultats suggèrent que certaines mesures temporelles sont plus informatives que d'autres pour différencier les profils de parole, mais qu'aucune mesure isolée ne permet à elle seule de qualifier précisément le stade de la maladie ou la sévérité de la dysarthrie. Ainsi, la sévérité de la dysarthrie n'évolue pas nécessairement en parallèle des scores moteurs globaux et présente une variabilité interindividuelle importante (Gómez et al., 2019 ; Kovac et al., 2024). Ces résultats renforcent l'intérêt d'approches exploratoires fondées sur des mesures objectives pour compléter l'évaluation perceptive. Plusieurs limites doivent être toutefois soulignées. Les analyses reposent sur un effectif limité, avec un déséquilibre entre sujets contrôles et MP, ainsi qu'un faible nombre de sujets aux stades sévères et aux sévérités avancées, ce qui limite la généralisation des résultats. L'élargissement de l'échantillon permettra d'affiner les profils identifiés et de renforcer les analyses. Par ailleurs, seules des mesures temporelles extraites d'une tâche de lecture ont été considérées ; l'intégration future de mesures formantiques et de tâches complémentaires, telles que les diadococinésies, permettra de mieux rendre compte de la complexité des troubles de la parole parkinsonienne (Vásquez-Correa et al., 2018). En conclusion, cette étude montre que les mesures temporelles de la parole lue permettent de mettre en évidence des dimensions structurantes et des profils distincts dans la dysarthrie parkinsonienne, tout en révélant une redondance entre certains paramètres. Si ces mesures sont pertinentes pour caractériser la temporalité de la parole et la variabilité interindividuelle, elles ne semblent toutefois pas suffisantes à elles seules pour rendre compte de la sévérité clinique. Leur combinaison avec d'autres indices acoustiques et avec des tâches variées apparaît dès lors essentielle pour le développement d'outils d'évaluation objectifs et cliniquement pertinents.

Remerciements

Nous remercions les étudiant·e·s, Bilel Touzani, Alice Rainchon et Eloïse Capliez pour l'aide lors de l'étape du recrutement et de la prise de données. Nous remercions également les collabarteurs·trices des différents lieux de prise de données.

Références

- AREFYEVA A. P., SKRIPKINA N. A. & VASENINA E. E. (2019). Speech disorders in Parkinson's disease. *Zhurnal Nevrologii I Psikiatrii Imeni S.S. Korsakova*, 119(9, Vyp. 2), 23–36. DOI : 10.17116/jnevro201911909232.
- ARMSTRONG M. J. & OKUN M. S. (2020). Diagnosis and treatment of Parkinson disease: A review. *JAMA*, 323(6), 548–560. DOI : 10.1001/jama.2019.22360.
- ATALAR M. S., OGUZ O. & GENÇ G. (2023). Hypokinetic dysarthria in Parkinson's disease: A narrative review. *Sisli Etfal Hastanesi Tip Bulteni*, 57(2), 163–170. DOI : 10.14744/SEMB.2023.29560.
- BATES, D., MÄCHLER, M., BOLKER, B., & WALKER, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1). <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- BERG D., BORGHAMMER P., FERESHTEHNEJAD S.-M., HEINZEL S., HORSAGER J., SCHAEFFER E. & POSTUMA R. B. (2021). Prodromal Parkinson disease subtypes—Key to understanding heterogeneity. *Nature Reviews Neurology*, 17(6), 349–361. DOI : 10.1038/s41582-021-00486-9.
- BRAAK H., DEL TREDICI K., RÜB U., DE VOS R. A. I., JANSEN STEUR E. N. H. & BRAAK E. (2003). Staging of brain pathology related to sporadic Parkinson's disease. *Neurobiology of Aging*, 24(2), 197–211. DOI : 10.1016/S0197-4580(02)00065-9.
- Cornillon, P.-A., Guyader, A., Husson, F., Jégou, N., Josse, J., Klutchnikoff, N., Le Pennec, E., Matzner-Lober, E., Rouvière, L., & Thieurm, B. (2018). Classification non supervisée. In *R pour la statistique et la science des données*. (Husson François). Saic Edition.
- DEGHORAIN, P., DELVAUX, V., HUET, K., PICCALUGA, M., & ROLAND, V. (2025). Évaluation objective de la Dysarthrie Hypokinétique dans la Maladie de Parkinson : Identification de Mesures Fiables des Niveaux de Sévérité. *Rééducation Orthophonique*.
- ENDERBY P. (2011). The Frenchay Dysarthria Assessment. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 15, 165–173. DOI : 10.3109/13682828009112541.
- FOUGERON, C., DELVAUX, V., MÉNARD, L., & LAGANARO, M. (2018). The MonPaGe_HA database for the documentation of spoken French throughout adulthood. In N. Calzolari, K. Choukri, C. Cieri, T. Declerck, S. Goggi, K. Hasida, H. Isahara, B. Maegaard, J. Mariani, H. Mazo, A. Moreno, J. Odijk, S. Piperidis, & T. Tokunaga (Eds.), *Proceedings of the Eleventh International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2018)* (pp. 4252–4258). European Language Resources Association. <https://aclanthology.org/L18-1679>
- GÓMEZ P., MEKYSKA J., GÓMEZ A., PALACIOS D., RODELLAR V. & ÁLVAREZ A. (2019). Characterization of Parkinson's disease dysarthria in terms of speech articulation kinematics. *Biomedical Signal Processing and Control*, 52, 312–320. DOI : 10.1016/j.bspc.2019.04.029.
- HUSSON, F., JOSSE, J., LE, S., & MAZET, J. (2024). *FactoMineR : Multivariate Exploratory Data Analysis and Data Mining* (Version 2.11) [Logiciel]. <https://cran.r-project.org/web/packages/FactoMineR/index.html>

- JERKIĆ L., PETROVIĆ-LAZIĆ M. & VUKOVIĆ M. (2021). Speech disorders in Parkinson's disease—Characteristics, assessment and treatment. *Medicinski Pregled*, 74(3–4), 106–111.
- KOULI A., TORSNEY K. M. & KUAN W.-L. (2018). Parkinson's disease: Etiology, neuropathology, and pathogenesis. In T. B. STOKER & J. C. GREENLAND, Éd.s., *Parkinson's disease: Pathogenesis and clinical aspects*. Codon Publications.
- KOVAC D., MEKYSKA J., AHARONSON V., HARAR P., GALAZ Z., RAPCSAK S., OROZCO-ARROYAVE J. R., BRABENEC L. & REKTOROVA I. (2024). Exploring digital speech biomarkers of hypokinetic dysarthria in a multilingual cohort. *Biomedical Signal Processing and Control*, 88, 105667. DOI : 10.1016/j.bspc.2023.105667.
- LENTH, R. V., BOLKER, B., BUERKNER, P., GINÉ-VÁZQUEZ, I., HERVE, M., JUNG, M., LOVE, J., MIGUEZ, F., RIEBL, H., & SINGMANN, H. (2023). *emmeans : Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means* (Version 1.8.8) [Logiciel]. <https://cran.r-project.org/web/packages/emmeans/index.html>
- LOWIT A., MARCHETTI A., CORSON S. & KUSCHMANN A. (2018). Rhythmic performance in hypokinetic dysarthria: Relationship between reading, spontaneous speech and diadochokinetic tasks. *Journal of Communication Disorders*, 72, 26–39. DOI : 10.1016/j.jcomdis.2018.02.005.
- MENIN-SICARD A. & SICARD E. (2022). Le bilan de la dysarthrie assisté par VOCALAB et DIADOLAB. HAL : hal-03546249.
- MORRIS H. R., SPILLANTINI M. G., SUE C. M. & WILLIAMS-GRAY C. H. (2024). The pathogenesis of Parkinson's disease. *The Lancet*, 403(10423), 293–304. DOI : 10.1016/S0140-6736(23)01478-2.
- 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. DOI : 10.2147/JPRLS.S168090.
- PERNON M., LÉVÊQUE N., DELVAUX V., ASSAL F., BOREL S., FÉRON C., TROUVILLE R. & LAGANARO M. (2020). MonPaGe, un outil de screening francophone informatisé d'évaluation perceptive et acoustique des troubles moteurs de la parole. *Rééducation Orthophonique*, 281, 171–197.
- PICCALUGA, M., NESPOULOUS, J. L., & HARMEGNIES, B. (2007). Disfluency surface markers and cognitive processing; the case of simultaneous interpreting. *Proc. of the 16th ICPhS*, 1317-1320.
- PINTO S. & GHIO A. (2008). Troubles du contrôle moteur de la parole: Contribution de l'étude des dysarthries et dysphonies à la compréhension de la parole normale. *Revue Française de Linguistique Appliquée*, 13, 45–57. DOI : 10.3917/RFLA.132.0045.
- PINTO S., GHIO A., TESTON B. & VIALLET F. (2010). La dysarthrie au cours de la maladie de Parkinson. *Revue Neurologique*, 166(10), 800–810. DOI : 10.1016/j.neurol.2010.07.005.
- POMMÉE T., BOUVIER L., PINQUIER J., MAUCLAIR J., DELVAUX V., FOUGERON C., ASTÉSANO C., MARTEL-SAUVAGEAU V., MORSOMME D., PINÇON P., LALAIN M. & WOISARD V. (2024). Le voyage d'Alice: Un texte standardisé pour l'évaluation de la parole et de la voix en français. *Glossa*, 139(1).
- R CORE TEAM. (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. [Logiciel]. <https://www.R-project.org/>
- RUEDA A., VASQUEZ J., URREGO D., OROZCO-ARROYAVE J. R., KRISHNAN S. & NÖTH E. (2019). Feature representation of pathophysiology of Parkinsonian dysarthria. In *Proceedings of Interspeech 2019*, 4440–4444. DOI : 10.21437/Interspeech.2019-2490.

RUSZ J., TYKALOVA T., RAMIG L. O. & TRIPOLITI E. (2021). Guidelines for speech recording and acoustic analyses in dysarthrias of movement disorders. *Movement Disorders*, 36(4), 803–814. DOI : 10.1002/mds.28465.

SCHAPIRA A. H. V., CHAUDHURI K. R. & JENNER P. (2017). Non-motor features of Parkinson disease. *Nature Reviews Neuroscience*, 18(7), 435–450. DOI : 10.1038/nrn.2017.62.

SKODDA S., RINSCHKE H. & SCHLEGEL U. (2009). Progression of dysprosody in Parkinson's disease over time. *Movement Disorders*, 24(5), 716–722. DOI : 10.1002/mds.22430.

SKODDA S. & SCHLEGEL U. (2008). Speech rate and rhythm in Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 23(7), 985–992. DOI : 10.1002/mds.21996.

VÁSQUEZ-CORREA J. C., OROZCO-ARROYAVE J. R., BOCKLET T. & NÖTH E. (2018). Towards an automatic evaluation of the dysarthria level of patients with Parkinson's disease. *Journal of Communication Disorders*, 76, 21–36. DOI : 10.1016/j.jcomdis.2018.08.002.

VIALLET F. & TESTON B. (2007). La dysarthrie dans la maladie de Parkinson. In P. AUZOU, Éd., *Les dysarthries*, p. 169–174. SOLAL.

WANG M., WEN Y., MO S., YANG L., CHEN X., LUO M., YU H., XU F. & ZOU X. (2022). Distinctive acoustic changes in speech in Parkinson's disease. *Computer Speech & Language*, 75, 101384. DOI : 10.1016/j.csl.2022.101384.