

Evaluation de la dysarthrie parkinsonienne en lecture par la mesure de la déviation phonologique perçue : effets de la sévérité et du traitement dopaminergique

Alain Ghio¹, Muriel Lalain¹, Cindy Defais¹, Alexia Brevet¹, Manon Jayr¹, Danielle Duez¹, Marie Rebourg¹, Corinne Fredouille², Virginie Woisard³, François Viallet^{1,4}

(1) Aix Marseille Univ, CNRS, LPL, Aix-en-Provence, France

(2) Laboratoire Informatique d'Avignon, Univ. Avignon

(3) UT2J, LNPL URI EA 4156 & CHU Toulouse

(4) Service de neurologie, CH du Pays d'Aix, Aix-en-Provence, France

alain.ghio@univ-amu.fr, muriel.lalain@univ-amu.fr

RESUME

La perte d'intelligibilité chez des patients atteints de troubles de la production de la parole est un élément important du bilan orthophonique. Nous proposons un test fondé sur des séquences délexicalisées de type Voyelle-Consonne-Voyelle ainsi que sur des voyelles isolées extraites automatiquement d'un corpus de lecture. 12 locuteurs contrôles et 30 patients atteints de la maladie de Parkinson ont participé à l'expérience. Pour chaque locuteur, nous avons extrait automatiquement 50 séquences VCV et 50 voyelles isolées qui ont été soumises à l'identification par des auditeurs. La mesure de l'intelligibilité est fondée sur le comptage du nombre de traits phonémiques mal perçus par les auditeurs (Perceived Phonological Deviation = PPD). Nos résultats montrent une différence significative entre le groupe contrôle et les patients. Nous n'observons aucun effet lié au traitement dopaminergique. En revanche, nous observons une augmentation du PPD en fonction de la sévérité de la dysarthrie évaluée cliniquement par le neurologue.

ABSTRACT

Assessment of Parkinsonian dysarthria in reading by measuring perceived phonological deviation: effects of severity and dopaminergic treatment

The loss of intelligibility in patients with speech production disorders is an important element of the speech therapy assessment. We propose a test based on delexicalized sequences as Vowel-Consonant-Vowel type as well as on isolated vowels automatically extracted from a reading corpus. 12 control speakers and 30 patients suffering from Parkinson's disease participated in the experiment. For each speaker, we automatically extracted 50 VCV sequences and 50 isolated vowels which were submitted for identification by listeners. The measurement of intelligibility is based on counting the number of phonemic features misperceived by listeners (Perceived Phonological Deviation = PPD). Our results show a significant difference between the control group and the patients. We do not observe any effect linked to dopaminergic treatment. On the other hand, we observe an increase in PPD depending on the severity of dysarthria assessed clinically by the neurologist.

MOTS-CLES : phonétique clinique, maladie de Parkinson, dysarthrie, intelligibilité

KEYWORDS: clinical phonetics, Parkinson's disease, dysarthria, intelligibility



1 L'intelligibilité dans la maladie de Parkinson

1.1 La maladie de Parkinson, ses symptômes, ses traitements

La maladie de Parkinson (MDP) est une pathologie neurodégénérative qui se caractérise par la disparition progressive de cellules dans les ganglions de la base (substance noire des noyaux gris centraux). La principale conséquence de cette perte neuronale est la réduction de la production de dopamine, un neurotransmetteur dans une région essentielle au contrôle des mouvements (Kalia et al., 2015). La maladie de Parkinson est donc avant tout une maladie qui affecte les fonctions motrices. D'après le (GBD, 2016), environ 120 000 personnes sont atteintes par cette maladie en France en 2016 et 6 millions à travers le monde.

Parmi les symptômes moteurs de la maladie, on observe fréquemment une dysarthrie, qui est un trouble de la réalisation motrice de la parole dont l'origine est une lésion du système nerveux central ou périphérique (Pinto et al., 2010). (Pahwa et al. 2007) estiment que 90% des patients parkinsoniens sont touchés par un trouble de la parole, hypokinétique dans le cas de la MDP. La parole parkinsonienne est souvent caractérisée par une insuffisance prosodique avec une faible modulation de l'intensité et de la hauteur et une diminution de l'accentuation, un débit variable avec des ralentissements et accélérations paroxystiques, une imprécision des consonnes notamment occlusives, et une voix à la fois soufflée et éraillée (Pinto et al., 2010).

La perte d'intelligibilité présente dans la maladie peut avoir un fort impact sur la qualité de vie des malades. Ainsi, Miller et al. (2011) ont mis en évidence une auto perception négative chez les patients parkinsoniens atteints de dysarthrie, exprimant leur frustration et un sentiment de compétences amoindries dans leurs capacités de communication.

Le traitement pharmacologique par lévodopa est considéré comme le traitement de référence pour la maladie de Parkinson (De Letter et al., 2005). Il agit essentiellement sur les symptômes moteurs de la maladie en atténuant la bradykinésie, la rigidité et les tremblements. Concernant l'intelligibilité de la parole, l'effet du traitement dopaminergique reste variable d'un sujet à l'autre (De Letter et al., 2005).

1.2 La mesure de l'intelligibilité en pratique clinique

(Kent et al., 1989) distinguent deux approches différentes pour évaluer l'intelligibilité de la parole :

- une évaluation subjective faite par des cliniciens qui écoutent le patient et proposent une note sur une échelle standardisée (ex : 5/10).

- une approche décrite comme plus « objective » d'identification perceptive d'éléments (des mots) qui se mesure généralement par le pourcentage d'éléments correctement reconnus par un auditeur

Les évaluations subjectives sont répandues en pratique clinique essentiellement parce qu'elles sont faciles à réaliser. Cette approche est similaire à celle utilisée dans l'évaluation de la qualité de la voix où les cliniciens jugent subjectivement la performance (0 = normal, 1 = léger trouble, 2 = trouble modéré, 3 = trouble sévère). Il s'agit plus d'un jugement « esthétique » que d'un processus linguistique. La subjectivité de l'auditeur introduit une variable très difficile à contrôler. Ce phénomène a été largement étudié dans les évaluations de la qualité vocale, où la fiabilité inter-évaluateurs est notoirement faible. Il en va de même pour l'intelligibilité où l'évaluation subjective est imparfaite, notamment en raison du faible accord entre les auditeurs (McHenry, 2011).

Dans le cas de l'identification d'items, il s'agit pour le patient de lire une liste de mots issus de tests standardisés pendant que le clinicien retranscrit ce qu'il a compris (Enderby 1983 ; Auzou et al., 2006). Les transcriptions des cliniciens sont ensuite confrontées à la liste initiale ; un comptage des bonnes réponses permet d'obtenir une note globale. Les limitations de ce type de test résident dans la capacité des auditeurs à restaurer les séquences distordues. Cet effet est d'autant plus fort que les auditeurs ont une connaissance forte des mots utilisés dans le test et que ces mots sont peu ambigus et donc fortement prédictibles. C'est généralement le cas des orthophonistes qui peuvent faire un usage si

important de ces listes qu'elles finissent par les connaître par cœur. La BECD par exemple ne comporte que 50 mots (Auzou et al., 2006). Les travaux de Rebourg (2022) ont mis en évidence des biais d'apprentissage par les auditeurs lors de l'utilisation de listes courtes de mots avec au final des résultats d'évaluation pouvant varier du simple au double. Le biais lié à cette connaissance et donc à la forte influence des mécanismes perceptifs descendants est un score d'intelligibilité surévalué car la restauration phonémique de l'auditeur rend « transparentes » les distorsions de production (Lalain et al., 2020). Il en résulte une sensibilité insuffisante au changement à cause de cette restauration phonémique chez les auditeurs.

Afin de limiter ces biais, nous proposons donc un test fondé sur des éléments délexicalisés sous la forme de séquences de type Voyelle-Consonne-Voyelle (VCV) où seule la consonne est évaluée ainsi que sur des voyelles isolées (VOY) extraites automatiquement d'un corpus de lecture. Nous nous positionnons donc sur une définition restreinte de l'intelligibilité entendue comme la quantité de parole comprise uniquement à partir d'informations issues du signal acoustique (Ghio et al., 2021). Cette définition permet de distinguer cette notion de la compréhensibilité qui elle, intègre toutes les informations possibles à la disposition de l'auditeur, notamment indépendantes du signal acoustique. Cette évaluation est proche de ce qui a pu être fait à partir de pseudomots. (Lalain et al., 2020). Le travail exposé ici présente l'avantage de se fonder sur des séquences de parole continue, plus naturelle que la production de pseudomots artificiels. Nous faisons l'hypothèse que la mesure de la déviation phonologique perçue (Lalain et al., 2020) dans ce cadre de parole continue rendra compte de la sévérité du trouble de la parole et donc de la perte d'intelligibilité.

2 Matériel et méthode

2.1 Locuteurs

Dans cette étude, nous avons sélectionné les locuteurs à partir de la base de données AHN du service de neurologie du Centre Hospitalier du Pays d'Aix (Ghio et al., 2012). Nous avons sélectionné 12 locuteurs contrôles et 30 patients atteints de la maladie de Parkinson (MDP). L'âge moyen du groupe contrôle était de 58 ans (de 43 à 68 ans, écart-type de 6.9 ans).

L'âge moyen du groupe MDP était de 63.5 ans (de 49 à 81 ans, écart-type de 8.8 ans). Chez les patients, la durée de la maladie était en moyenne de 11 ans (de 2 à 30 ans, écart-type de 5.1 ans). Tous les patients étaient traités par L-dopa de façon usuelle. Pour observer de façon plus nette les effets de la MDP, tous les patients avaient été sevrés de médicament pendant plus de 12 heures, délai usuel pour annuler les effets pharmacologiques. Il s'agissait de la situation OFF dopa. Une fois l'examen clinique et les enregistrements effectués en situation OFF dopa, les patients recevaient leur dose usuelle de dopa et le protocole était répété une heure après en situation ON dopa.

Avant l'enregistrement, l'évaluation motrice de chaque patient avait été menée par un neurologue à l'aide de l'échelle UPDRS (Unified Parkinson's Disease Rating Score). Ce score UPDRS moteur (section III) sert surtout de mesure pour quantifier la progression de la maladie. L'item n°18 de cette échelle est particulièrement informatif car il indique la sévérité de la dysarthrie dans une approche subjective clinique avec les conventions suivantes: 0=normal; 1=légère perte d'expression, de diction et / ou de volume; 2=monotone, flou, mais compréhensible, modérément altéré; 3=déficiência marquée, difficile à comprendre; 4=inintelligible.

Sur nos données, le score UPDRS moyen de déficit moteur en situation OFF était de 33.1 ($\sigma=8.8$), ce qui correspond à une maladie installée. Une heure après la prise de L-dopa (situation ON), le score UPDRS moyen était de 14.0 ($\sigma=8.5$), ce qui correspond à une amélioration de plus de 50% par rapport à la situation OFF, amélioration notable qui valide la dépendance à la dopa des patients sélectionnés. Au niveau de la sévérité de la dysarthrie, nous disposons de l'item 'parole' (n°18) de l'UPDRS, qui était en moyenne de 1.4 ($\sigma=0.66$) en situation OFF et de 0.98 ($\sigma=0.87$) en situation ON. Nos locuteurs avaient donc une altération légère de la parole, significativement plus dégradée en OFF ($p < 0.05$). Il

est important de préciser que cette évaluation n'est pas aveugle, le neurologue connaît le patient ainsi que son état pharmacologique.

Parallèlement, nous disposons d'évaluations subjectives récoltées auprès d'un jury de 4 phoniatres/orthophoniste du CHU Toulouse. La tâche de cette évaluation était de donner en aveugle un score entre 0 (parole inintelligible) et 10 (parole normale) en écoutant la lecture des patients et des sujets contrôles. Le score de sévérité ainsi obtenu était en moyenne à 7.85 ($\sigma=1.25$) pour le groupe MDP-OFF, 7.46 ($\sigma=1.47$) pour MDP-ON et 9.56 ($\sigma=0.44$) pour le groupe Contrôle.

2.2 Corpus

Tous les locuteurs ont lu les premiers paragraphes du texte de la « chèvre de M. Seguin » d'Alphonse Daudet à hauteur, intensité et vitesse confortable. Les enregistrements se sont déroulés dans une pièce calme du Centre Hospitalier du Pays d'Aix avec un microphone AKG C520 alimenté par le dispositif EVA2 (Ghio et al., 2012). Le format des fichiers audio est un codage en 16 bits avec une fréquence d'échantillonnage de 25 kHz. L'objectif ensuite était d'extraire de ces lectures des séquences Voyelle-Consonne-Voyelle où la consonne est la cible, ainsi que des voyelles isolées.

Un travail préalable de sélection des items a été effectué par Defais (2021). Les consonnes cibles ont été choisies dans des contextes où elles étaient en position intervocalique. Pour les voyelles isolées, nous avons exclu les schwas. Nous nous sommes limités au début du texte car certains centres hospitaliers effectuent la lecture avec une version raccourcie du document. Nous avons décidé de sélectionner 50 séquences VCV et 50 voyelles isolées dans cette partie de texte.

La Table 1 fournit la liste des items retenus. La ligne « Ortho » est la transcription orthographique syllabique du texte. La ligne « Phono » est la transcription phonétique de la syllabe (norme de codage du LIA, Avignon). La ligne « Label VCV » est l'identifiant de la séquence consonnantique sélectionnée, la ligne « Label VOY » est l'identifiant de la voyelle isolée. Ainsi, l'item « euGGin-02 » cible la consonne [g] en contexte [Ø] et [ɛ̃]. Cet élément est la 2^{ème} séquence VCV sélectionnée et se situe sur le mot « Seguin ». De même, l'item « in-02 » correspond au [ɛ̃] de « Seguin ». C'est la 2^{ème} voyelle sélectionnée.

Ortho	Mon	sieur	Se	guin	n'a	vait	ja	mais	(z) eu	de	bo	nheur	a	vec	ses	chè	vres.	ll	les	per
Phono	mm eu	ss vyeu	ss eu	gg in	nn aa	vv ai	jj aa	mm ei	zz uu	dd eu	bb oo	nn oe rr	aa	vai kk	ss ai	ch ai	vr rr	ii ll	ll ei	pp ai rr
LabelVCV	-	-	euSseu-01	euGGin-02	inNaa-03	aaVvai-04	aiJja-05	aaMmei-06	eiZzu-07	uuDdeu-08	euBboo-09	ooNnoe-10	-	aaVvai-11	-	aiChai-12	-	-	-	eiPPai-13
LabelVoy	-	eu-01	-	in-02	-	-	-	-	uu-03	-	oo-04	oe-05	aa-06	-	ai-07	-	-	ii-08	-	ai-09

Ortho	daît	tou	tes	de	la	mê	me	fa	çon;	un	beau	ma	tin,	e	lles	ca	ssaient	leur	cor	de,
Phono	dd ei	tt ou	tt	dd eu	ll aa	mm ai	mm eu	ff aa	ss on	in	bb au	mm aa	tt in	ai	ll eu	kk aa	ss ai	ll oe rr	kk oo rr	dd
LabelVCV	-	-	-	-	-	aaMmai-14	-	euFfaa-15	aaSSon-16	-	inBBau-17	aaMMaa-18	aaTTin-19	-	-	euKKaa-20	aaSSai-21	aiLLoe-22	-	-
LabelVoy	-	ou-10	-	-	aa-11	ai-12	-	-	on-13	in-14	au-15	aa-16	in-17	ai-18	-	-	-	oe-19	oo-20	-

Ortho	s'en	n a	lait	dans	la	mon	tagne	et	là	- haut	le	loup	les	man	geait.	Ni	les	ca	resses	de
Phono	ss an	nn aa	ll ei	dd an	ll aa	mm on	tt aa nn yy	ei	ll aa	au	ll eu	ll ou	ll ei	mm an	jj ai	nn ii	ll ai	kk aa	rr ai ss	dd eu
LabelVCV	-	-	aaLlei-23	eiDDan-24	anLLaa-25	aaMMon-26	onTTaa-27	-	eiLLaa-28	-	-	euLLou-29	-	eiMMan-30	anJJai-31	aiNNii-32	-	aiKKaa-33	aaRRai-34	-
LabelVoy	an-21	-	-	an-22	-	on-23	-	-	aa-24	au-25	eu-26	ou-27	-	an-28	-	ii-29	-	aa-30	-	-

Ortho	leur	maî	tre	ni	la	peur	du	loup,	rien	ne	les	re	te	naît.	Cé	taît	pa	raît	t-il	des
Phono	ll oe rr	mm ai	tt rr	nn ii	ll aa	pp oe rr	dd ou	ll ou	rr yy in	nn eu	ll ei	rr eu	tt eu	nn ai	ss ai	tt ai	pp aa	rr ai	tt ii ll	dd ei
LabelVCV	-	-	-	-	-	aaPpo-35	-	-	-	inNneu-36	-	eiRReu-37	-	euNNai-38	-	aiTTai-39	aiPPaa-40	aaRRai-41	aiTTii-42	-
LabelVoy	oe-31	-	-	ii-32	-	oe-33	uu-34	ou-35	in-36	-	-	-	-	-	ai-37	-	aa-38	-	ii-39	-

Ortho	chè	vres	in	dé	pen	dan	tes.	vou	lant	à	tout	prix	le	grand	air	et	la	li	ber	té.
Phono	ch ai	vrr in	in	dd ei	pp an	dd an	tt eu	vv ou	ll an	aa	tt ou	pp rr ii	ll eu	gg rr an	tt ai rr	ai	ll aa	ll ii	bb ai rr	tt ei
LabelVCV	eiChai-43	-	-	inDDei-44	eiPPan-45	anDDan-46	-	-	-	-	aaTTou-47	-	-	-	anTTai-48	-	-	aaLLii-49	iiBBai-50	-
LabelVoy	ai-40	-	in-41	ei-42	an-43	-	-	ou-44	an-45	-	ou-46	ii-47	-	an-48	-	-	-	ii-49	-	ei-50

Table 1 : Sélection des séquences VCV et des voyelles isolées dans le début du texte de la « chèvre de Monsieur Seguin » d'Alphonse Daudet (Defais, 2021)

L'aspect raccourci du texte ne permet pas d'avoir un inventaire équilibré des phonèmes (Table 2) avec notamment un déficit de [g], [f] et [z], qui n'apparaissent qu'une fois dont une fois en contexte de liaison non systématique pour le [z].

p	t	k	b	d	g	f	s	ʃ	v	z	ʒ	m	n	l	R	i	Y	e	ø	ɛ	œ	a	o	ɔ	u	ã	ẽ	õ
4	6	2	3	4	1	1	3	2	2	1	2	5	5	6	3	6	2	2	2	6	4	6	2	2	5	6	5	2

Table 2 : nombre d'occurrences des consonnes et des voyelles dans le corpus

2.3 Préparation des stimuli

Dans l'étude de (Duez et al., 2020), les stimuli avaient été repérés manuellement. Cette approche bien que précise et fiable nécessite un très long travail pour espérer ensuite un usage courant en orthophonie. Nous avons donc pris le parti d'utiliser des techniques d'alignement automatique forcé ne nécessitant que peu de manutention. Un tel principe pourrait être utilisé en situation clinique. Le principe est le suivant :

- un opérateur réécoute le texte lu et annote si nécessaire les disfluences par rapport à une lecture totalement congruente au texte. Il s'agit principalement de répétitions ou d'élisions.
- le texte est ensuite phonétisé et les frontières des phonèmes sont posées automatiquement par le biais de l'aligneur du laboratoire d'informatique d'Avignon
- les séquences cibles sont repérées dans le flux et extraites de façon automatique

Pour les séquences VCV où seule la consonne va être évaluée, le critère est de prendre comme début le milieu de la voyelle précédant la consonne et comme fin le milieu de la voyelle suivant la consonne (FIGURE 1). Du fait de la présence de pauses, nous avons décidé d'intégrer aussi des séquences de type Pause + Consonne + moitié de Voyelle. Le début de la séquence est alors le début de la consonne. Pour les voyelles isolées, le stimulus est contraint par les bornes de la voyelle. Pour éviter les effets de bords des débuts et fin des stimuli, nous avons appliqué un fade-in de 10 ms et un fade-out de 10 ms avec le logiciel Sox.

Une vérification manuelle de l'alignement auto a été menée sur 4 locuteurs contrôles et 4 Patients MDP; nous avons relevé 1% d'erreurs sur les sujets contrôles et 5% sur les patients, pourcentages que nous considérons comme acceptable au regard de la quantité de données traitées.

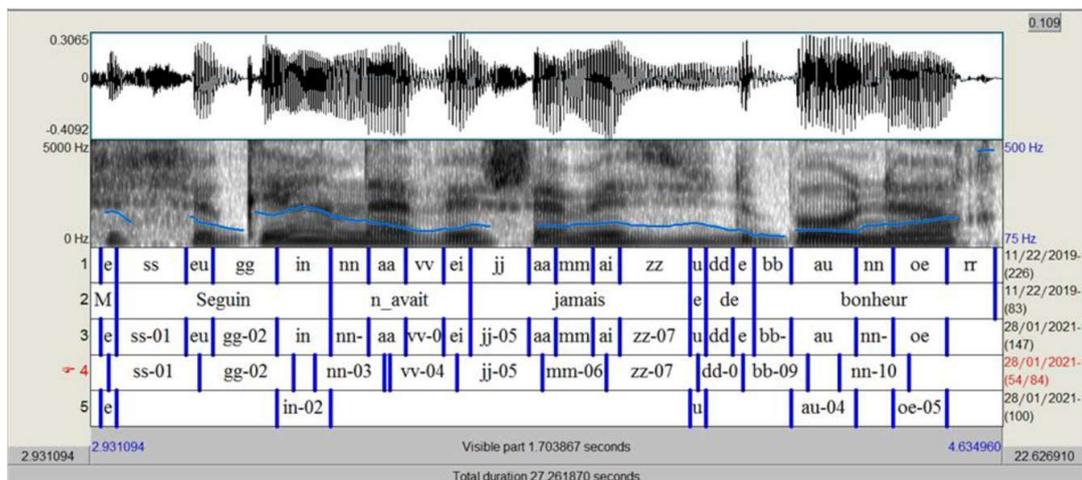


FIGURE 1: Résultat de l'alignement phonétique de la lecture et mise en évidence des séquences VCV cibles et des voyelles isolées

2.4 Les tests de perception

Pour chaque locuteur, nous avons extrait automatiquement 50 séquences VCV et 50 voyelles isolées. L'ensemble des 3600 séquences [50 x (12 ctrl + 30 on-dopa + 30 off-dopa)] a été soumis à l'identification perceptive de la cible par 18 auditeurs naïfs francophones natifs ne présentant aucun trouble auditif ni visuel. L'expérience portait d'abord sur les 3341 consonnes puis sur les 3549 voyelles, certaines séquences étant non disponibles pour certains locuteurs (omission de mots, réduction de syllabes...) Ces tests ont eu lieu au Centre d'Expérimentation sur la parole (<http://cep.lpl-aix.fr/>) au Laboratoire Parole et Langage à Aix-en-Provence. La présentation des stimuli et le recueil des réponses étaient automatisés grâce au dispositif Perceval-Lancelot (André et al., 2003). Chaque auditeur, portant un casque audiophonique Superlux HD 681B, a transcrit 3 blocs de 185 éléments, soit 555 stimuli. L'intensité de lecture du son a été pré-réglée par l'auditeur pour être confortable et

optimale pour la tâche. La réponse était en choix forcé et l'auditeur cliquait sur le phonème qu'il estimait avoir perçu. Chaque test a commencé avec quatre stimuli d'entraînement. Chaque élément était présenté une fois automatiquement mais l'auditeur pouvait répéter la lecture deux fois. L'auditeur a eu une pause de 5 minutes entre les blocs. Au final, chaque stimulus a été écouté par 3 auditeurs différents afin d'augmenter la fiabilité de la tâche d'identification.

2.5 Prétraitement des données

Une fois les réponses recueillies, les phonèmes perçus ont été examinés par rapport au phonème cible. Nous appelons « score de déviation phonologique perçue » (Perceived Phonological Deviation, PPD) le nombre de traits phonétiques qui diffèrent entre le phonème attendu et la réponse donnée par l'auditeur. Un score de 0 signifie que le phonème a été correctement identifié. Un score de N signifie qu'il y avait N traits phonétiques mal identifiés. La décomposition en traits que nous avons choisie est celle publiée dans (Lalain et al., 2020). Plus le score PPD est faible, meilleure peut être considérée l'intelligibilité du locuteur. En effet, nous partons du postulat que nos auditeurs sont normo-entendants, que les conditions d'écoute sont optimales et donc que toute erreur de perception est liée à un problème de production de la parole chez le locuteur.

3 Résultats

Le score PPD d'un locuteur est la moyenne des scores obtenus sur toutes les écoutes des séquences relatives à ce locuteur (50 items x 3 auditeurs = 150 valeurs). Nous avons distingué le score obtenu sur les consonnes et celui obtenu sur les voyelles. Tous les tests statistiques ont été effectués dans l'environnement logiciel R version 4.2.1 Des modèles linéaires à effets mixtes (fonction lmer) ont été utilisés pour analyser les scores PPD considérés comme une variable continue. Etant donnée la structure 'within' chez les patients, que l'on retrouve dans le groupe DOP et OFF, le 'locuteur' a été pris comme random effect.

3.1 Effets du groupe et du traitement pharmacologique

Les distributions du PPD par groupe suivent des lois normales (test de Shapiro). Sur les consonnes, nos résultats montrent des différences significatives entre le groupe contrôle (moyenne $PPD_{\text{control}}=0.31$) et les patients avec traitement ON dopa (moyenne $PPD_{\text{MDP-DOP}}=0.73$) ou en situation de sevrage OFF dopa (moyenne $PPD_{\text{MDP-OFF}}=0.70$). Nous n'observons aucun effet lié au traitement dopaminergique (FIGURE 2, gauche). Pour les voyelles, les tendances sont identiques mais avec des valeurs de PPD plus élevées (moyenne $PPD_{\text{control}}=0.86$; moyenne $PPD_{\text{MDP-DOP}}=1.13$; moyenne $PPD_{\text{MDP-OFF}}=1.09$). Nous n'observons là aussi aucun effet lié au traitement dopaminergique (FIGURE 2, droite).

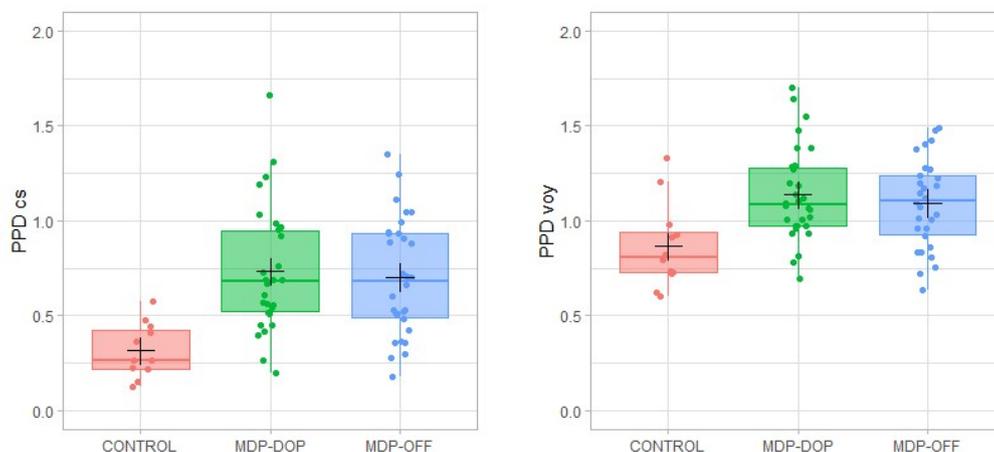


FIGURE 2: score PPD par groupe pour les consonnes (à gauche) et pour les voyelles (à droite)

3.2 Effets liés à la sévérité de la dysarthrie

Le nombre de patients ayant une dysarthrie sévère (grade 3 pour l'item parole de l'UPDRS) étant insuffisant (N=3), nous avons regroupé les patients de grade 2 et 3. Ce regroupement permet d'avoir des groupes équilibrés en nombre d'éléments et distribués en loi normale (test de shapiro). Nous observons (FIGURE 3) une augmentation du PPD en fonction de la sévérité de la dysarthrie. Pour les consonnes, $PPD_{\text{control}}=0.31$; $PPD_{\text{park0}}=0.56$; $PPD_{\text{park1}}=0.64$; $PPD_{\text{park2+}}=0.94$. Les différences sont significatives entre le groupe Contrôle et les groupes PARK, de même entre le groupe Park2+ et les autres groupes. En revanche, les différences entre le groupe PARK0 et PARK1 ne sont pas significatives.

Sur les voyelles, les résultats vont dans le même sens mais les différences entre les groupes sont moins marquées : $PPD_{\text{control}} = 0.86$; $PPD_{\text{park0}}=0.97$; $PPD_{\text{park1}}=1.08$; $PPD_{\text{park2+}}=1.26$. Les différences sont significatives entre le groupe Contrôle et les groupes PARK1 et PARK2+. En revanche, la différence entre le groupe Contrôle et le groupe PARK0 n'est pas significative. De même, nous n'observons aucune différence significative entre les groupes Park.

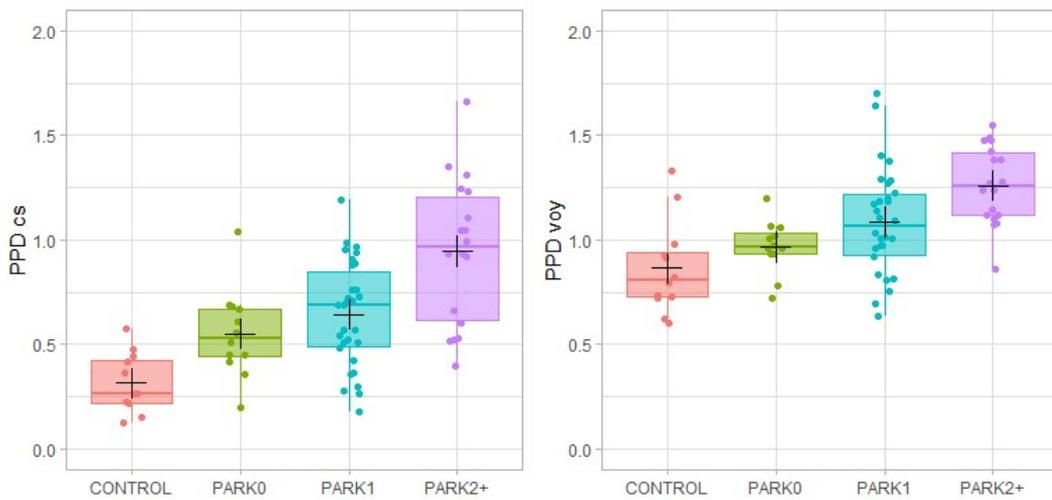


FIGURE 3: Score PPD en fonction de l'item parole de l'UPDRS pour les consonnes (à gauche) et pour les voyelles (à droite)

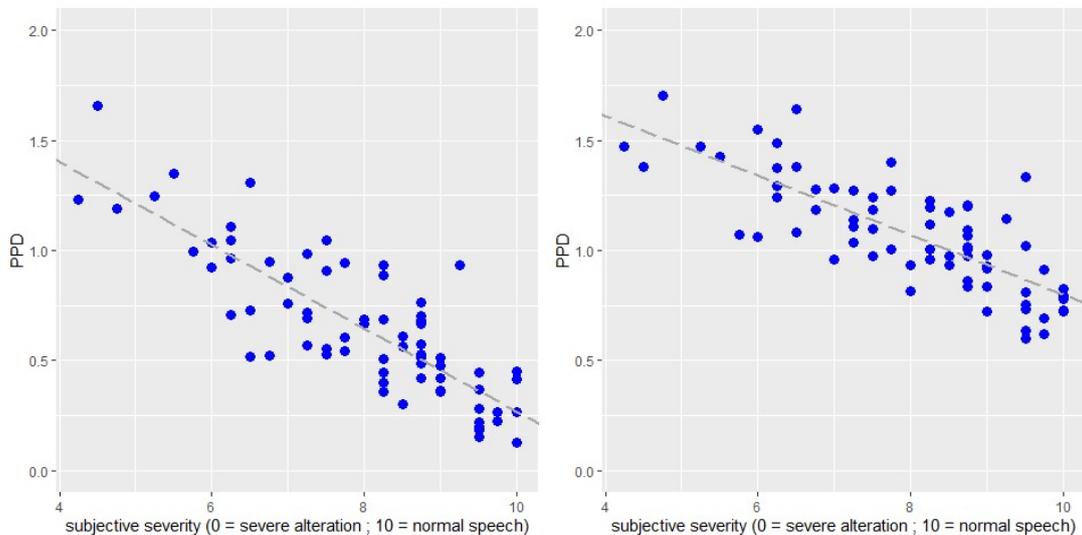


FIGURE 4: Score PPD en fonction de la sévérité de la dysarthrie pour les consonnes (à gauche) et pour les voyelles (à droite)

Si nous corrélons le score PPD avec les évaluations subjectives récoltées auprès d'un jury de 4 phoniatres/orthophonistes du CHU Toulouse (cf § 2.1 Locuteurs), nous obtenons un coefficient de corrélation de Pearson $r = -0.84$ pour les consonnes et $r = -0.78$ pour les voyelles (FIGURE 4).

4 Discussion et conclusion

Ces résultats valident notre méthode d'évaluation perceptive. Comme cette méthode est fondée sur du décodage acoustico-phonétique, opération fonctionnelle dans la perception de la parole, cela permet de réduire l'impact des biais perceptifs classiques, minimisant ainsi une forme de subjectivité indésirable dans un cadre d'évaluation clinique. Cette étude valide la proposition de Duez et al. (2020) sur un corpus important et dans une approche semi-automatique. Nous confirmons aussi la pertinence des consonnes par rapport aux voyelles pour la mesure de l'intelligibilité de la parole. En effet, que ce soit dans la capacité de distinguer la gravité du trouble moteur ou dans les corrélations avec des indices de sévérité, le recours aux consonnes permet une meilleure observation des différences.

D'un point de vue clinique, nous n'observons pas d'effet lié au traitement pharmaceutique à la dopa. Soit notre mesure n'est pas assez fine pour refléter l'effet du traitement, soit le traitement lui-même n'a pas d'effet sur la parole. A ce sujet, l'impact du traitement dopaminergique sur la parole reste controversé dans la littérature, notamment sur l'intelligibilité (De Letter et al., 2005).

L'obtention d'un PPD sur de la lecture et donc sur de la parole continue enlève les réticences que l'on a pu observer dans l'usage de séquences délexicalisées de type pseudo mots (Lalain et al., 2020). En effet, l'usage de pseudomots n'est pas naturel contrairement à une tâche de lecture.

Au niveau de la clinique orthophonique, l'outil d'évaluation avec les scores PPD permettrait d'obtenir une évaluation précise de l'intelligibilité du patient parkinsonien. De plus, la mise en évidence des phonèmes altérés pourrait orienter les objectifs de la prise en soins. Le recours à des procédés semi-automatiques s'avère possible et ouvre donc des pistes à un usage réel.

Dans le cadre du projet ANR Rugby, nous avons appliqué cette méthode sur un corpus plus vaste de 316 locuteurs (111 CTRL +205 patients ON/OFF). Les données sont en cours de traitement. Bien qu'imparfait, le repérage automatique des séquences cibles reste efficace et cela nous conduit à imaginer, à terme, de proposer une version utilisable par les orthophonistes en cabinet pour tous les patients ayant des troubles de la production de la parole. La prise en compte de la dimension prosodique est une perspective que nous envisageons à l'avenir ainsi que de la dimension compréhensibilité qui, elle, met les mécanismes de décodage acoustico-phonétique en contexte communicationnel.

Remerciements

Cette recherche a été financée en partie par le projet ANR-18-CE45-0008 RUGBI, de l'Agence nationale de la recherche, ainsi que par un BQR LPL. Les auteurs tiennent à remercier Alain Purson et Ludovic Jankowski pour leur assistance lors de l'enregistrement des patients ainsi que le personnel du CEP pour leur assistance dans l'expérience perceptive.

Références

ANDRÉ C, GHIO A, CAVE C, TESTON B. (2003) PERCEVAL: a Computer-Driven System for Experimentation on Auditory and Visual Perception. International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS), Barcelona, Spain. pp.1421-1424.

AUZOU P, ROLLAND-MONNOURY V. (2006), Batterie d'Evaluation Clinique de la Dysarthrie. 1st ed. Isbergues: Ortho Edition; 2006.

- DEFAIS C. (2021), L'évaluation de l'intelligibilité dans les troubles de la production de la parole : utilisation de séquences VCV en lecture chez des patients atteints de cancer des VADS, Certificat de Capacité d'Orthophonie, Aix-Marseille Univ. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03349024/document>
- DE LETTER, M., SANTENS, P., & BORSEL, J. V. (2005). The effects of levodopa on word intelligibility in Parkinson's disease. *Journal of Communication Disorders*, 38(3), 187-196.
- DUEZ, D., GHIO, A., & VIALLET, F. (2020). Effect of linguistic context on the perception of consonants in Parkinsonian Read French speech. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 2020, 35 (10), pp.926-944.
- ENDERBY, P. (1983). Frenchay dysarthria assessment. Pro-Ed, Austin Tex.
- GBD 2016 AND PARKINSON'S DISEASE COLLABORATORS, (2016), Global, regional, and national burden of Parkinson's disease, 1990–2016: a systematic analysis for the global burden of disease study, *The Lancet Neurology*, vol. 17, no. 11, pp. 939–953, 2018.
- GHIO A, POUCHOULIN G, TESTON B, PINTO S, FREDOUILLE C, DE LOOZE C, ROBERT D, VIALLET F, GIOVANNI A (2012) How to manage sound, physiological and clinical data of 2500 dysphonic and dysarthric speakers? *Speech Communication*, 54 (5), pp.664-679.
- GHIO, A., LALAIN, M., REBOURG, M., MARCZYK, A., FREDOUILLE, C., & WOISARD, V. (2021). Validation of an Intelligibility Test Based on Acoustic-Phonetic Decoding of Pseudo-Words : Overall Results from Patients with Cancer of the Oral Cavity and the Oropharynx. *Folia Phoniatria et Logopaedica: Official Organ of the International Association of Logopedics and Phoniatics (IALP)*. <https://doi.org/10.1159/000519427>
- KALIA L. V., LANG A. E. (2015), Parkinson's disease, *The Lancet*, vol. 386, no. 9996, pp. 896–912.
- KENT RD, WEISMER G, KENT JF, ROSENBEK JC.(1989) Toward phonetic intelligibility testing in dysarthria. *Journal of Speech and Hearing Disorders*. 1989 Nov; 54(4):482-99.
- LALAIN, M., GHIO, A., GIUSTI, L., ROBERT, D., FREDOUILLE, C., & WOISARD, V. (2020). Design and Development of a Speech Intelligibility Test Based on Pseudowords in French : Why and How? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63 (7), pp.2070-2083
- MILLER N., ANDREW S., NOBLE E., WALSHE M., (2011), Changing perceptions of self as a communicator in Parkinson's disease: a longitudinal follow-up study, *Disability and Rehabilitation*, vol. 33, no. 3, pp. 204–210, 2011.
- PAHWA R., LYONS K. E., KULLER, W. C. (2007). *Handbook of Parkinson's Disease* (4th ed., p. 530). New York, NY:Informa Healthcare.
- PINTO S., GHIO A., TESTON B., VIALLET F. (2010). La dysarthrie au cours de la maladie de Parkinson. Histoire naturelle de ses composantes : Dysphonie, dysprosodie et dysarthrie. *Revue Neurologique*, 166(10), 800-810. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2010.07.005>
- REBOURG M. (2022), Évaluation de l'intelligibilité après un cancer ORL : Approche perceptive par décodage acoustico-phonétique et mesures acoustiques, Thèse de doctorat, Univ. Aix-Marseille