



Organisation temporelle de la parole dans la dystonie généralisée primaire

Marie-Charlotte Cuartero¹, Roxane Bertrand¹, Marie Vidailhet,² David Grabli², Serge Pinto¹

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

⁽²⁾ Institut du Cerveau et de la Moelle, APHP, Paris

Marie-charlotte.cuartero@lpl-aix.fr

RESUME

La dystonie généralisée primaire est un trouble neurologique se caractérisant par des mouvements involontaires et une **dysarthrie** (trouble de la production de la parole) de type **hyperkinétique**. La classification perceptive des dysarthries de Darley et *al.*, (1969 a, b) montre que dans la DGP, l'altération de l'organisation temporelle de la parole se manifeste par un débit lent, des silences inappropriés et un allongement des pauses. L'objectif de notre étude est de caractériser acoustiquement la parole dans la DGP en vue de confirmer/infirmier ces résultats perceptifs. Globalement, nos résultats ne montrent aucune différence significative entre sujets contrôle et patients atteints de DGP. L'analyse par sujet montre que quatre patients parmi les 11 étudiés présentent cependant une dysrythmie avec au moins une variable temporelle altérée. Alors que la dysarthrie est considérée comme un défaut d'exécution de la parole, il serait intéressant d'explorer l'implication de dysfonctionnements non-moteurs dans l'organisation temporelle de la parole.

ABSTRACT

Temporal organization of speech in primary generalized dystonia
Primary generalized dystonia (PGD) is a neurologic disorder characterized by involuntary movements and associated with a hyperkinetic dysarthria (motor speech disorder). The seminal classification of dysarthrias made by Darley et *al.*, (1969 a, b) denotes that in PGD, the deterioration of speech temporal organization is associated with a slow rate, inappropriate silences and a pause widening. The aim of our study is to describe acoustically speech in PGD in order to confirm (or not) the previous perceptual findings. Globally, our results do not show any significant difference between healthy controls and patients with PGD. The analysis-by-subject demonstrates that 4 patients among the 11 studied however present with a dysrhythmia, with at least one temporal variable altered. While dysarthria is considered a motor speech disorder, it should be interesting to explore the contribution of non-motor dysfunctions in speech temporal organization.

MOTS-CLES : prosodie, organisation temporelle, dystonie généralisée primaire, dysarthrie.

KEYWORDS : prosody, temporal organization, primary generalized dystonia, dyarthria.

1 Introduction

1.1 La dystonie généralisée primaire

La dystonie est un trouble neurologique défini par « des contractions musculaires soutenues ou intermittentes, provoquant des mouvements et/ou des postures anormales » (Albanese *et al.*, 2013). Se caractérisant par des mouvements involontaires, elle est classée dans les **troubles hyperkinétiques** du mouvement. La cause de ce désordre est due à un dysfonctionnement des noyaux gris centraux. La dystonie généralisée peut être considérée comme un syndrome, et dans ce cas elle est considérée comme « primaire », à la différence des dystonies « secondaires » qui se manifestent généralement plus tardivement, à la suite d'un événement spécifique. L'origine de la dystonie généralisée primaire (DGP) est inconnue ou génétique, la forme DYT1 est la plus sévère et la plus connue (Albanese *et al.*, 2013). Elle débute au niveau d'un membre puis tend à se généraliser au cours du temps (Vercueil, 2007). Elle se développe dès l'enfance et survient avant 26 ans. La prévalence de la dystonie à début précoce est de 2 à 50 cas par million (Defazio *et al.*, 2010).

1.2 La dysarthrie hyperkinétique dans la dystonie généralisée primaire

La **dysarthrie hyperkinétique** est un symptôme présent dans la DGP. C'est un trouble de l'exécution motrice de la parole pouvant affecter la phonation, l'articulation et la prosodie (Darley *et al.*, 1969 a, b). Les quatre grandes *caractéristiques* de la parole dans la DGP sont : **l'imprécision articuloire, la sténose phonatoire, l'insuffisance et/ou l'excès prosodiques** (Darley *et al.*, 1969 a, b ; cf. table 1). La parole dans la DGP se manifeste ainsi par une articulation et une intelligibilité dégradée, une voix rauque, forcée avec des variations excessives d'intensité et des arrêts vocaux. Ces altérations entraînent la production de phrases courtes avec des inspirations très perceptibles. Les distorsions phonatoires et articuloires génèrent des troubles prosodiques rendant notamment le débit de parole lent (Tripoliti, 2007). Dans la définition de la dysarthrie, ces dysfonctionnements sont regroupés sous le terme de « dysprosodie » (Duez, 2007). Ils peuvent se caractériser par des faits de dysmélodie (distorsions de l'intonation) et/ou de dysrythmie (altération de l'organisation temporelle) (Duez, 2007). Cette dernière renvoie à une diminution des marques de proéminences, un débit lent, des silences inappropriés, des arrêts vocaux, un allongement des pauses et des phonèmes qui participent à la dysprosodie dans la DGP (Darley *et al.*, 1969 a, b).

Sténose phonatoire	Voix rauque Voix forcée Arrêts vocaux Variation excessive d'intensité
Imprécision articuloire	Articulation dégradée Distorsion des voyelles Imprécision des consonnes
Excès prosodique	Débit lent Silences inappropriés Allongements des pauses Allongement des phonèmes
Insuffisance prosodique	Monotonie Mono-intensité Phrases courtes Diminution de l'accentuation

TABLE 1. Caractéristiques de la dysarthrie hyperkinétique dans la DGP (selon Darley *et al.*, 1969 a, b).

1.3 Problématique et hypothèses

La description de référence réalisée par Darley et *al.*, (1969 a, b) repose sur des analyses perceptives. Comme Darley et *al.*, d'autres travaux ont observé que les paramètres identifiés comme déviants perceptivement étaient difficiles à distinguer entre la dysarthrie dans la DGP et d'autres types de dysarthries (Zyski et Weisiger, 1987). De nouvelles analyses acoustiques sont donc cruciales pour identifier de manière objective les caractéristiques de cette dysarthrie (Kent et *al.*, 1999). Dans ce sens, des études antérieures ont mis en évidence que le débit respiratoire rapide, les moments d'apnée associés à des dysrythmies et la baisse du volume respiratoire définiraient plus spécifiquement la dysarthrie hyperkinétique (LaBlance et Rutherford, 1991). Notre objectif ici est d'approfondir nos connaissances sur la dysarthrie dans la DGP en caractérisant mieux sur le plan acoustique, les paramètres altérés.

Largement inspiré des travaux de Duez (2007), nous nous attendons à observer des paramètres définissant une dysrythmie et une désorganisation temporelle dans les productions de parole des patients atteints de DGP. En revanche, compte tenu de l'hétérogénéité des patients, ces dysfonctionnements devraient plutôt apparaître chez les patients dont le degré de sévérité de la dysarthrie est important (Tripoliti, 2007).

2 Matériels et méthode

2.1 Participants

Onze patients présentant une DGP ont été recrutés dans les centres hospitaliers universitaires de Grenoble, Paris, Nantes et Bordeaux (France). La qualité de leur voix a été évaluée par une orthophoniste à l'aide d'une évaluation clinique du degré de sévérité de la voix (G=grade général de dysphonie, R=raucité, B=souffle, A=asthénie, S=serrage laryngé [GRBAS] ; Hirano,1981). L'ensemble des données démographiques et cliniques sont disponibles dans le Tableau 1. Les patients ont été sous traitements médicamenteux optimal pour la prise en charge de leur troubles dystoniques. Aucun traitement spécifique pour la parole n'était utilisé. Tous les patients remplissaient les critères d'inclusion pour une neurochirurgie de type stimulation cérébrale profonde. Par ailleurs, onze sujets contrôles sains, appariés en âge et en genre, ne présentant aucun trouble de la voix et aucun antécédent neurologique, ont participé à l'étude (8 femmes, âge moyen = 42,6, SD âge = 13,2 ; 3 hommes, âge moyen = 31,7, SD âge = 12,6). Ces derniers ont été enregistrés au Laboratoire Parole et Langage (UMR 7309, LPL, Aix-en-Provence). Au préalable l'ensemble des participants a signé un consentement de participation, dans le respect des lois éthiques en vigueur, et en accord avec la déclaration d'Helsinki (OMS, 2004).

Patients	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Genre	F	F	H	F	F	H	H	F	F	F	F
Age (ans)	38	24	30	40	35	20	44	35	50	56	66
Age au moment du diagnostic (ans)	7	6	10	20	10	--	13	21	47	54	59
Score G de l'échelle GRBAS	2	1	3	2	2	3	1	0	1	1	1
Score global BFMDRS	73.5	30.5	29	23	64.5	82	22	14	--	45	--

TABLE 2 : Tableau clinique des patients avec Dystonie Généralisée Primaire. F = femme, H = homme ; GRBAS : 0 = voix normale, 1 = dysphonie légère, 2 = dysphonie moyenne, 3 = dysphonie sévère. Burke-Fahn-Marsden Dystonia Rating Scale (BFMDRS) : échelle d'évaluation des mouvements pour les Dystonies (minimum = 0, maximum = 120). *En raison d'une parole inintelligible, le patient 6 a été exclu des analyses (colonne grisée).*

2.2 Corpus

Le corpus exploité consiste en une tâche de lecture de texte (« La chèvre de Monsieur Seguin », Daudet, 1869). Les sujets ont reçu pour consigne de le lire avec un débit de parole le plus naturel possible. Les enregistrements ont été acquis à l'aide d'un microphone (modèle 444 PP, AKG) relié à un enregistreur digital micro Track 24/96, M-Audio.

2.3 Pré-traitement des enregistrements de la parole

2.3.1 Etape préalable de segmentation

Le plugin EasyAlign a été utilisé pour effectuer la segmentation en phonèmes, syllabes, mots et phrases à partir des fichiers audios et de la transcription orthographique. Les frontières temporelles et les pauses silencieuses (notées #) ont été corrigées manuellement. Le seuil minimum des pauses a été estimé à 150 millisecondes (Kent et al., 1999).

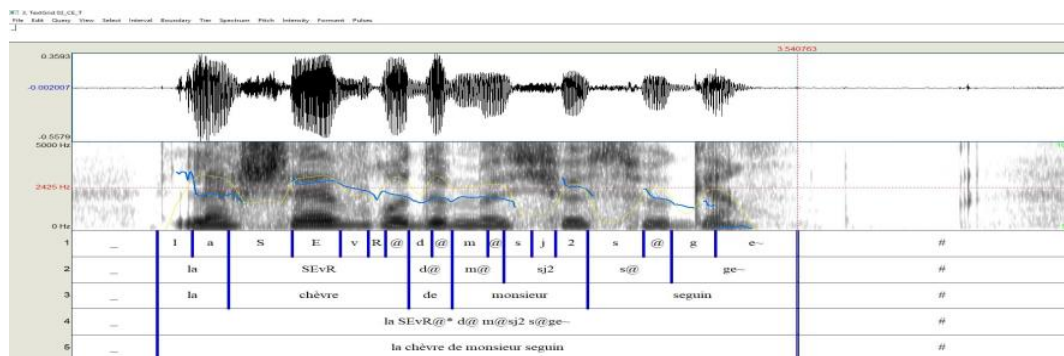


Figure 1. Segmentation en phonèmes (tier 1), syllabes (tier 2), mots (tier 3) et phrases (tier 4 et 5) d'après le plugin EasyAlign.

2.3.2 Variables temporelles

Les variables temporelles considérées pour l'analyse de l'organisation temporelle de la parole sont :

- Temps total de parole (en secondes) ;
- Nombre de syllabes ;
- Vitesse de parole (nombre de syllabes / temps total de parole, en secondes) ;
- Temps total d'élocution (durée totale des syllabes, en secondes) ;
- Vitesse d'élocution (nombre de syllabes / temps total d'élocution en secondes) ;
- Nombre de pauses ;
- Durée totale des pauses.

Nous avons complété l'analyse quantitative de ces variables par une analyse qualitative des variables suivantes, pour les sujets concernés :

- Localisation des pauses ;
- Disfluences : interruption du flux de parole par des répétitions et/ou des reformulations par exemple ;
- Omissions de mots.

Les pauses sont dites *syntaxiques*, lorsqu'elles marquent la frontière des paragraphes, des phrases, des propositions et des syntagmes. Elles peuvent être *non syntaxiques* lorsqu'elles sont localisées à

l'intérieur des mots, des syllabes et des syntagmes (Duez, 2007). Dans la parole pathologique, souvent marquée par une désorganisation temporelle, les pauses non syntaxiques sont plus fréquentes.

Les patients 09 et 11 n'ont lu qu'une partie du texte. Ainsi, les variables suivantes : nombre de syllabes, nombre de pauses, temps total de parole et d'élocution n'ont pu être intégrées à l'analyse pour ces patients.

2.4 Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Rstudio (Version 1.1.383 – © 2009-2017). Des comparaisons de moyennes ont été menées à l'aide de test t pour chaque variable temporelle. Dans un second temps, des scores standardisés (scores Z) ont été calculés pour permettre d'identifier la distance entre chacun de nos patients et l'ensemble des participants contrôles. Ce score est à interpréter comme une distance en nombre d'écart-types. Nous avons considéré qu'une distance supérieure ou égale à 2 écart-types correspondait à un résultat déviant.

2.5 Résultats

Aucune différence significative globale n'a été trouvée entre les patients et les contrôles pour chacune de nos variables ($p > 0.05$; cf. tableau 2).

Sur la base de nos Scores Z, les résultats des patients 01, 02, 03 et 05 ont en revanche montré un écart aux participants contrôles supérieurs à deux écarts-types pour au moins une variable.

DGP	Nombre de syllabes	Nombre de pauses	Durée pauses	Temps d'élocution	Temps de parole	Débit de parole	Débit d'élocution
01	233	42	20,75	60,00	80,75	2,89	3,88
02	250	25	9,18	45,67	54,85	4,56	5,47
03	226	40	18,89	59,22	78,11	2,89	3,82
04	241	29	14,69	47,52	62,20	3,87	5,07
05	255	53	34,11	59,25	93,36	2,73	4,30
07	236	24	11,33	45,97	57,30	4,12	5,13
08	239	21	7,74	41,60	49,34	4,84	5,75
09	-	-	-	-	-	4,05	5,19
10	-	-	-	-	-	3,23	4,53
11	234	34	12,79	52,45	65,24	3,59	4,46
Contrôles	236	25	12,32	48,72	61,04	3,94	4,89

TABLE 2 : Données des variables temporelles de la parole pour chaque patient et moyenne des participants contrôles sains. Les lignes grisées correspondent aux patients présentant un écart supérieur à 2 écarts-types pour au moins une variable.

Pour les 4 patients présentant un profil de parole atypique, le nombre de pauses est plus important chez les patients **01** (zscore = 2,31), **03** (zscore = 2,04) et **05** (zscore : 3,82). Ce dernier a aussi une durée de pauses plus longues (zscore : 5,04). Parmi leurs pauses, quasiment la moitié sont *non syntaxiques*, et peuvent être associées à des disfluences :

- Patient **01** : 42 pauses dont 19 *non syntaxique*.
- Patient **03** : 40 pauses dont 17 *non syntaxique*.
- Patient **05** : 53 pauses dont 33 *non syntaxique* (cf. exemple 1).

Le patient **03** a une baisse du nombre de syllabes (zscore = - 4,49), associée à une omission de 10 mots. A l'inverse, les patients **02** et **05** ont un nombre de syllabes supérieur (zscore = 5,39 ; 3,82) à

celui des locuteurs contrôles, correspondant respectivement à 14 et 19 syllabes répétées, associées à des disfluences (pour ces deux patients, n=7).

Le débit de parole et d'élocution est plus lent chez les patients **01** (zscore = -2,02 ; -2,63), **03** (zscore = -2 ; -2,80) et **05** (zscore : -2,31).

Le temps de parole et d'élocution est plus long chez les patients **01** (zscore = 2,57 ; 2,83), **03** (zscore = 2,22 ; 2,64) et **05** (zscore : 4,21 ; 2,65).

Exemple 1. Transcription d'un extrait du patient **05** :

Les chè- # (pause : 0.478 sec, *non syntaxique*) les chèvres s'ennuient chez moi # (pause : 0.409 sec) je n'en garderai # (pause : 0.698 sec, *non syntaxique*) pas # (pause : 0.490 sec, *non syntaxique*) une # (pause : 0.492 sec, *non syntaxique*) pas une # (pause : 1.308 sec) cependant # (pause : 0.390 sec) il ne # (pause : 0.350 sec, *non syntaxique*) il ne se découragea # (pause : 0.376 sec, *non syntaxique*) pas.

3 Discussion

L'objectif de cette étude est d'apporter une description acoustique de l'organisation temporelle de la parole dans la DGP. Si les résultats sur l'ensemble des sujets montrent qu'il n'existe aucune différence significative entre les participants contrôles sains et les patients présentant une DGP, l'examen individuel des patients révèle des profils dysarthriques spécifiques. Ainsi, quatre patients présentent une altération importante d'au moins un paramètre rythmique de la parole. Le profil atypique de ces patients est en lien avec l'évaluation clinique du degré de sévérité de la voix (TABLE 2). L'analyse perceptive de Darley et *al.*, (1969, a, b) a caractérisé la dysprosodie dans la DGP comme un excès et une insuffisance prosodique. Nos principaux résultats, relatifs à l'organisation temporelle montrent que le nombre, la durée des syllabes et des pauses ainsi que la localisation de celles-ci sont la conséquence d'une bradylalie (extrême lenteur) (Duez, 2007). Selon Duez (2007), ces modifications de la parole seraient caractérisées par une exagération des patterns rythmiques.

3.1 Exagération de patterns rythmiques

Les patients ont un débit lent, un temps de parole et d'élocution plus long. Cette manifestation bradylalique évoque une insuffisance prosodique. Ces faits de dysrythmie montrent que l'altération de la parole dans la DGP se manifeste par une hyperrhythmie. Par ailleurs, LaBlance et Rutheford (1991) ont mis en évidence un débit respiratoire rapide, des moments d'apnée associés à des dysrythmies et une baisse du volume respiratoire dans la DGP. Nos résultats sont en accord avec ces manifestations physiologiques, dans le sens où elles peuvent contribuer, du moins partiellement, aux altérations de débit de parole et d'élocution.

3.2 Désorganisation temporelle de la parole

Par ailleurs, pour les patients les plus atteints, la proportion de pauses non syntaxiques a tendance à augmenter. Ces pauses peuvent être associées à des disfluences telles que des répétitions et/ou des reformulation de mots qui contribuent à augmenter le nombre de syllabes tandis que les omissions de mots, à l'inverse, contribuent à le baisser. Ces caractéristiques peuvent rendre compte d'une modification de la structure superficielle et d'une désorganisation temporelle de la parole (Duez, 2007). Ainsi, le profil des pauses dans la parole pathologique pourrait être la marque de troubles moteurs comme cognitifs (Duez, 2007). Les patterns de pauses observées chez nos patients pourraient

être le reflet d'altérations non exclusivement restreintes à des répercussions motrices de la DGP. Leur position, considérée comme non syntaxique, pourrait être un indicateur de déficits langagiers.

3.3 Modélisation de la production de la parole

La définition de la dysarthrie correspond à un déficit de l'exécution motrice de la parole, associé à une lésion du système nerveux central et/ou périphérique (Darley et *al.*, 1969, a, b). Souvent la dysarthrie n'est étudiée que sous les aspects moteurs. Pourtant, notre étude montre une désorganisation temporelle de la parole dans la DGP. Ces faits de dysrythmie ne semblent pas être exclusivement liés à des altérations motrices. En effet, d'autres études ont progressivement considéré l'implication des aspects non-moteurs dans la production de la parole. Le modèle GODIVA (Gradient Order Directions Into Volocities of Articulators, Guenther, 1994 ; Guenther & Hickok, 2015) intègre une boucle d'exécution et de planification motrice. Une des originalités de ce modèle est la prédiction de la nature et de la position des disfluences, ce qui est un aspect important pour améliorer le traitement automatique de la parole dysarthrique (Laaridh et al., 2016). Le modèle ACT (Vocal Tract ACTion), quant à lui, considère les noyaux gris centraux comme impliqués dans le contrôle et la correction d'actions motrices (Kröger et al., 2009). En ce qui concerne les modèles neurolinguistiques du rythme, il est aussi important de considérer le modèle SEP (Sound Enveloppe Processing et Synchronization and Entrainment to a pulse ; Fujii & Wan, 2014), qui attribue aux noyaux gris centraux une place importante dans la production du rythme de la parole.

4 Conclusion et perspectives

Afin d'enrichir cette description de la dysarthrie hyperkinétique dans la DGP, il est nécessaire de proposer une analyse approfondie de la prosodie. Dans ce cadre, il faut tenir compte de l'hétérogénéité inter-individuelle et d'avoir recours à une analyse acoustique individuelle de la parole. En effet, la variabilité de l'atteinte de la parole peut s'expliquer par la sévérité du trouble, l'évolution de la maladie et la localisation du dysfonctionnement neurologique (Tripoliti, 2007). Par ailleurs, alors que la dysarthrie est considérée comme un défaut d'exécution motrice de la parole, il serait intéressant d'investiguer l'implication d'autres fonctions comme la planification de la parole. Les répercussions de la dysarthrie devraient-elles être restreintes à des altérations motrices ou bien impliquer également des altérations non-motrices ? Notre étude cherche à apporter des éléments de réponse à cette question fondamentale et notre contribution acoustique bien que préliminaire est essentielle dans la mesure où il existe très peu d'études sur la parole dans la DGP. Pour aller plus loin, nous avons pour objectif d'étudier l'organisation des prééminences, la localisation des pauses et des disfluences au sein des syntagmes accentuels. Ils sont autant d'indicateurs susceptibles d'être altérés par la DGP.

Références

- Albanese, A., Bhatia, K., Bressman, S. B., DeLong, M. R., Fahn, S., Fung, V. S. C., ... Teller, J. K. (2013). Phenomenology and classification of dystonia: A consensus update. *Movement Disorders*, 28(7), 863–873. <https://doi.org/10.1002/mds.25475>
- Burke, R., Fahn, S., Marsden, CD., Bressman, SB., Moskowitz, C., Friedman, J. (1985). Validity and reliability of a rating scale for the primary torsion dystonias. *Neurology*, 35(1), 73 - 77.
- Darley, F. L., Aronson, A. E., & Brown, J. R. (1969, a, b). Differential diagnostic patterns of dysarthria. *Journal of Speech and Hearing Research*, 12(2), 246–269. <http://doi.org/10.1044/jshr.1202.246>
- Defazio, G. (2010). The epidemiology of primary dystonia: Current evidence and perspectives. *European Journal of Neurology*, 17(SUPPL. 1), 9–14. <https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2010.03053.x>
- Duez, D (2007). Proposition pour une typologie et une évaluation acoustique des faits de dysprosodie. Dans Auzou P., Rolland-Monnoury V., Pinto, S. & Ozsancak C., (dir.), *Les dysarthries* (1^{ère} ed., vol. 1, p. 270-279). Marseille : Solal.
- Duez, D (2007). Prosodie et rythme. Dans P. Auzou, V. Rolland-Monnoury, C. Ozsancak, (dir.), *Les dysarthries* (1^{ère} éd., vol. 1, p. 181-188). Marseille: Solal.
- Fujii, S., & Wan, C. Y. (2014). The Role of Rhythm in Speech and Language Rehabilitation: The SEP Hypothesis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(October), 1–15. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00777>
- Galaz, Z., Mekyska, J., Mzourek, Z., Smekal, Z., Rektorova, I., Eliasova, I., ... Berankova, D. (2015). Prosodic analysis of neutral, stress-modified and rhymed speech in patients with Parkinson's disease. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 127, 301–317. <http://doi.org/10.1016/j.cmpb.2015.12.011>
- Guenther, F. H. (1994). A neural network model of speech acquisition and motor equivalent speech production. *Biological Cybernetics*, 72(1), 43–53. <http://doi.org/10.1007/BF00206237>
- Guenther, Frank H. (2015). Role of the auditory system in speech production. *Handbook of clinical neurology*, 129, 161–175. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62630-1.00009-3>
- Hendrix, C. M., & Vitek, J. L. (2012). Toward a network model of dystonia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1265(1), 46–55. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2012.06692.x>
- Hirano, M. (1981). Psycho-acoustic evaluation of voice: GRBAS scale for evaluating the hoarse voice. *Clinical Evaluation of Voice*, Springer Verlag, Wien.
- Kent, R. D., Weismer, G., Kent, J. F., Vorperian, H. K., & Duffy, J. R. (1999). Acoustic studies of dysarthric speech: Methods, progress, and potential. *Journal of Communication Disorders*, 32(3), 141–186. [https://doi.org/10.1016/S0021-9924\(99\)00004-0](https://doi.org/10.1016/S0021-9924(99)00004-0)
- Kröger, B. J., Kannampuzha, J., & Neuschaefer-Rube, C. (2009). Towards a neurocomputational model of speech production and perception. *Speech Communication*, 51(9), 793–809. <http://doi.org/10.1016/j.specom.2008.08.002>
- LaBlance, G. R., & Rutherford, D. R. (1991). Respiratory dynamics and speech intelligibility in speakers with generalized dystonia. *Journal of Communication Disorders*, 24(2), 141–156. [https://doi.org/10.1016/0021-9924\(91\)90018-E](https://doi.org/10.1016/0021-9924(91)90018-E)

- Laaridh, I., Fredouille, C., & Meunier, C. (2016). Détection automatique d'anomalies sur deux styles de parole dysarthrique : parole lue vs spontanée. *J.E.P.* 2016, 1(August), 229–237.
- Lehericy, S., Tijssen, M. A. J., Vidailhet, M., Kaji, R., & Meunier, S. (2013). The anatomical basis of dystonia: Current view using neuroimaging. *Movement Disorders*, 28(7), 944–957. <https://doi.org/10.1002/mds.25527>
- Ricciardi, L., Ebreo, M., Graziosi, A., Barbuto, M., Sorbera, C., Morgante, L., & Morgante, F. (2016). Speech and gait in Parkinson's disease: When rhythm matters. *Parkinsonism and Related Disorders*, 32, 42–47. <http://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2016.08.013>
- Skodda, S., Flasskamp, A., & Schlegel, U. (2010). Instability of syllable repetition as a model for impaired motor processing: Is Parkinson's disease a "rhythm disorder"? *Journal of Neural Transmission*, 117(5), 605–612. <http://doi.org/10.1007/s00702-010-0390-y>
- Tripoliti, E. (2007). Parole et dystonies. Dans P. Auzou, V. Rolland-Monnoury, C. Ozsancak, (dir.), *Les dysarthries* (1^{ère} éd., vol. 1, p. 415-421). Marseille : Solal.
- Vercueil, L. (2007). Les dystonies. Dans P. Auzou, V. Rolland-Monnoury, C. Ozsancak, (dir.), *Les dysarthries* (1^{ère} éd., vol. 1, p. 407-414). Marseille: Solal.
- Vitek, J. L. (2002). Pathophysiology of dystonia: A neuronal model. *Movement Disorders*, 17(S3), S49–S62. <https://doi.org/10.1002/mds.10142>
- World Medical Association General Assembly, Declaration of Helsinki, Amendment, (2004).