

Impact de la maladie de Parkinson sur les paramètres acoustiques de la prosodie : une revue systématique et une méta-analyse bayésienne



SCALab
SCIENCE COGNITIVE ET SCIENCE AFFECTIVE



Université
de Lille

AARHUS
UNIVERSITY

anr®

Jules FUMEL
Delphine BAHUAUD
Ethan WEED
Riccardo FUSAROLI
Anahita BASIRAT

Introduction

- Maladie de Parkinson (MP) : deuxième pathologie neurodégénérative la plus fréquente
 - Dégénérescence des neurones à dopamine au niveau des ganglions de la base
 - Contrôle de nombreuses fonctions dont le contrôle des mouvements
- Conséquences sur la parole, nommée dysarthrie hypokinétique (DH) avec une insuffisance prosodique :
 - Perte d'intensité vocale
 - Monotonie
 - Perturbation rythmique

Introduction

- Ampleur des modifications de la parole ainsi que la quantification des effets induits par l'atteinte des ganglions de la base restent à déterminer (Van Lancker-Sidti et al., 2006)
- Objectif de l'étude
 - Examiner de manière fiable, en se basant sur des paramètres acoustiques et sous forme d'une méta-analyse bayésienne, l'effet de la MP sur l'expression de la prosodie

Avantage d'une méta-analyse bayésienne

- Avantage générale de la Méta-analyse (Wang et al., 2021)
 - Améliorer la précision des estimations d'effet (faible taille d'échantillon)
 - Détecter plus facilement des effets faibles mais cliniquement significatifs
- Avantage d'une méta-analyse bayésienne
 - Permet d'intégrer des connaissances a priori sur le modèle (ex. informations préalables, incertitude, hétérogénéité des données)

Méthode

- Revue de littérature

- Recherche systématique dans *PubMed*, *PsycINFO* et *Web of science*

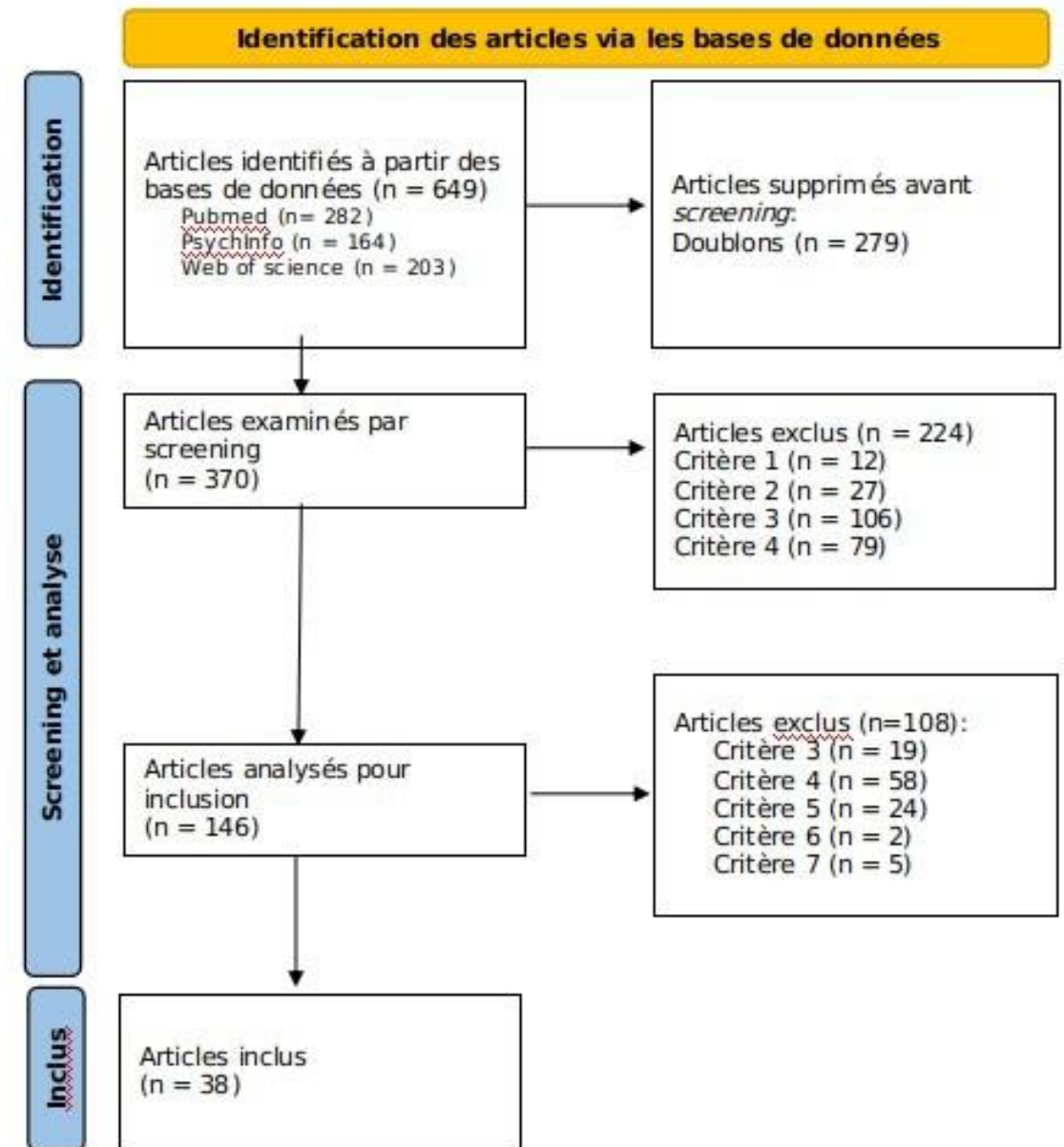
- (prosody OR intonation OR inflection OR intensity OR pitch OR fundamental frequency OR speech rate OR rhythm) AND (parkinson's disease OR spinocerebellar ataxia) AND (acoustic)

- 649 articles, dont 279 doublons

- Screening et Analyse

- 224 et 108 articles exclus

- Au final : 38 articles



Méthode

- Comparaison des scores (moyenne et ET) individus atteints de la MP / sujets contrôles
 - Fréquence fondamentale (F0)
 - Variabilité de la F0
 - Intensité
 - Variabilité de l'intensité
 - Débit de parole (vitesse d'élocution et vitesse de d'articulation)
 - Durée des pauses
 - Ratio pause/parole
- Matériel linguistiques et tâche utilisés
 - Production de parole uniquement, exclusion d'épreuves type voyelle tenue
 - Etude de la prosodie linguistique uniquement, exclusion prosodie émotionnelle

Méthode

- Nombre de participants dans chaque groupe, moyenne d'âge des participants et le genre
- Pour les sujets atteints de la MP, récolte d'informations supplémentaires : type de traitement et durée depuis l'apparition des premiers symptômes

Article_ID	Article_aut hors	Language	Task	Utterance_ characteristics	Measure	Feature	Unit	Gender	Duration- since-1st- symptomes or diagnosis (years)	Sympt_Duration-DS (years)	Treatment_type	NDP_N	NDP-N-F	NDP-N-M	NDP_Age	NDP_Age_SD	NDP_V_Me an	NDP_V_SD
33	Tjaden et al 2018	English	sentence reading	speech runs	articulation rate	Articulation_rate	syll/s	FM	9	10.8	standard medication	10	5	5	68	8.2	3.9	0.58

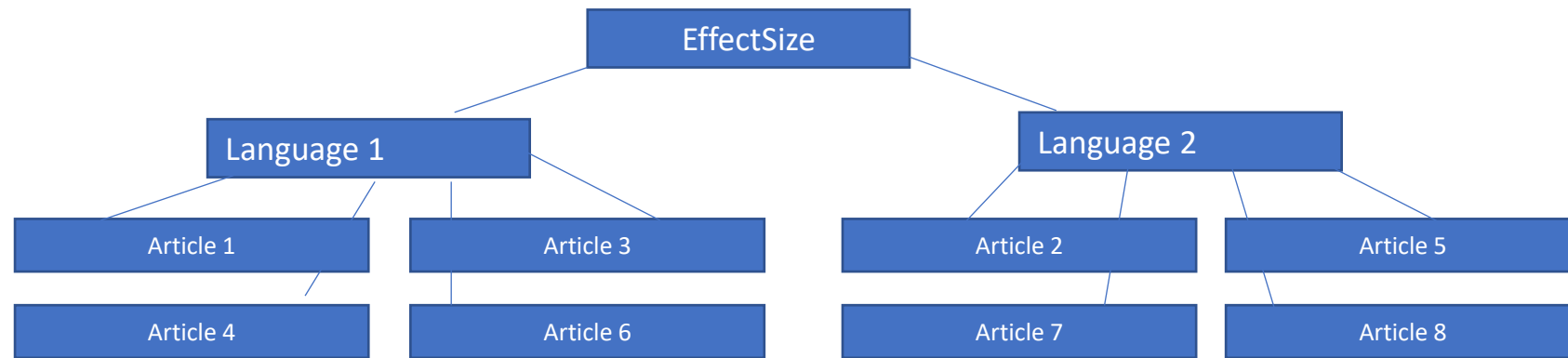
Méthode

- Analyse statistique

- Nous avons estimé les tailles d'effet en utilisant des modèles de régression hiérarchique bayésienne (ex. Weed & Fusaroli, 2020)
 - 38 articles et 176 tailles d'effet
- Pour chaque combinaison de mesure acoustique et de tâche, les tailles d'effet (*g de Hedges*) ont été calculées
 - $(\text{Moyenne Groupe MP} - \text{Moyenne Groupe Contrôle}) / \text{écart-type combiné des deux groupes}$
- Analyse des moyennes standardisées pour chacun des 8 modèles
- Estimation de la taille d'effet agrégée des différents paramètres acoustiques pour l'ensemble des études

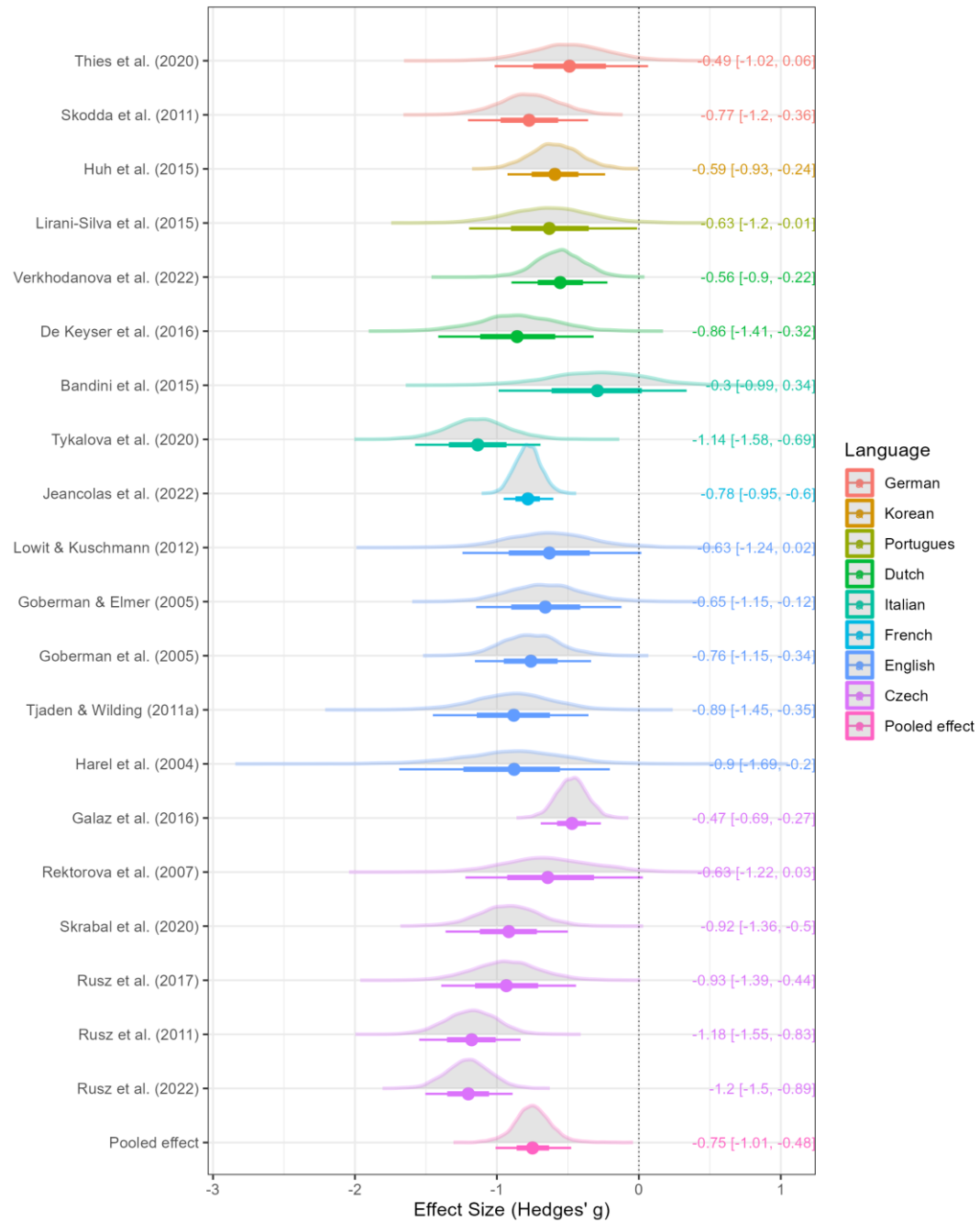
Modèle R

- Formule : $\text{EffectSize} \mid \text{se}(\text{StandardError}) \sim 1 + (1 \mid \text{Language}/\text{Article_authors})$



- Lecture des résultats, ex : Taille d'effet de -0.75 (IC 95% = [-1.01, -0.48] ; evidence ratio = Inf ; credibility = 100%)
 - IC : Intervalle de crédibilité utilisé pour quantifier l'incertitude autour d'une estimation d'effet
 - Evidence ratio fournit le rapport de vraisemblance en faveur d'une hypothèse
 - Credibility : le score de crédibilité fait référence au pourcentage d'échantillons postérieurs allant dans le sens de l'hypothèse étudiée

Forest plot for studies on F0 variability



Résultats

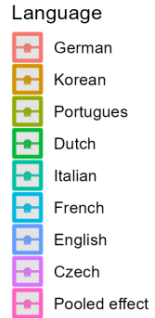
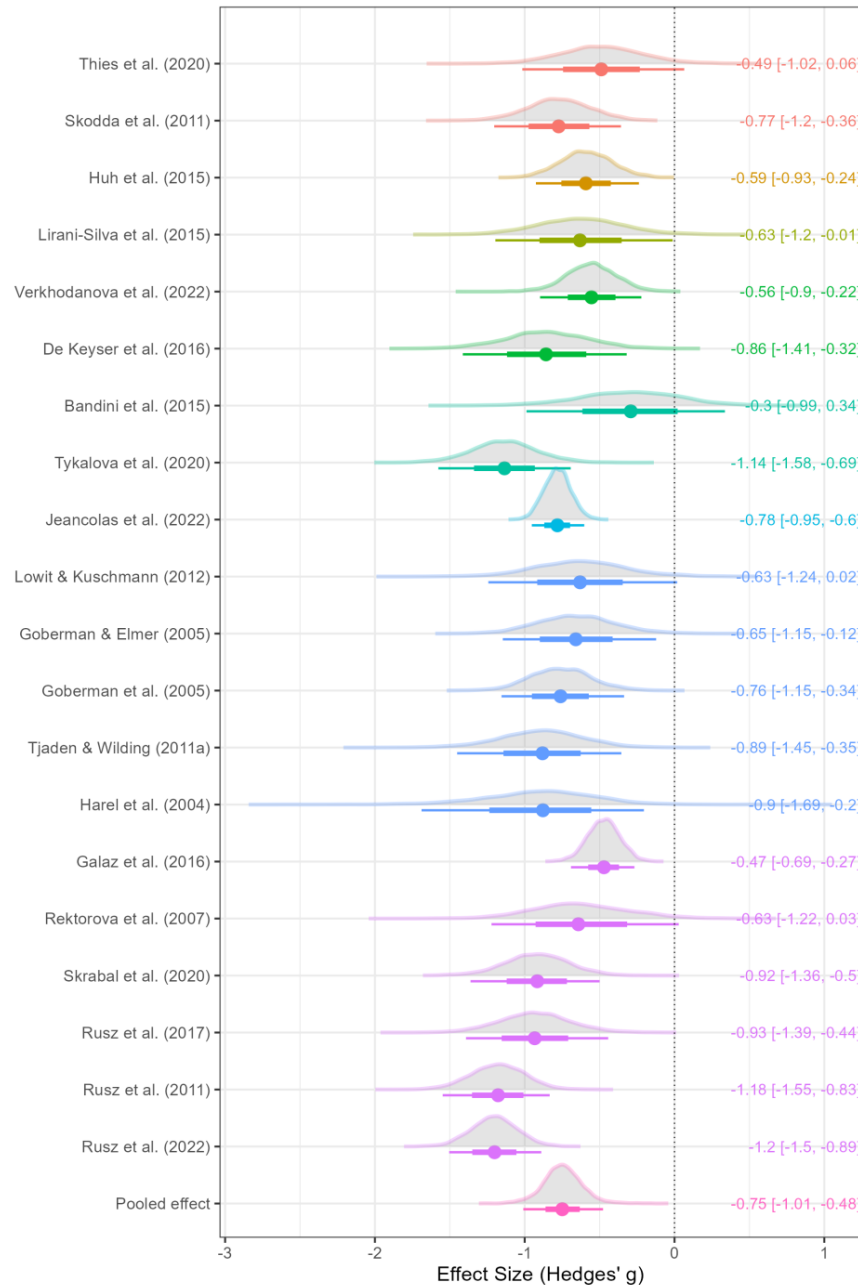
Monotonie

Perturbation rythmique

Perte d'intensité vocale

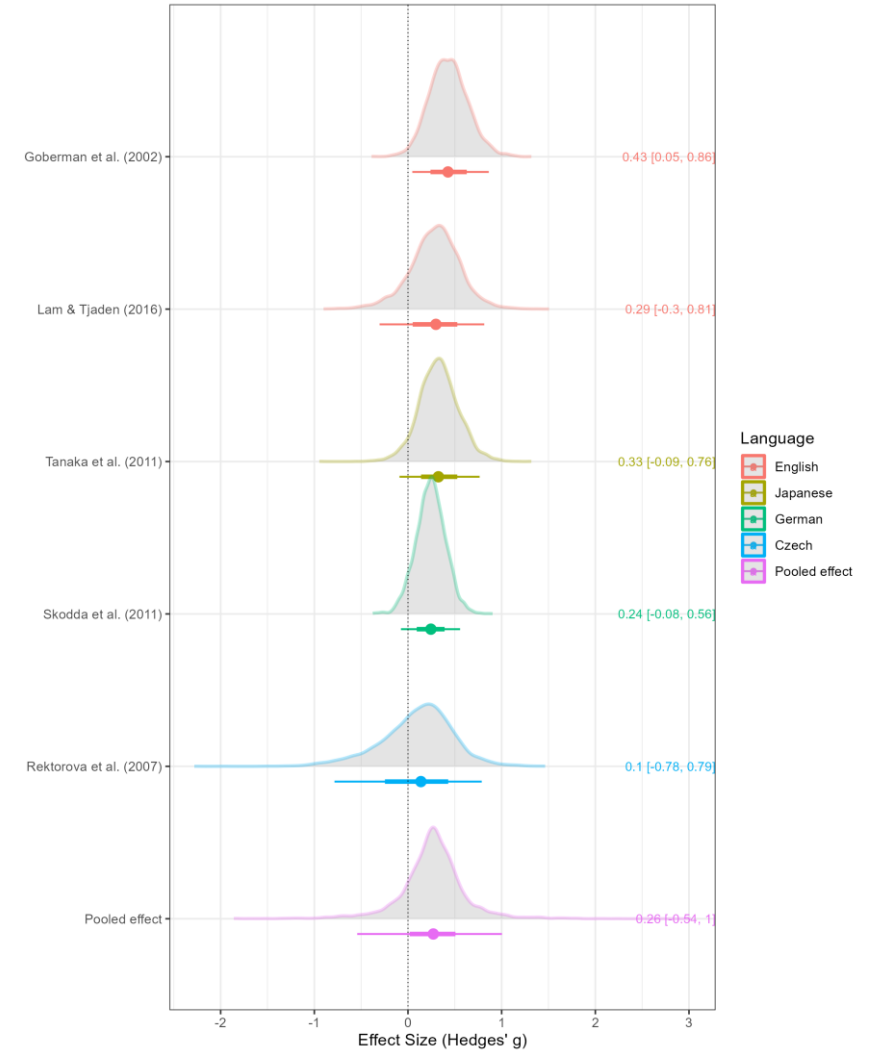
Paramètre acoustique	Nb d'articles	Nb de taille d'effet	Estimation de la taille d'effet	Evidence ratio	Score de crédibilité	Estimation de l'intervalle de crédibilité
Moyenne de F0	5	14	0.26	5.43	84 %	[-0.54 ; 1]
Variation de F0	20	47	- 0.75	Infini	100 %	[-1.01 ; -0.48]
Intensité moyenne	14	19	- 0.29	10.24	91 %	[-0.79 ; 0.23]
Variation d'intensité	13	22	- 0.34	11.46	92 %	[-0.87 ; 0.21]
Durée des pauses	9	20	0.49	41.11	98 %	[0.01 ; 0.94]
Ratio pause/parole	5	11	0.38	2.91	74 %	[-1.2 ; 2.09]
Vitesse d'élocution	11	19	- 0.38	9.61	91 %	[- 1.03 ; 0.28]
Vitesse d'articulation	14	24	- 0.23	3.03	75 %	[-1.11 ; 0.51]

Forest plot for studies on F0 variability



Paramètre acoustique	Nb d'articles	Nb de taille d'effet	Estimation de la taille d'effet	Evidence ratio	Score de crédibilité	Estimation de l'intervalle de crédibilité
Moyenne de F0	5	14	0.26	5.43	84 %	[-0.54 ; 1]
Variation de F0	20	47	- 0.75	Infini	100 %	[-1.01 ; -0.48]

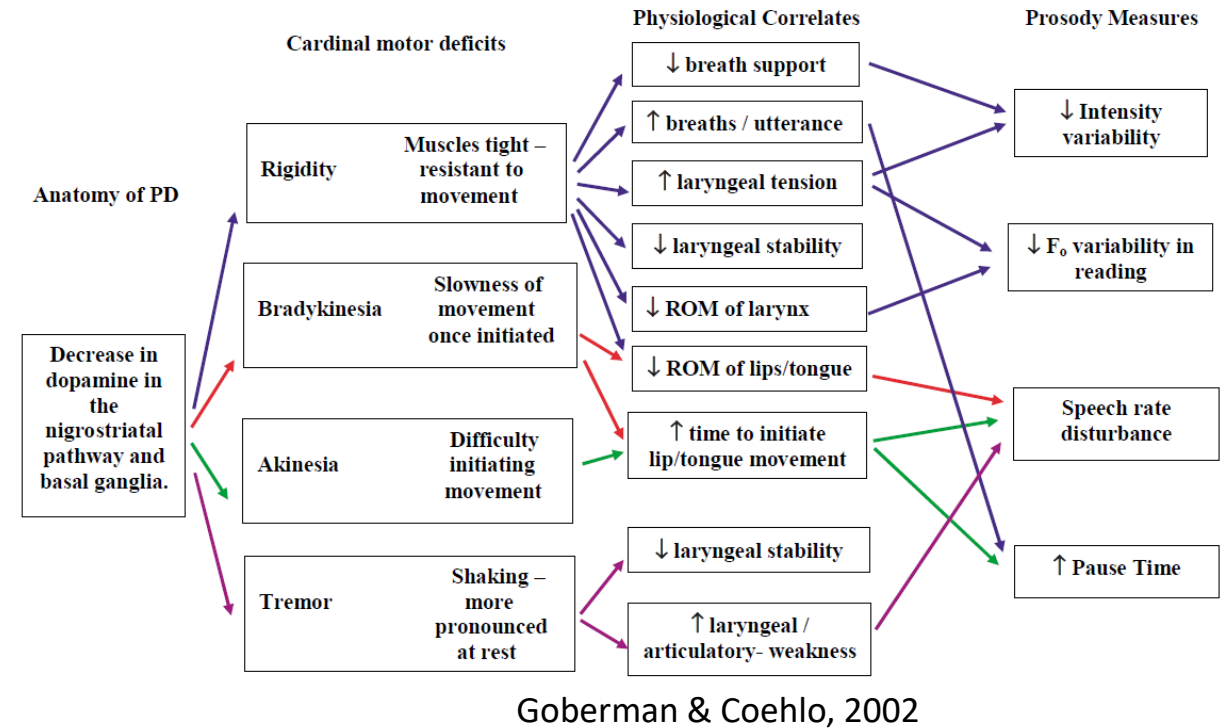
Forest plot for studies on F0



Résultats F0

- Variation F0 :
 - Augmentation de la rigidité
 - Altération du contrôle de la musculature laryngée
 - Diminution de variation

Paramètre acoustique	Nb d'articles	Nb de taille d'effet	Estimation de la taille d'effet	Evidence ratio	Score de crédibilité	Estimation de l'intervalle de crédibilité
Moyenne de F0	5	14	0.26	5.43	84 %	[-0.54 ; 1]
Variation de F0	20	47	- 0.75	Infini	100 %	[-1.01 ; -0.48]



Résultats F0

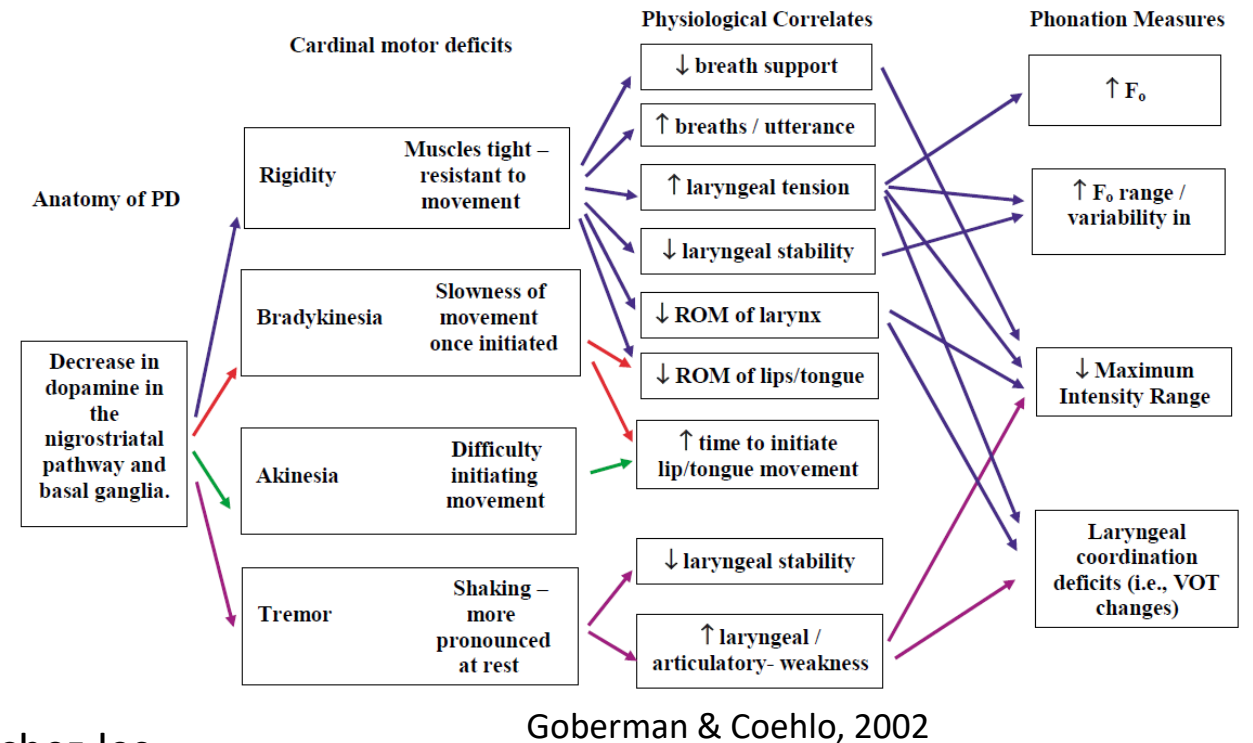
Paramètre acoustique	Nb d'articles	Nb de taille d'effet	Estimation de la taille d'effet	Evidence ratio	Score de crédibilité	Estimation de l'intervalle de crédibilité
Moyenne de F0	5	14	0.26	5.43	84 %	[-0.54 ; 1]
Variation de F0	20	47	- 0.75	Infini	100 %	[-1.01 ; -0.48]

• Variation F0 :

- Augmentation de la rigidité
- Altération du contrôle de la musculature laryngée
- Diminution de variation

• F0 moyenne :

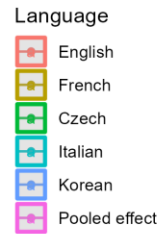
- Influence de l'âge et du genre :
 - Hausse moyenne chez les hommes, baisse chez les femmes (Hixon, 2008)
 - Aggravation perturbation F0 avec l'évolution de la maladie (Jeancolas et al., 2016)



Forest plot for studies on pause duration



Paramètre acoustique	Nb d'articles	Nb de taille d'effet	Estimation de la taille d'effet	Evidence ratio	Score de crédibilité	Estimation de l'intervalle de crédibilité
Durée des pauses	9	20	0.49	41.11	98 %	[0.01 ; 0.94]
Ratio pause/parole	5	11	0.38	2.91	74 %	[-1.2 ; 2.09]



Résultats Pause

Paramètre acoustique	Nb d'articles	Nb de taille d'effet	Estimation de la taille d'effet	Evidence ratio	Score de crédibilité	Estimation de l'intervalle de crédibilité
Durée des pauses	9	20	0.49	41.11	98 %	[0.01 ; 0.94]
Ratio pause/parole	5	11	0.38	2.91	74 %	[-1.2 ; 2.09]

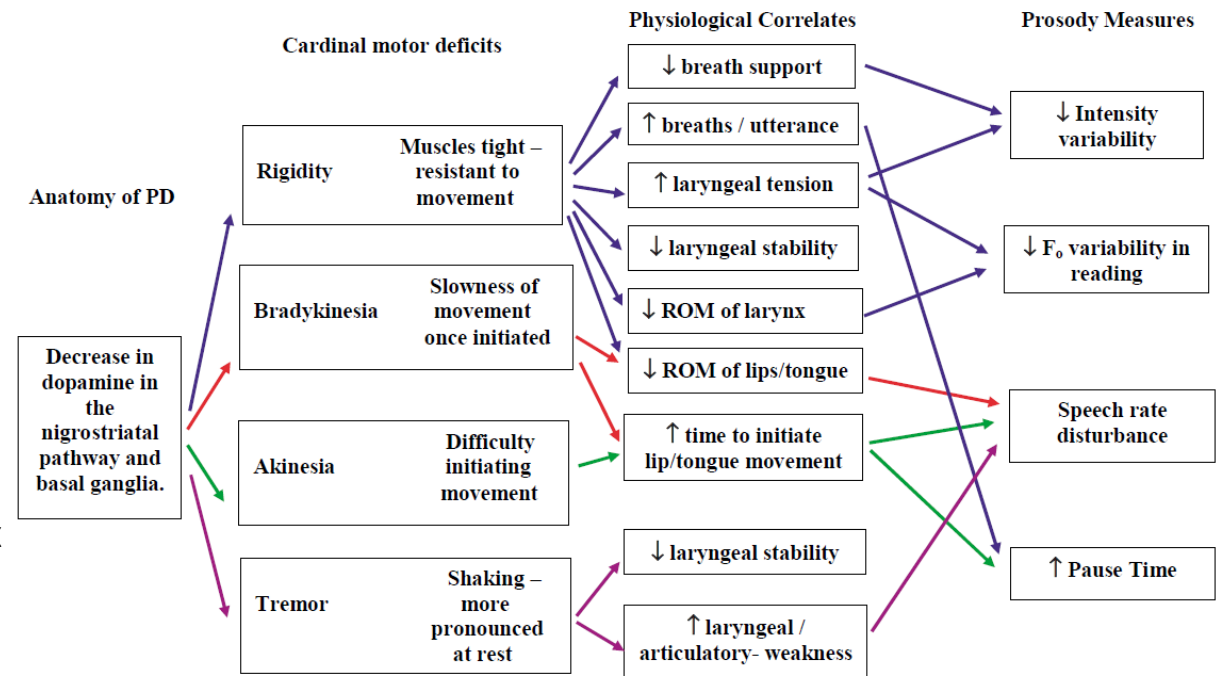
- **Durée des pauses**

- Rigidité et Akinésie

- **Troubles de plus haut niveau**

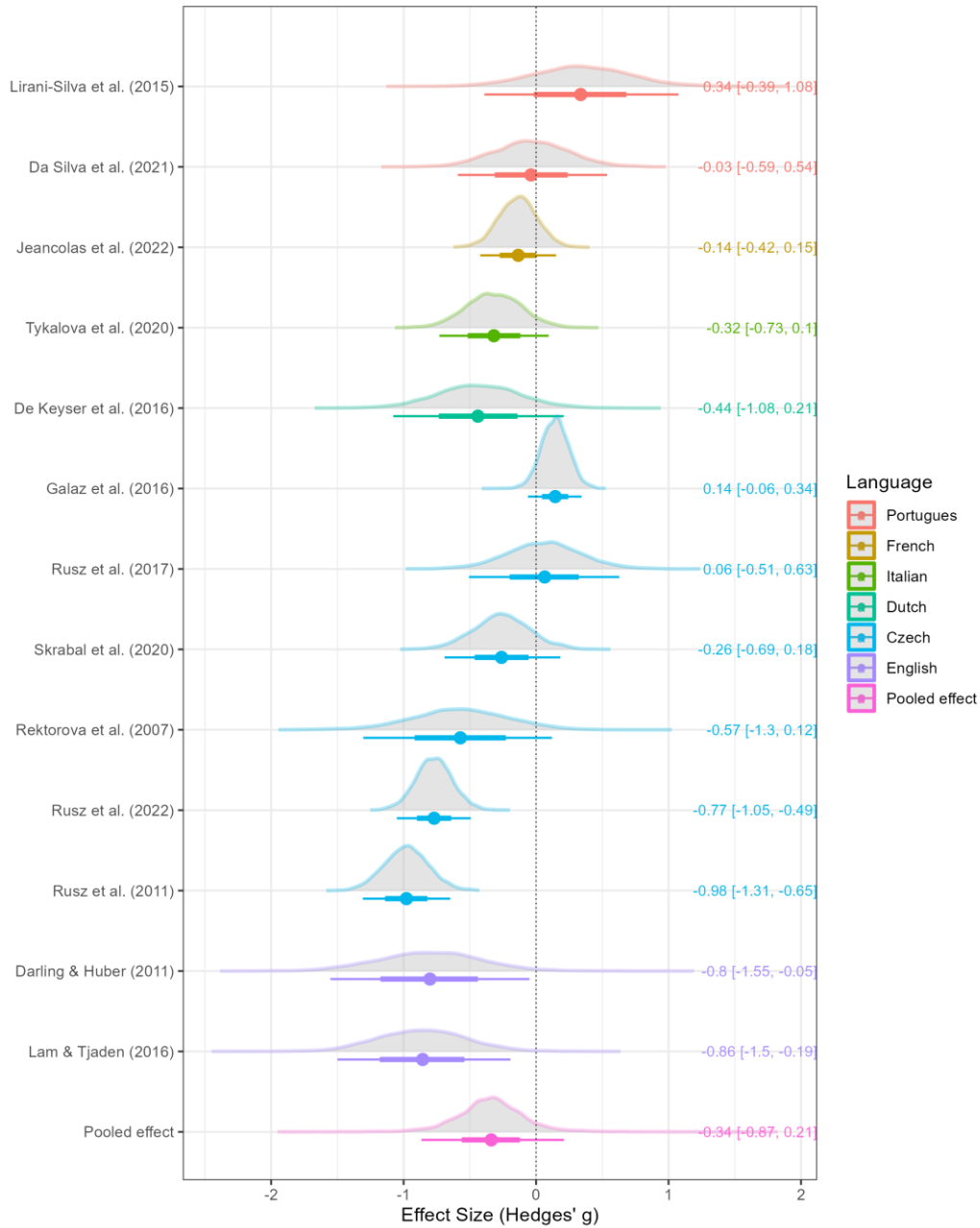
- Exemples:

- Atteinte de niveaux conceptuels et lexicaux impliqués dans la production de mots (Camerino et al., 2022)
- Fluence verbale diminuée tout comme performances à des tâches de dénomination ou de flexions verbales
- Diminution des feedbacks communicationnels dans une épreuve matching task (Basirat et al., 2021)



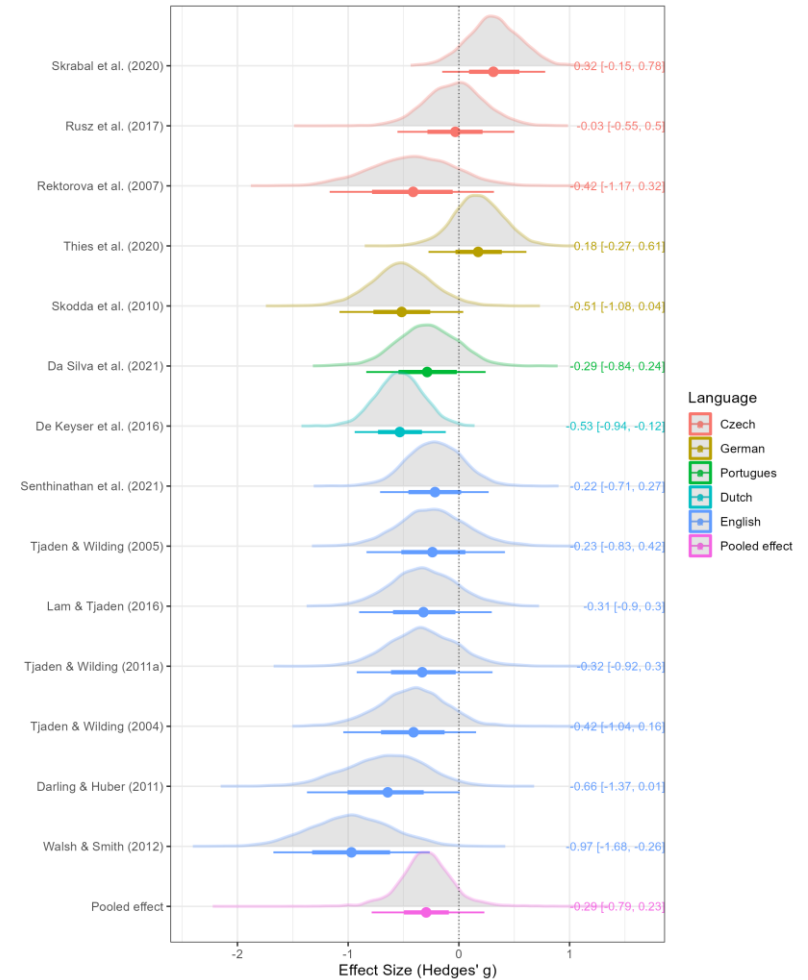
Goberman & Coehlo, 2002

Forest plot for studies on intensity variability



Paramètre acoustique	Nb d'articles	Nb de taille d'effet	Estimation de la taille d'effet	Evidence ratio	Score de crédibilité	Estimation de l'intervalle de crédibilité
Intensité moyenne	14	19	- 0.29	10.24	91 %	[-0.79 ; 0.23]
Variation d'intensité	13	22	- 0.34	11.46	92 %	[-0.87 ; 0.21]

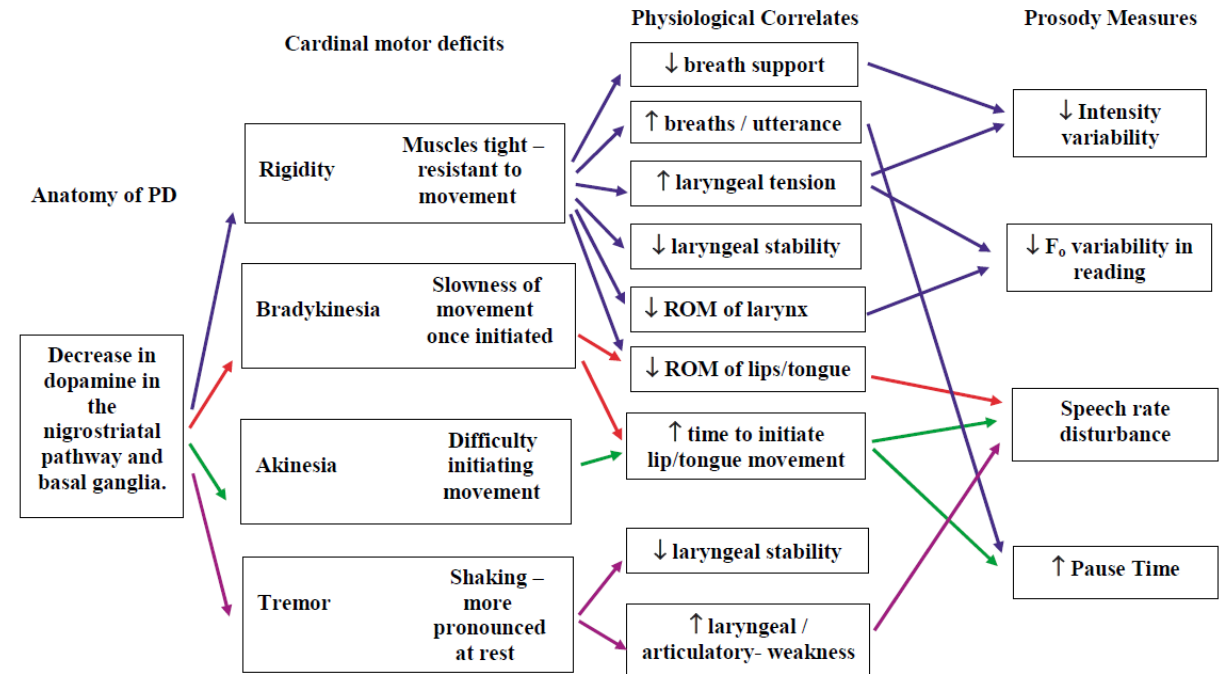
Forest plot for studies on intensity



Résultats Intensité

Paramètre acoustique	Nb d'articles	Nb de taille d'effet	Estimation de la taille d'effet	Evidence ratio	Score de crédibilité	Estimation de l'intervalle de crédibilité
Intensité moyenne	14	19	-0.29	10.24	91 %	[-0.79 ; 0.23]
Variation d'intensité	13	22	-0.34	11.46	92 %	[-0.87 ; 0.21]

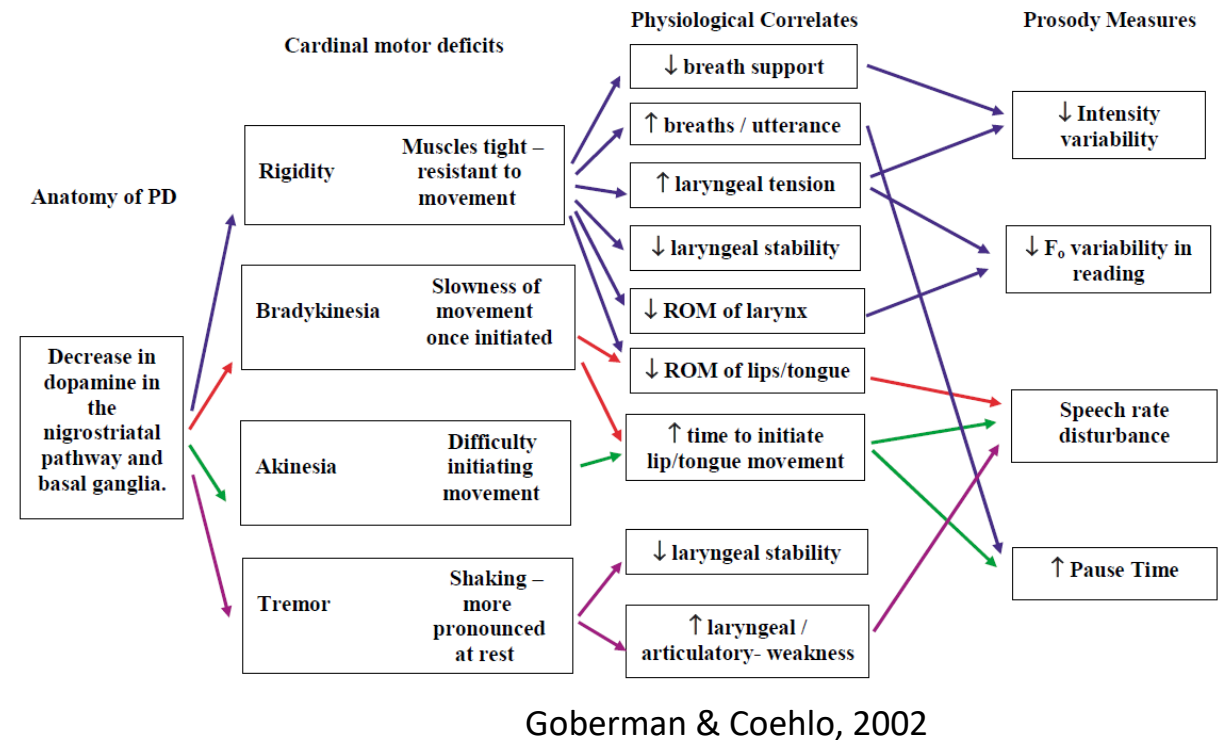
- Perceptivement élément qui ressort en premier chef
- L'objectivation par des mesures acoustiques de la monotonie d'intensité n'est pas toujours retrouvée (Pinto et al., 2010)
- Facteurs autre qu'acoustique



Goberman & Coehlo, 2002

Résultats

- Ces éléments soutiennent l'idée de la nécessité d'utiliser des mesures objectives via des outils de traitement acoustique
- Intérêt de définir des sous-types cliniques en fonction du symptôme dominant (Kang et al., 2005)



Mécanismes neurocognitifs sous-jacents

- Troubles de la parole dans la MP dus à des mécanismes allant au-delà du système dopaminergique des ganglions de la base
 - Troubles de la parole résistants aux traitements type L-Dopa ou Deep Brain Stimulation (DBS) (Skodda, 2012)
 - DH, avec DBS associée, à des anomalies fonctionnelles dans les noyaux gris centraux, le cortex moteur et le cervelet, ainsi qu'à un recrutement accru des cortex prémoteurs et préfrontaux pendant la production de la parole (Pinto et al., 2004)
- Rôle du cervelet, notamment dans l'organisation temporelle parole
 - Comparer les données acoustiques de la DH et de la dysarthrie ataxique
 - 4 articles relevés lors de notre recherche systématique

Mécanismes neurocognitifs sous-jacents

- Ce que nous apprend l'imagerie en prosodie émotionnelle
 - L'expression d'émotions à partir de non-mots active la zone des ganglions de la base, les variations d'activation portant sur d'autres zones cérébrales (Mitchell et al., 2016)
 - Corrélation significative entre la dysarthrie hypokinétique et le mécanisme pathologique de la MP (Arnold et al., 2014)
 - La dysarthrie hypokinétique proviendrait d'un dysfonctionnement de la boucle motrice des noyaux gris centraux qui provoquerait des déficiences dans la régulation de l'amplitude, de l'initiation et de la vitesse du mouvement

Limites

- Etude portant sur les aspects acoustiques constituant la prosodie, pas sur la fonction prosodique en tant que telle
 - Nécessité de définir s'il y a une atteinte de la fonction prosodique elle-même dans la MP ou si cette fonction subit les conséquences de causes physiologiques
- Effet de la tâche
 - Lecture : diminution de la dimension écologique de la situation de parole, performances des individus dysarthriques meilleures qu'en parole spontanée (Kempler & van Lancker, 2002 ; Lowit et al. 2018 ; Aichert et al. 2019)

Limites

- Effet de la langue
 - Débit de parole varie entre les langues (Coupé et al., 2019)
 - Effet sur la fréquence fondamentale (Pépiot, 2014 ; Pépiot et Arnold, 2018)

- Effet âge et durée de la maladie

	Variation de F0	Durée des pauses
Âge moyen des patients	65,67 ans	63,84 ans
Durée moyenne de la maladie	7 ans	3,5 ans

- Absence de consensus sur la terminologie et la construction des paramètres
 - Articulation rate construit différemment avec temps de pause variables selon les articles traités

Perspectives

- Etendre l'étude à d'autres pathologies touchant les ganglions de la base ou à d'autres zones jouant un rôle dans l'expression prosodique comme le cervelet (Weed & Fusaroli, 2020)
- Intégration des patients en phase OFF ou avec stimulation cérébrale profonde pourrait permettre de comparer les effets du traitement sur la réalisation prosodique
 - La majorité des études s'intéressant à l'impact des traitements antiparkinsoniens sur la voix ou la qualité de la parole est à faible niveau de preuve (Lechien et al., 2018)
- Différencier les individus atteints de la maladie de Parkinson selon la durée des symptômes et la sévérité de la pathologie via le score UPDRS
 - L'altération de la prosodie varie selon le stade de la maladie (Harel et al., 2004)

Merci de votre attention

Références

- Aichert, I., Lehner, K., Falk, S., Späth, M., & Ziegler, W. (2019). Do Patients With Neurogenic Speech Sound Impairments Benefit From Auditory Priming With a Regular Metrical Pattern? *Journal of speech, language, and hearing research : JSLHR*, 62(8S), 3104–3118. https://doi.org/10.1044/2019_JSLHR-S-CSMC7-18-0172
- Arnold, C., Gehrig, J., Gispert, S., Seifried, C., & Kell, C. A. (2013). Pathomechanisms and compensatory efforts related to Parkinsonian speech. *NeuroImage. Clinical*, 4, 82–97. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2013.10.016>
- Basirat, A., Moreau, C., & Knutsen, D. (2021). Parkinson's disease impacts feedback production during verbal communication. *International Journal of Language & Communication Disorders*. 56: 826– 840. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12630>
- Camerino, I., Ferreira, J., Vonk, J. M., Kessels, R. P. C., de Leeuw, F.-E., Roelofs, A., Copland, D., & Piai, V. (2022). Systematic Review and Meta-Analyses of Word Production Abilities in Dysfunction of the Basal Ganglia : Stroke, Small Vessel Disease, Parkinson's Disease, and Huntington's Disease. *Neuropsychology Review*. <https://doi.org/10.1007/s11065-022-09570-3>
- Coupé, C., Mi Oh Y., Dediu D., & Pellegrino F. (2019) Different languages, similar encoding efficiency: Comparable information rates across the human communicative niche. *Sci. Adv.* 5,2594
- Duffy, J. R. (2013). *Motor Speech Disorders : Substrates, Differential Diagnosis, and Management*. Elsevier Mosby.
- Jeancolas, L., Petrovska-Delacrétaz, D., Lehericy, S., & Benali, H. (2016). L'analyse de la voix comme outil de diagnostic précoce de la maladie de Parkinson : État de l'art. *CORESA 2016 : 18e Edition COMpressions et REprésentation des Signaux Audiovisuels, Nancy*, 113-121.
- Goberman, A., Coelho, C., & Robb, M. (2002). Phonatory characteristics of parkinsonian speech before and after morning medication: the ON and OFF states. *Journal of communication disorders*, 35(3), 217–239. [https://doi-org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/10.1016/s0021-9924\(01\)00072-7](https://doi-org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/10.1016/s0021-9924(01)00072-7)
- Guenther, F.H. (2016). *Neural Control of Speech*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Harel, B., Cannizzaro, M., & Snyder, P. J. (2004). Variability in fundamental frequency during speech in prodromal and incipient Parkinson's disease: a longitudinal case study. *Brain and cognition*, 56(1), 24–29. <https://doi-org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/10.1016/j.bandc.2004.05.002>
- Hixon T. J., Weismer G., & Hoit J. D. (2008). Preclinical speech science : Anatomy, physiology, acoustics, and perception. Plural Publishing.
- Kang, G. A., Bronstein, J. M., Masterman, D. L., Redelings, M., Crum, J. A., & Ritz, B. (2005). Clinical characteristics in early Parkinson's disease in a central California population-based study. *Movement disorders : official journal of the Movement Disorder Society*, 20(9), 1133–1142. <https://doi-org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/10.1002/mds.20513>
- Kempler, D., & Lancker, D. V. (2002). Effect of Speech Task on Intelligibility in Dysarthria : A Case Study of Parkinson's Disease. *Brain and Language*, 80(3), 449-464. <https://doi.org/10.1006/brln.2001.2602>

Références

- Lechien J.R., Blecic S., Huet K., Delvaux V., Piccaluga M., Roland V., Harmegnies B., & Saussez S. (2018). Voice quality outcomes of idiopathic Parkinson's disease medical treatment: a systematic review. *Clin Otolaryngol.* 43(3): 882- 903. <https://doi.org/10.1111/coa.13082>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2018.02.005>
- Mitchell, R. L. C., Jazdyk, A., Stets, M., & Kotz, S. A. (2016) *Recruitment of Language-, Emotion- and Speech-Timing Associated Brain Regions for Expressing Emotional Prosody: Investigation of Functional Neuroanatomy with fMRI*. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10 (OCT201). 518-. DOI <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00518>
- Pépiot E., & Arnold A. (2018) Étude des variations de fréquence fondamentale relatives au genre chez des bilingues Anglais/Français. XXIIe Journées d'Études sur la Parole, Jun 2018, Aix-En-Provence, France. pp. 178-186, 10.21437/jep.2018-21. hal-03004728
- Pépiot E. (2014) Male and female speech: a study of mean f0, f0 range, phonation type and speech rate in Parisian French and American English speakers. *Speech Prosody* 7, May 2014, Dublin, Ireland. pp.305-309. halshs-0099933
- Pinto, S., Thobois, S., Costes, N., Le Bars, D., Benabid, A.L., Broussolle, E., Pollak., & Gentil, M. (2004) Subthalamic nucleus stimulation and dysarthria in Parkinson's disease : a PET study, *Brain*, 127, p. 602-615
- 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>
- Skodda, Sabine. (2012). Effect of Deep Brain Stimulation on Speech Performance in Parkinson's Disease. *Parkinson's disease*. 2012. 850596. 10.1155/2012/850596
- Van Lancker Sidsis, D., Pachana, N., Cummings, J. L., & Sidsis, J. J. (2006). Dysprosodic speech following basal ganglia insult : Toward a conceptual framework for the study of the cerebral representation of prosody. *Brain and Language*, 97(2), 135-153. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2005.09.001>
- Wang, X-M, Zhang, X-R, Li, Z-H, Zhong, W-F, Yang, P, Mao, C. (2021). A brief introduction of meta-analyses in clinical practice and research. *J Gene Med*; 23:e3312. <https://doi.org/10.1002/jgm.3312>
- Weed, E., & Fusaroli, R. (2020). Acoustic Measures of Prosody in Right-Hemisphere Damage : A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63(6), 1762-1775. https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-19-00241