



**HAL**  
open science

## Contribution à la modélisation de la phonation parkinsonienne : contraintes physiologiques et linguistiques

Alain Ghio, Marielle Mas, Cécile Grigoli, Céline de Looze, Danièle Robert,  
Celine Mercier, François Viallet

### ► To cite this version:

Alain Ghio, Marielle Mas, Cécile Grigoli, Céline de Looze, Danièle Robert, et al.. Contribution à la modélisation de la phonation parkinsonienne : contraintes physiologiques et linguistiques. Journées d'Etude sur la Parole 30, Jun 2014, Le Mans, France. pp.9. hal-01500723

**HAL Id: hal-01500723**

**<https://hal.science/hal-01500723v1>**

Submitted on 4 Apr 2017

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Contribution à la modélisation de la phonation parkinsonienne : contraintes physiologiques et linguistiques

Alain Ghio<sup>1</sup>, Marielle Mas<sup>2</sup>, Cécile Grigoli<sup>2</sup>, Céline Delooze<sup>1</sup>,  
Danièle Robert<sup>1,2</sup>, Céline Mercier<sup>3</sup>, François Viallet<sup>1,3</sup>

(1) Université d'Aix-Marseille, CNRS, LPL, UMR 7309, Aix-en-Provence, France

(2) Service ORL, CHU de la Timone, Marseille, France

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

alain.ghio@lpl-aix.fr

## RESUME

---

Des caractéristiques importantes de la parole dans la maladie de Parkinson (MDP) sont un trouble phonatoire et/ou une déstructuration mélodique. La fréquence fondamentale (F0) apparaît donc comme un paramètre important à étudier dans ce cadre. Or, la littérature laisse apparaître des résultats contradictoires : élévation, baisse ou pas de différence de F0 dans la MDP par rapport à une population de sujets contrôle. Ces contradictions sont liées à la non prise en compte de modèle de phonation dans la MDP. L'objet de ce travail est donc de fournir un cadre conceptuel et méthodologique permettant d'expliquer les résultats obtenus sur la F0 de 44 locuteurs (29 patients MDP et 15 sujets témoins) notamment en contrôlant des contraintes physiologiques (sexe, âge, état pharmacologique des patients) et linguistiques (tâches de production de parole).

## ABSTRACT

---

An important characteristic of speech in Parkinson's disease (PD) is a vocal disorder and/or a melodic dysfunction. The fundamental frequency (F0) thus appears as an important parameter to study in this context. However, the literature reveals conflicting results: increased, decreased or no difference of F0 in PD speakers compared to healthy speakers. These contradictions are related to a lack of model in PD dysarthria. The purpose of this work is to provide a conceptual and methodological framework to explain the results of 44 speakers (29 patients and 15 control subjects) including physiological constraints (gender, age, pharmacological status of patients) and language constraints (speaking tasks).

MOTS-CLES : dysarthrie, dysphonie, parole parkinsonienne, modèle de production de parole

---

KEYWORDS: dysarthria, dysphonia, Parkinson's Disease Speech, speech production model

---

# 1 Introduction

Le processus de communication parlée est soumis à des contraintes linguistiques et physiologiques aussi bien chez le locuteur que chez l'auditeur. Il est difficile d'appréhender globalement de façon naturelle et spontanée le jeu de contraintes qui opère. L'analyse de la parole en situation dysfonctionnelle est un cadre intéressant dans la mesure où, la plupart du temps, les aspects physiologiques sont perturbés par la maladie et parfois rétablis par compensation spontanée chez le patient ou par des moyens thérapeutiques. Dans cette perspective, le cas de la maladie de Parkinson (MDP) est un cadre privilégié dans la mesure où (1) la maladie, son avancement et ses symptômes sont bien décrits ; (2) il existe des moyens thérapeutiques comme la prise de L-dopa pour atténuer les symptômes ; (3) les atteintes au niveau de la parole laissent relativement intelligible et autorise ainsi l'analyse, sauf dans les cas très avancés de dysarthrie ; (4) il est relativement facile d'enregistrer de tels patients dans notre cas (Service de neurologie du Dr Viallet, CH du Pays d'Aix, Aix-en-Provence)

## 2 La dysarthrie parkinsonnienne

Dans la maladie de Parkinson (MDP), il est généralement admis que les symptômes prédominants au niveau de la parole sont la dysphonie (trouble phonatoire) et la dysprosodie (trouble mélodique ou rythmique) (Pinto et al., 2010). L'hypophonie, qui consiste en une diminution de l'intensité vocale, est la caractéristique la plus souvent citée et l'intensité SPL apparaît donc comme un paramètre important à mesurer. Mais le trouble phonatoire et/ou la déstructuration prosodique, notamment mélodique, peut surtout être analysé à travers la fréquence fondamentale (F0). Le modèle physiopathologique de Goberman & Coelho (2002) met en relation l'anatomie, les déficits moteurs, les corrélats physiologiques et les mesures observables dans la maladie de Parkinson. Au niveau phonatoire (Figure 1), il prédit notamment une élévation de la F0 consécutive aux tensions laryngées liées à la rigidité parkinsonnienne.

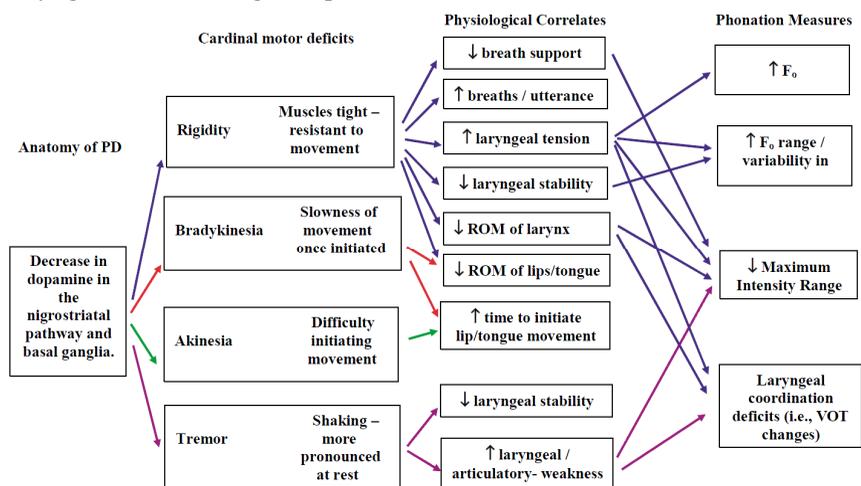


FIGURE 1 – Modèle de phonation parkinsonnienne d'après Goberman & Coelho (2002)

Or, une revue de la littérature sur cette thématique (Robert & Spezza, 2005) complétée par une analyse de publications récentes (Mas & Grigoli, 2012) laisse apparaître des résultats contradictoires sur les changements de la hauteur de voix liés à la MDP : élévation, baisse ou pas de différence de F0 par rapport à une population de sujets contrôle. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces résultats contradictoires :

1. le sexe des locuteurs (il n'est pas certain que les symptômes vocaux liés à la maladie soient identiques chez les hommes et les femmes)
2. l'âge des locuteurs : effet du vieillissement sur la voix et notamment sur la F0 (Fig.2)
3. l'état pharmacologique du patient (avec ou sans traitement à la L-dopa)
4. la tâche de production de parole (voyelle tenue vs lecture vs parole spontanée)

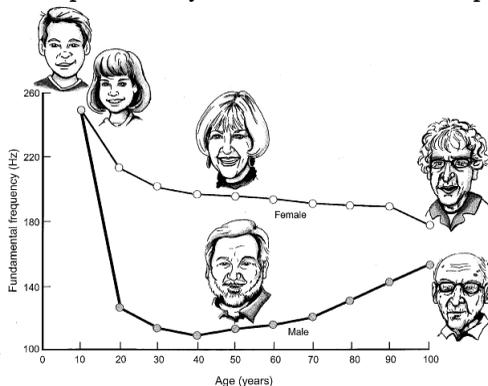


FIGURE 2 – Evolution de la F0 selon l'âge et le sexe (Hixon et al., 2008)

Pour ne prendre en compte que le facteur 'sexe' et 'âge', la Figure 2 illustre parfaitement le fait que mesurer la F0 sur des hommes sains d'environ 40 ans et des locuteurs MDP d'environ 75 ans inclut deux facteurs confondus (tranche d'âge et maladie) pouvant rendre ininterprétables les analyses statistiques : une différence significative entre les groupes serait-elle due à l'âge ou à la maladie ? De même que des contraintes physiologiques peuvent influencer le registre vocal du locuteur, diverses études montrent aussi que le style ou la tâche de parole peut avoir un effet sur le registre moyen. Par exemple, Swertz et al. (1996) ont observé qu'en lecture, la F0 est généralement plus élevée que sur de la parole spontanée.

### 3 Hypothèses et protocole expérimental

Notre étude a consisté à analyser la F0 moyenne de locuteurs sains et MDP en maîtrisant les 4 facteurs précédemment cités. Deux d'entre eux ont été neutralisés en focalisant l'étude sur une population uniquement masculine (prédominante dans la MDP) et en appariant nos patients à une population 'contrôle' d'âge non significativement différent. Nous avons pu ainsi étudier l'effet de la maladie, du traitement dopaminergique (contraintes physiologiques) et des styles de parole (contrainte linguistique) sur la fréquence fondamentale. En effet, les locuteurs ont été enregistrés dans différentes tâches de parole, telles que la production de voyelles tenues, la répétition de phrases, la lecture de texte et la description d'image. Ces tâches, classiques dans le cadre de l'évaluation en milieu clinique, se distinguent par leur aspect préparée (voyelles tenues, répétition, lecture) ou non préparée (description d'image).

Nos hypothèses étaient les suivantes :

H1. La F0 dans la MDP sera plus élevée que chez les témoins (modèle de Goberman)

H2. La F0 en situation ON sera moins élevée qu'en situation OFF (le médicament atténue les symptômes, en l'occurrence la rigidité => la tension laryngée => la montée de F0)

H3. La F0 dans les tâches de parole préparée (/a/ tenu, répétition, lecture) sera plus élevée que dans les tâches non préparées (effet de performance sur les tâches préparées)

## 4 Corpus et méthode

### 4.1 Locuteurs

Notre corpus est constitué de 44 locuteurs (29 patients parkinsoniens + 15 sujets témoins) enregistrés dans le Service de Neurologie du Centre Hospitalier du Pays d'Aix à Aix-en-Provence (Dr Viallet). Les locuteurs sont des hommes âgés en moyenne de 70.6 ans ( $\sigma=9.6$ ) pour les patients parkinsoniens et de 70.3 ans pour les témoins ( $\sigma=11.8$ ). Il n'y a aucune différence significative au niveau de l'âge entre les deux groupes. Les patients parkinsoniens ont une durée moyenne de maladie de 9 ans ( $\sigma=5$ ). Leur score UPDRS (Unified Parkinson's disease rating scale) de déficit moteur en situation OFF (sevrage médicamenteux depuis au moins 12h) est de 30.6 ( $\sigma=10.2$ ), ce qui correspond à une maladie installée. Une heure après la prise de L-dopa (situation ON), le score UPDRS moyen est de 13.6 ( $\sigma=7.3$ ), 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.

### 4.2 Enoncés

Tous les locuteurs ont été enregistrés sur :

- la production d'un /a/ tenu d'environ 3 secondes (aaa),
- la production d'un /a/ tenu le plus longtemps possible (a\_max),
- la répétition de la phrase « papa ne m'a pas parlé de beau papa » (phrase\_papa)
- la lecture du 1<sup>er</sup> paragraphe de la chèvre de M. Seguin (A. Daudet) à vitesse normale (lect\_normale)
- idem à vitesse rapide (lect\_rapide)
- la description spontanée d'une image (issue de la batterie d'évaluation HDAE)

### 4.3 Mesures

Les mesures de F0 ont été effectuées avec le logiciel Praat ([www.fon.hum.uva.nl](http://www.fon.hum.uva.nl)). Pour limiter la prise en compte de valeurs aberrantes de F0, nous avons utilisé l'algorithme proposé par De Looze et al. (2012) dans lequel la détection se fait en deux passes. Dans une première étape, les valeurs autorisées de F0 sont fixées à l'intervalle 60-600 Hz. Dans un second temps, cet intervalle de détection est ajusté à chaque locuteur en fonction des mesures calculées lors de la 1<sup>ère</sup> passe. La F0 minimale est ainsi ajustée à  $q15 * 0,83$  (où  $q15$  est le 15<sup>ème</sup> percentile de la distribution). De même, la F0 maximale est ajustée à  $q65 * 1,92$  (où  $q65$  est le 65<sup>ème</sup> percentile de la distribution). Ces formules sont issues de résultats de corpus plus importants et permettent de réduire les erreurs.

Se pose ensuite la question du choix de la valeur synthétique de l'observation et notamment la préférence à la moyenne ou la médiane. Dans nos mesures, la médiane est significativement plus basse que la moyenne, preuve d'une asymétrie positive des distributions de F0. Mais il existe une forte corrélation entre les deux mesures ( $R^2=0.97$ ). Par la suite, nous utiliserons la moyenne calculée sur l'ensemble de l'énoncé choisi.

## 5 Résultats

Afin de réaliser les statistiques de notre étude, nous avons utilisé le logiciel 'R' version 2.14. Le modèle statistique utilisé est un modèle mixte à deux facteurs fixes :

- état\_clinique à 3 états : OFF, ON, CTRL
- tache\_de\_parole : a\_max, aaa, phrase\_papa, lect\_rapide, lect\_normale, description

auquel s'ajoute un facteur aléatoire qui est le locuteur.

Nous avons considéré que les résultats étaient significatifs quand  $p_{MCMC} < 0.05$ .

Nous n'avons pas observé d'interaction significative entre les deux facteurs fixes. Nous pouvons donc décomposer les résultats par facteur.

### 5.1 Effet de la maladie et effet médicamenteux

Nous n'avons pas observé de différences significatives de la F0 moyenne chez les sujets parkinsoniens en sevrage médicamenteux (OFF ;  $F0_{moy} = 125$  Hz) par rapport à la population contrôle (CTRL ;  $F0_{moy} = 130.1$  Hz), ni entre les sujets parkinsoniens avec médicament (ON ;  $F0_{moy} = 134.7$  Hz) et la population contrôle (Figure 3). En revanche, il existe une différence significative de F0 moyenne de 9.7 Hz entre la situation OFF et ON, ce qui correspond à une augmentation de 7.8% en ON, c'est à dire 1.3 demi-ton.

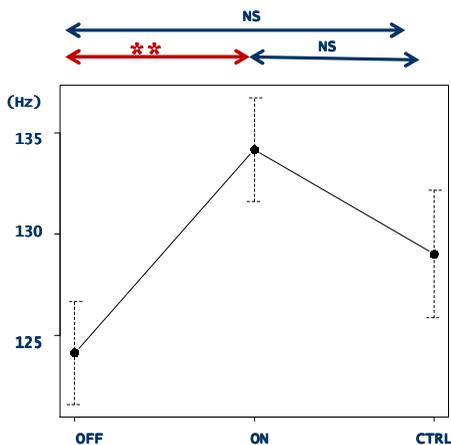


FIGURE 3 – F0 moyenne en Hz (avec intervalle de confiance à 95%) pour les patients MDP sevrés (OFF), avec médicament (ON) et les sujets contrôles (CTRL)

## 5.2 Effet de la tâche de parole

Il n'existe aucune différence significative de F0 moyenne entre les tâches de production de voyelles tenues (a\_max, aaa), de répétition de phrase ou de lecture (rapide ou normale). En revanche, la tâche de description d'image se distingue de toutes les autres de façon significative avec un abaissement notable de la F0. Cette caractéristique s'observe quel que soit le groupe des locuteurs (pas d'interaction).

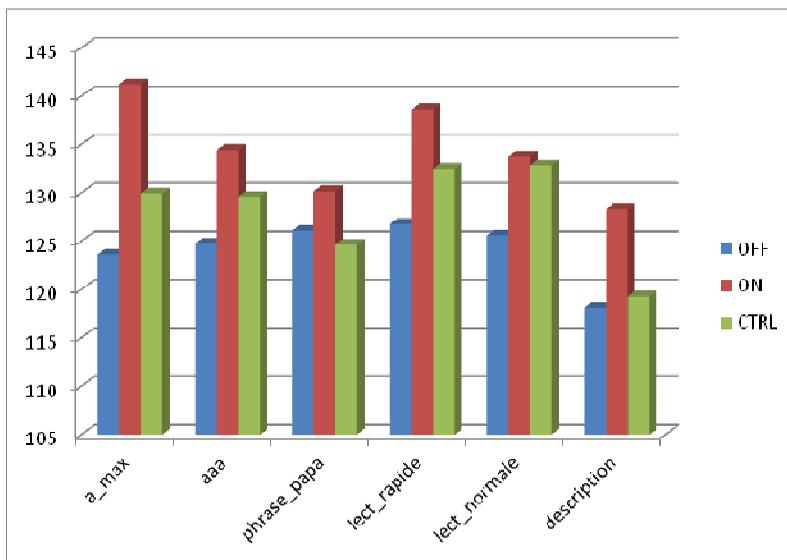


FIGURE 4 – F0 moyenne (en Hz) en fonction de la tâche de parole pour les patients MDP sevrés (OFF), avec médicament (ON) et les sujets contrôles (CTRL)

## 6 Discussion

### 6.1 Effet de la maladie et effet médicamenteux

Les résultats obtenus contredisent nos hypothèses fondées sur le modèle de Goberman & Coelho (2002). Celui-ci prédit une F0 plus élevée chez les patients MDP liée à la rigidité laryngée. Nous n'observons pas cette élévation en situation OFF. D'après le même modèle, l'effet thérapeutique lié à la prise de L-dopa réduisant la rigidité devrait s'observer par une baisse de F0 par rapport à la situation de sevrage. Nous observons exactement le contraire.

Ces résultats peuvent s'expliquer par l'absence de prise en compte des mécanismes pneumophonatoires dans le modèle. En effet, Sarr et al. (2009a) ont montré que la forme hypokinétique de la dysarthrie parkinsonnienne induit une baisse significative de la pression sous-glottique (PSG) lors de la phonation. Or, diverses études dont celle d'Atkinson (1978) ont mis en relation les liens étroits entre PSG et F0, avec notamment une forte corrélation positive. On peut donc prédire une baisse de F0 d'origine pneumophonatoire dans la MDP et proposer ainsi un complément au modèle de Goberman (Figure 5).

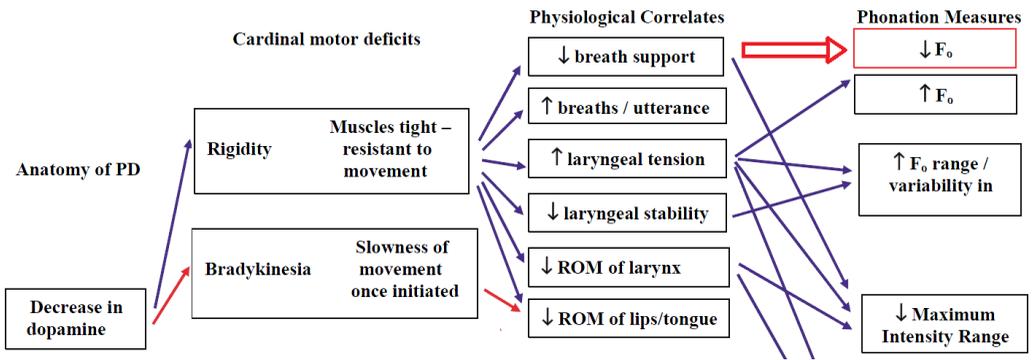


FIGURE 5 – Compléments au modèle de phonation parkinsonnienne

Il serait intéressant d'étudier, à ce sujet, si la baisse de pression sous-glottique dans la phonation parkinsonnienne est plutôt liée à la rigidité (comme suggéré par Goberman dans son modèle) ou à l'hypokinésie comme suggéré dans Sarr et al. (2009). Nos données ne permettent pas de répondre à cette question. En revanche, nous pouvons maintenant expliquer l'absence d'augmentation de F<sub>0</sub> chez les patients parkinsonniens OFF dans la mesure où interviennent deux mécanismes antagonistes d'abaissement (par la pression) et d'élévation (par la tension) qui se soldent par un effet globalement nul. De même, l'élévation de F<sub>0</sub> observée en situation médicamenteuse (ON) peut être prédite dans la mesure où la prise de L-dopa permet aux patients de « normaliser » (augmenter) leur pression sous-glottique (Sarr et al., 2009b), ce qui se traduit par une hausse de F<sub>0</sub>. Cela signifierait aussi que la prise de L-dopa ne permettrait pas de réduire significativement les tensions laryngées, d'où un mécanisme global d'élévation de F<sub>0</sub> comme prévu dans le modèle. On peut aussi supposer que les stratégies compensatrices habituellement utilisées par le patient pour augmenter son efficacité vocale et entraînant une augmentation de la F<sub>0</sub> se maintiennent avec la prise de L-dopa.

## 6.2 Effet de la tâche de parole

En ce qui concerne l'influence de la tâche de parole sur la F<sub>0</sub> moyenne, nos résultats mettent en évidence la particularité de la description d'image, qui est une tâche de parole non préparée et qui se distingue des autres tâches de parole (notamment la lecture et la voyelle tenue), avec une F<sub>0</sub> plus basse pour la description. Ces résultats sont cohérents avec ceux de l'étude de Van Lancker Sidtis et al. (2004) qui ont observé sur des populations parkinsonniennes et aphasiques un effet significatif de la tâche de parole sur la F<sub>0</sub>, et notamment une moyenne plus basse pour la conversation par rapport à la lecture et la voyelle tenue. Il en est de même dans le travail de Swertz et al. (1996) en parole « normale » où les auteurs ont relevé un registre plus élevé en lecture qu'en parole spontanée. La voyelle tenue et la lecture étant des situations de parole plus guidées que la description d'image, on peut supposer qu'elles induisent pour tous les locuteurs un comportement de performance vocale qui fait augmenter la F<sub>0</sub>. Cette notion de performance, à replacer dans un cadre clinique d'examen, est particulièrement observable sur la Figure 4 dans laquelle les deux tâches d'effort (temps maximal de phonation et lecture rapide) ont induit les valeurs les plus élevées chez les patients en situation ON.

## 7 Conclusion

L'étude des dysfonctionnements de la parole nécessite un cadre conceptuel et méthodologique qui permet d'avancer des explications cohérentes relatives aux observations. Les résultats de ce travail montrent la complexité des contraintes qui opèrent dans la production de la parole notamment chez des patients atteints de la maladie de Parkinson. Les résultats contradictoires que l'on retrouve dans la littérature pour les effets de la maladie sur le registre vocal des patients peuvent s'expliquer par divers facteurs confondus dont les effets peuvent s'annuler ou s'additionner conjointement (sexe, âge, conditions thérapeutiques...). Si l'on considère tous les points développés dans ce travail, la situation dans laquelle on observerait un registre vocal le plus bas serait la condition OFF en parole spontanée. A l'inverse, une demande de performance telle qu'un temps maximal de phonation ou une lecture rapide en condition ON entraînerait un registre vocal haut. Des registres intermédiaires s'obtiennent sur du ON spontané ou du OFF avec performance (lecture rapide). Cela illustre ainsi l'intrication des contraintes physiologiques et linguistiques qui interagissent dans la production de parole.

D'autre part, ces résultats laissent apparaître un point sensible d'un point de vue méthodologique : des situations de performance avec de la parole préparée (voyelle tenue, lecture) ne masquent-elles pas des effets observables dans des tâches de production de parole plus spontanée (description libre d'image) et qui passent plus inaperçus dans des situations où le locuteur se sent en examen induisant une compensation ad hoc, notamment une augmentation de FO par mécanisme hyperfonctionnel; le corolaire de cette hypothèse serait ainsi un mécanisme plus hypofonctionnel en situation plus spontanée.

Ce travail illustre enfin la complexité des mécanismes de compensation mis en jeu dans la production de parole. En effet, la logique voudrait que la condition ON soit un état intermédiaire entre la condition OFF et la normale. Or, on observe dans notre travail un phénomène de dépassement, d'overshoot de production sous l'effet médicamenteux. Seul le rapprochement de modèles physiopathologiques comme celui de Goberman et al. (2002) et de modèles décrivant les aspects hypo/hyperfonctionnels de la parole (Lindblom, 1990) peuvent nous permettre de mieux comprendre les mécanismes mis en jeu.

## Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre de l'ANR-12-BSH2-0003 « TYPALOC » et du Labex BLRI portant la référence ANR-11-LABX-0036 qui a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du projet Investissements d'Avenir A\*MIDEX portant la référence n° ANR-11-IDEX-0001-02.

## Références

- ATKINSON JE, (1978), Correlation analysis of the physiological factors controlling fundamental voice frequency. *J. Acoust. Soc. Am.*; 63(1), 211–222.
- DE LOOZE, C., GHIO, A., SCHERER, S., POUCHOULIN, G., VIALLET, F. (2012) Automatic analysis of prosodic variations in Parkinsonian speech, *Proc. Speech Prosody 2012*, Shanghai, China. 4 p.
- GOBERMAN, A., COELHO, C. (2002). Acoustic analysis of Parkinsonian speech I: Speech characteristics and L-Dopa therapy. *NeuroRehabilitation*, 17, 237-246.
- HIXON T.J, WEISMER G., HOIT J. D. (2008). *Preclinical Speech Science: Anatomy, Physiology, Acoustics and Perception*, Plural Publishing, 642 p.
- LINDBLOM B, (1990) Explaining Phonetic Variation: A Sketch of the H&H Theory. *Speech Production and Speech Modelling*, Springer Netherlands, 403–439.
- MAS M., GRIGOLI C., (2012), Influence de la L-dopa et des styles de parole sur la f0 chez le locuteur parkinsonien, *Certificat de capacité d'orthophonie*, Marseille, 102 p.
- 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*, vol. 166, no. 10. 2010, p. 800-810.
- ROBERT, D., SPEZZA, C. (2005), La dysphonie parkinsonienne. *Les troubles de la parole et de la déglutition dans la maladie de Parkinson*, Solal., 131–143.
- SARR, M.; PINTO, S.; JANKOWSKI, L.; TESTON, B.; PURSON, A.; GHIO, A.; RÉGIS, J.; PERAGUT, JC; VIALLET, F (2009). Contribution de la mesure de la pression intra-orale pour la compréhension des troubles de la coordination pneumophonique dans la dysarthrie parkinsonienne. *Revue Neurologique*, vol. 165, no. 12. 2009, p. 1055-1061.
- SARR M, PINTO S, JANKOWSKI L, PURSON A, GHIO A, ESPESSER R, TESTON B, VIALLET F, (2009), L-dopa and STN stimulation effects on pneumophonic coordination in Parkinsonian dysarthria: intra-oral pressure measurements. In: *Proc. International Congress of Parkinson's Disease and Movement Disorders*, Paris, France; pp. Th–240.
- SWERTS, M.; STRENGERT, E. ; HELDNER, M. (1996), F0 Declination in Read-aloud and Spontaneous Speech, 4th ICSLP, Philadelphia, USA.
- VAN LANCKER SIDTIS D, HANSON W, JACKSON C, LANTO A, KEMPLER D, METTER EJ, (2004), Fundamental Frequency (F0) Measures Comparing Speech Tasks in Aphasia and Parkinson Disease. *Journal of Medical Speech - Language Pathology*, 12(4), 207-212