

# Aspects aérodynamiques de la production des occlusives dans la maladie de Parkinson

*Julie LOCCO*

Laboratoire Parole et Langage - UMR 6057 CNRS  
Université de Provence, 29 av. R. Schuman – 13621 Aix-en-Provence Cedex, France  
Tél.: 04 42 95 36 68 Mél.: Julie.Locco@lpl.univ-aix.fr

## ABSTRACT

This study is concerned with the production of stop consonants in Parkinson's Disease. Acoustic and aerodynamic data were collected for eight parkinsonian speakers in the production of voiced and voiceless bilabial stops. We examined the effect of pharmacologic and surgical treatments on aerodynamic characteristics associated with the voicing contrast. Our data show that both treatments result in an increase of the intra-oral air pressure (IOAP) during the stop closure. The IOAP was higher for the voiceless stop than for the voiced one regardless of whether the subject was under the influence of the treatment or not. The implications of these findings for current articulatory descriptions of dysarthria in PD are discussed.

## 1. INTRODUCTION

Décrite pour la première fois en 1817 par James Parkinson, la maladie de Parkinson est une maladie neurodégénérative. L'espérance de vie du malade n'est pas touchée mais la décadence de sa motricité est progressive et irrémédiable avec un acheminement certain vers la perte de l'autonomie. La maladie de Parkinson idiopathique (MPI) est une atteinte du système nerveux central et/ou périphérique qui engendre une anomalie biochimique chez le sujet. Au niveau de la substance noire (à la base du cerveau) et du striatum, elle fait baisser le taux de concentration de dopamine (neurotransmetteur), par la raréfaction des neurones nigrostriataux. La MPI progresse très lentement avant que l'affection soit reconnue. Le triptyque des troubles moteurs parkinsoniens est le tremblement, l'hypertonie (raideur musculaire) et l'akinésie (perte de la spontanéité, de l'agilité et de la rapidité des gestes). Ces symptômes se traduisent au niveau des membres mais des dysfonctionnements caractéristiques affectent également l'activité de parole. La dysarthrie parkinsonienne, qui touche 90 % des patients à plus ou moins long terme, résulte de l'akinésie et de l'hypertonie mais pas du tremblement car il s'agit d'un tremblement de repos qui cesse lorsque les muscles sont sollicités. Les troubles de la parole chez les parkinsoniens varient selon les cas, mais sont caractérisés par des mouvements réduits des organes articulatoires et phonatoires (dysarthrie hypokinétique). Les études articulatoires reconnaissent à la production de parole parkinsonienne un problème essentiel de

synchronisation des mouvements [1] et de contrôle temporel [2]. Le plus souvent, les troubles des mouvements intervenant dans la parole sont attribués à la rigidité [3]. Une incoordination se manifeste entre les niveaux laryngé et supralaryngé, avec une réduction de l'amplitude et de la vitesse des mouvements des lèvres et de la mandibule ainsi qu'une anomalie de position des structures laryngées (cordes vocales) [4]. Les perturbations motrices sont repérables à l'oreille et les données acoustiques et aérodynamiques les révèlent.

La MPI est une maladie que l'on peut soulager et non guérir. Deux grands types de traitement se distinguent ; Le traitement pharmacologique à la L-dopa demeure le traitement anti-parkinsonien de référence, son efficacité ayant largement été démontrée en ce qui concerne les trois signes cardinaux de la MPI. La stimulation sous-thalamique est une procédure qui consiste à implanter bilatéralement une électrode au niveau de chaque noyau sous-thalamique. Les électrodes sont reliées à un stimulateur sous-cutané. La stimulation permet d'agir sur le système des ganglions de la base en reproduisant l'efficacité des médicaments dopaminergiques et ceci de manière réversible. Que les traitements soient pharmacologiques ou chirurgicaux, leur effet sur la dysarthrie parkinsonienne donne lieu à controverse. Plusieurs travaux font état d'une grande variabilité entre les patients en matière de réponse aux traitements dysarthriques et plus particulièrement en ce qui concerne l'activité laryngée. Les effets de la stimulation sous-thalamique sur les organes articulatoires sont connus mais les répercussions exactes sur la production de la voix ne le sont pas.

Notre étude s'intéresse à la composante articulatoire de la dysarthrie, et a pour objectif d'observer l'effet des deux traitements, médicamenteux et chirurgical, sur la production des occlusives. Notre observation se concentre sur la production des occlusives car celles-ci sont particulièrement affectées par la dysarthrie parkinsonienne. En effet, leur réalisation est depuis longtemps décrite comme imprécise [5], voire indistincte [3]. Les occlusives seraient réalisées comme des fricatives par les parkinsoniens [6] et ce serait l'erreur articulatoire la plus typique de la dysarthrie parkinsonienne [3]. D'autre part, le phénomène de voisement des consonnes sourdes, souvent mentionné, est attribué à la rigidité du larynx [6]. Nous pensons que les données aérodynamiques sont pertinentes dans la description des

occlusives et qu'elles pourront nous informer de l'effet de la stimulation sous-thalamique et/ou du traitement à la L-dopa au niveau des capacités articulatoires des patients.

## 2. MÉTHODE

### 2.1. Corpus

Une tâche de répétition de dissyllabes [apa] [aba] [ipi] [ibi] est proposée au patient, avec pour consigne de parler le plus distinctement possible, à un rythme de parole normal et régulier, et en marquant un temps de pause entre chaque répétition. Le corpus est constitué de la répétition des quatre dissyllabes, dix fois chacune.

### 2.2. Sujets

Huit sujets parkinsoniens ont participé à l'étude. Quatre d'entre eux sont sous traitement à la L-dopa (d01, d02, d03 et d04) et quatre sont appareillés de l'électrode sous-thalamique (s01, s02, s03 et s04). La liste des sujets est reportée en table 1.

Table 1 : Sujets

Sujet	d01	d02	d03	d04	s01	s02	s03	s04
Sexe	H	H	H	F	H	H	H	F
Age (ans)	69	55	61	71	66	54	61	59
Durée de maladie (ans)	15	15	14	11	14	11	16	10

### 2.3. Instrumentation

Les enregistrements ont été effectués dans les locaux du service de neurologie, au centre d'évaluation des coordinations motrices au Centre Hospitalier du Pays d'Aix. Les enregistrements sont de nature acoustique et aérodynamique. Le recueil de données a été réalisé grâce à l'appareillage du système d'Évaluation Vocale Assistée (EVA). Un masque en silicone est placé sur la bouche du patient qui doit garder le bout de la sonde d'environ 4 cm de long et 5 mm de diamètre, entre ses dents pendant toute la production.

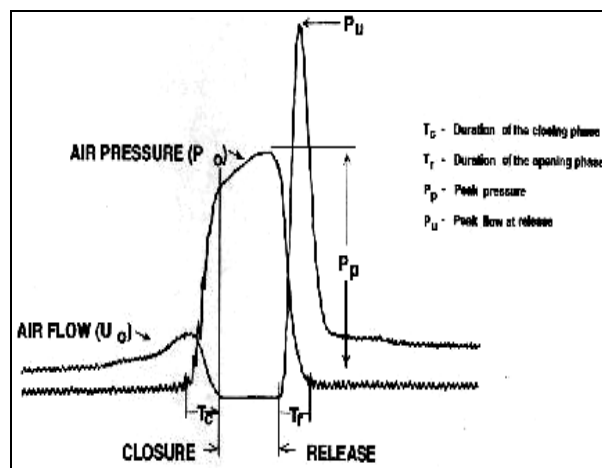
### 2.4. Protocole d'enregistrement

Les patients ont été enregistrés dans deux conditions, en condition On et en condition Off. Les patients sous traitement médicamenteux sont sous l'effet de la L-dopa en condition On et sont sevrés de L-dopa en condition Off. Pour les patients stimulés, l'électrode est active et stimule la région sous-thalamique du cerveau du patient en condition On et est inactive et sans effet en condition Off (les symptômes parkinsoniens réapparaissent instantanément).

### 2.5. Procédure d'analyse

L'étude de Gracco et al. [4], faisant suite à des travaux de Müller et Brown [7], propose une analyse aérodynamique de la production des occlusives dans la maladie de Parkinson. Trois phases successives sont distinguées pendant la production d'une occlusive ; la phase de

fermeture durant laquelle l'occlusion se met en place, la phase de tenue de l'occlusion durant laquelle les articulateurs se maintiennent en position de fermeture et la phase d'ouverture durant laquelle l'occlusion se relâche. L'observation du débit d'air buccal (Dab) et de la pression intraorale (Pio), complétée par les informations présentes sur le spectrogramme permet de délimiter ces trois phases (voir Figure 1).



Extrait de Gracco et al. [4], p.105.

Tc : phase de fermeture (closure : fermeture).

Tr : phase d'ouverture (release : ouverture).

Figure 1 : courbes de Pio et de Dab durant la production de [p] de la séquence [apa].

En effet, la production d'une occlusive se réalise idéalement de la façon suivante : pendant la phase de fermeture, la Pio augmente derrière l'occlusion qui est en train de se mettre en place et le Dab diminue progressivement jusqu'à atteindre la valeur zéro lorsque l'occlusion est réalisée. Pendant la phase de tenue, la Pio continue d'augmenter jusqu'à atteindre sa valeur maximale. Le Dab est stable et de valeur nulle car l'occlusion empêche le passage de l'air. Pendant la phase d'ouverture, au relâchement de l'occlusion, l'air s'échappe de façon précipitée et donne le bruit d'explosion. La Pio diminue jusqu'à atteindre la valeur zéro à la fin de la phase d'ouverture. Le Dab va augmenter précipitamment jusqu'à sa valeur maximale pour redescendre à nouveau. Lorsque les limites des trois phases sont déterminées, des mesures de durées de ces phases peuvent être effectuées. Pour Gracco et al. [4] les phases de fermeture et d'ouverture de longue durée traduisent une lenteur des mouvements d'aperture et de fermeture de la part des organes articulatoires chez le parkinsonien et impliquent un problème de coordination entre les organes laryngés et supralaryngés.

Notre étude reprend ce procédé d'étiquetage. Plusieurs étiquettes ont été utilisées afin de délimiter les différentes phases ou événements de l'occlusive. Nous avons analysé les données acoustique et aérodynamique avec le logiciel Phonédit, spécialement adapté à l'étude des paramètres aérodynamiques. Sept étiquettes sont positionnées en fonction de la courbe de variations de la Pio. Etiquette 1 : la courbe de la Pio est nulle et commence son ascension.

Étiquette 2 : la courbe de la Pio a terminé son ascension et atteint une valeur « stable ». Étiquette p (pic) : la courbe de la Pio atteint sa valeur maximale. Étiquette 3 : la courbe de la Pio amorce sa chute. Étiquette 4 : la courbe de la Pio retourne à la valeur 0. Lorsque la courbe de la Pio conserve une valeur stable entre l'étiquette 2 et l'étiquette 3, c'est au centre de ce plateau que se place l'étiquette p (pic de pression). Lorsque la courbe de variations de la Pio ne présente pas de plateau, les étiquettes 2 et 3 se superposent à l'étiquette p marquant le pic de pression et le lieu de changement de direction de la courbe simultanément.

Quatre étiquettes sont positionnées en fonction de la courbe de variations du Dab. Étiquette 5 : la courbe du Dab a terminé sa chute et atteint une valeur à peu près stable. Étiquette c(closure) : le Dab atteint la valeur 0. Étiquette r (release) : le Dab redevient positif. Étiquette 6 : le Dab amorce son ascension. Les étiquettes peuvent se superposer. Si le Dab est toujours positif, les étiquettes c et r sont inexistantes.

Notre première observation concerne les variations de la courbe de la Pio. Dans un premier temps, nous avons recueilli la valeur du pic de la pression (étiquette p) pour chacune des 10 répétitions des 4 dissyllabes, pour chacun des 8 sujets, dans les deux conditions (On et Off) d'enregistrement.

### 3. RÉSULTATS

La figure 2 est la représentation graphique du pic de Pio (hPa) pour les occlusives [p] et [b], pour les huit sujets, selon la condition d'enregistrement Off et On.

#### 3.1. Opposition de voisement

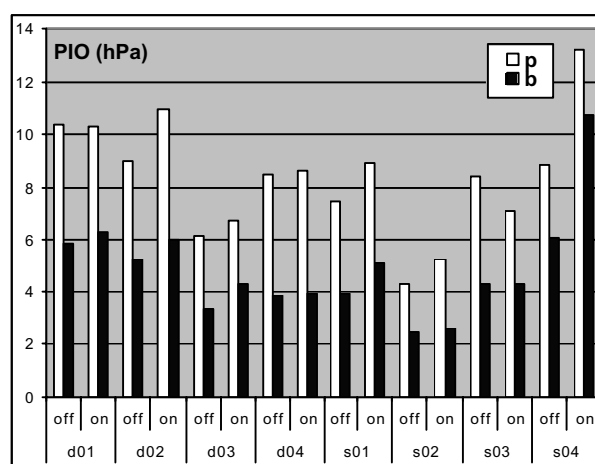
Selon la représentation graphique, pour tous les sujets et dans les deux situations d'enregistrement, la distinction entre l'occlusive voisée [b] et l'occlusive non voisée [p] est présente, avec un pic de Pio plus important pour l'occlusive non voisée. Les données ont été soumises à une ANOVA de type mesures répétées. Les résultats font apparaître que la Pio est significativement plus élevée pour les non voisées que pour les voisées  $F(1,6) = 151.99$ ,  $p < 0.001$ . Les parkinsoniens réalisent donc des occlusives bilabiales respectant cette caractéristique aérodynamique qui permet de distinguer l'opposition de voisement.

#### 3.2. Etat du patient et type de traitement

Les résultats montrent que la Pio est généralement plus élevée en On qu'en Off. Selon la représentation graphique, les pics de Pio sont augmentés en On, pour les deux occlusives bilabiales, que l'occlusive soit voisée ou non, pour six sujets sur huit. Les résultats des différents tests d'ANOVA montrent que l'état du patient a aussi un effet significatif sur la Pio pour six patients sur huit. La Pio est significativement plus élevée dans la condition On que dans la condition Off pour cinq patients sur huit. Pour d02 ( $F(1,9) = 117.368$ ,  $p < 0.001$ ), d03 ( $F(1,9) = 1301.398$ ,  $p < 0.001$ ), s01 ( $F(1,6) = 24.322$ ,  $p < 0.001$ ), s02 ( $F(1,9) = 10.921$ ,  $p < 0.01$ ), et s05 ( $F(1,9) = 149.288$ ,

$p < 0.001$ ). Le phénomène inverse se présente pour s03 ; les résultats de l'ANOVA pour ce sujet montrent que la Pio est significativement plus importante en Off qu'en On ( $F(1,9) = 12.762$ ,  $p < 0.01$ ). La Pio est donc sensible à l'état dans lequel se trouve le patient au moment de l'enregistrement, autrement dit, le traitement agit de façon significative sur la Pio pour six sujets sur huit.

D'autre part, nous envisageons d'étendre l'analyse à un plus grand nombre de sujets afin d'examiner l'impact du type de traitement, autrement dit, nous voulons savoir si la Pio est augmentée en On de la même façon pour les patients sous stimulation sous-thalamique que pour les patients sous traitement à la L-dopa. Enfin, l'interaction entre le facteur traitement et le facteur voisement n'est pas significative ; l'écart de Pio entre l'occlusive non voisée [p] et l'occlusive voisée [b] est du même ordre de grandeur dans les deux conditions Off et On.



**Figure 2 :** Représentation graphique du pic de Pio (hPa) pour les occlusives [p] et [b], pour les huit sujets, selon la condition d'enregistrement Off et On.

### 4. DISCUSSION

Selon Müller and Brown [7] les consonnes occlusives non voisées présentent généralement un pic de Pio plus important que les consonnes occlusives voisées. Le modèle aérodynamique des consonnes de M. Rothenberg [8] explique cet événement. Pour réaliser une occlusive, un flux d'air égressif est nécessaire. C'est un différentiel de pression entre la pression sous-glottique et la pression supraglottique qui va impliquer cet appel d'air égressif. Pour les occlusives voisées, il sera nécessaire de maintenir ce différentiel de pression pendant la tenue de l'occlusive afin que les cordes vocales puissent vibrer. Une réduction de la pression supraglottique permet de contrôler le différentiel de pression. Nous observerons donc certains mouvements des articulateurs et de l'appareil phonatoire dans le sens d'un agrandissement du volume du conduit vocal ; le larynx descend dans le tractus vocal, le voile du palais remonte et le dos de la langue s'abaisse dans la cavité buccale. Ce phénomène biomécanique va avoir des conséquences aérodynamiques au niveau de la Pio et au niveau du Dab. Pendant la phase de tenue de l'occlusive, le pic de Pio sera moins important

pour une occlusive voisée que pour une occlusive non voisée, et, au relâchement de l'occlusion, le Dab sera moins important pour une occlusive voisée que pour une occlusive non voisée.

Nos résultats montrent que, pour ces huit sujets parkinsoniens, le pic de Pio est de 1,2 à 2,2 fois plus important pour l'occlusive bilabiale non voisée que pour l'occlusive bilabiale voisée, quels que soient l'état du patient (Off/On) et le type de traitement (L-Dopa /stimulation). Cette distinction n'est pas mieux réalisée sous l'effet du traitement, ni selon le type de traitement. Cette première observation démontre que les parkinsoniens réalisent les mouvements articulatoires d'expansion du volume buccal propres à l'opposition de voisement des occlusives. Par ailleurs, la Pio est sensible à l'état du patient. En effet, pour les deux occlusives, les pics de Pio atteignent des valeurs significativement plus importantes en situation On. La Pio est donc augmentée lorsque le parkinsonien est sous l'effet du traitement médicamenteux ou chirurgical. Cette observation va dans le sens d'une amélioration des mouvements articulatoires sous l'effet du traitement avec un meilleur fonctionnement des mouvements d'expansion du volume buccal lors de la production des occlusives.

Cependant nous pouvons appréhender les résultats différemment. Une seconde proposition est d'envisager une meilleure dynamique du système pulmonaire des parkinsoniens lorsque ceux-ci sont sous l'effet du traitement. Ainsi l'augmentation de la Pio sera attribuée à une pression sous-glottique elle-même plus puissante lorsque, sous l'effet du traitement, l'activité respiratoire du patient est améliorée. De plus, la zone sous-thalamique stimulée par l'électrode bilatérale dans le cadre du traitement chirurgical est proche de la zone qui dirige le système respiratoire ; nous pouvons penser que la stimulation se répercute sur cette zone voisine, améliorant ainsi le système respiratoire du patient.

De nombreuses études [3] [4] [6] montrent que les occlusives sont produites comme des fricatives par les parkinsoniens ; l'occlusion serait réalisée de manière incomplète par les articulateurs. Cette occlusion partielle donnerait lieu à une fuite d'air, source de bruit de friction pendant la réalisation de l'occlusive. Une dernière interprétation des résultats serait donc d'impliquer le rôle des articulateurs. L'augmentation de la Pio, observée en On, serait liée à une meilleure réalisation de l'occlusion de la part des articulateurs sous l'effet du traitement. Cependant, nos résultats conduisent à nuancer cette hypothèse. Nous avons montré que l'intensité du bruit d'explosion de l'occlusive est moins perceptible (Pio plus faible) lorsque le patient n'est pas sous l'effet du traitement. Ainsi, certaines études de nature perceptive peuvent être induites en erreur par le faible bruit d'explosion des occlusives, autrement dit les occlusives de faible intensité et difficilement perceptibles peuvent être appréhendées comme des fricatives alors qu'elles ne le sont pas. D'autre part, une première observation des données temporelles confirme une lenteur des mouvements articulatoires chez les parkinsoniens, déjà

décrite par Gracco et al. [4]. Nous pouvons penser que l'effet du traitement se situe plus sur la vitesse que sur l'ampleur des mouvements articulatoires. Nous pensons que la combinaison des trois composantes, Pio, Dab et durées, pourra nous informer de façon précise sur la nature des occlusives réalisées par les parkinsoniens et nous permettra de rendre compte de l'effet des traitements proposés aux patients sur la production de parole en général.

## REMERCIEMENTS

Je remercie le Docteur François Viallet pour son accueil au Centre Hospitalier du pays d'Aix ainsi que Ludovic Jankowski et Alain Purson pour la réalisation des enregistrements. Mes remerciements vont également à Alain Ghio pour son attention particulière ainsi qu'à Noël Nguyen pour son écoute et ses précieux conseils, à Bernard Teston, Robert Espesser, Laurie Ledoux et Nadège Alberny. Enfin, j'adresse toute ma reconnaissance aux patients pour leur participation aux enregistrements.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] AK. Ho, JL. Bradshaw, R. Cunnington, JG. Phillips and R. Ianssek. Sequence Heterogeneity in Parkinsonian Speech. *Brain and Language* 64-1 :122-145, 1998.
- [2] H. Ackermann, J. Konczak and I. Hertrich . The Temporal Control of Repetitive Articulatory Movements in Parkinson's Disease. *Brain and Language* 566-2 :312-319, 1997.
- [3] M. Gentil, P. Pollak et J. Perret. La dysarthrie parkinsonienne. *Revue Neurologique*, Masson, Paris 151-2 :105-112, 1995.
- [4] LC. Gracco, VL. Gracco, A. Löfqvist, K. Marek. An Aerodynamic Evaluation of Parkinsonian Dysarthria : Laryngeal and Supralaryngeal Manifestations. *Haskins Laboratories Status Report on Speech research*, SR-111[112 :103-110, 1992.
- [5] FL. Darley, AE. Aronson, JR Brown. Differential diagnostic patterns of dysarthria. *Journal of Speech and Hearing Research* 12 : 246-269, 1969.
- [6] G. Weismer. Acoustic descriptions of dysarthric speech: Perceptual correlates and physiological inferences. In JC. Rosenbek (ed), *Seminars in speech and language*. Theme Stratton, New York, 1984b.
- [7] EM. Müller, WS. Brown. Variations in the supraglottal air pressure waveform and their articulatory interpretation. *Speech and Language: Advances in basic research and practice* 4, New York Academic Press, 1980.
- [8] M. Rothenberg. The Breath-Stream Dynamics of Simple-Released-Plosive Production. *Bibliotheca Phonetica* No.6, 1968.