

UNIVERSITE DU DROIT ET DE LA SANTE DE LILLE 2

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année de soutenance : 2016

N°:

THESE POUR LE
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 16 Décembre 2016

Par Camille PEREZ

Née le 22 Février 1990 à Tourcoing - France

ETUDE ACOUSTIQUE
DES PATIENTS PORTEURS DE PROTHESES AMOVIBLES TOTALES

JURY

Président : Monsieur le Professeur Thomas COLARD
Assesseurs : Monsieur le Docteur Thierry DELCAMBRE
Monsieur le Docteur Claude LEFEVRE
Monsieur le Docteur Nicolas HELOIRE

ACADEMIE DE LILLE

UNIVERSITE DU DROIT ET DE LA SANTE LILLE 2

~*~*~*~*~*~*~*~*~*~*

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

PLACE DE VERDUN

59000 LILLE

~*~*~*~*~*~*~*~*~*~*

Président de l'Université : Pr. X. VANDENDRIESSCHE
Directeur Général des Services de l'Université : P-M. ROBERT
Doyen : Pr. E. DEVEAUX
Vice-Doyens : Dr. E. BOCQUET, Dr. L. NAWROCKI et Pr. G. PENEL
Responsable des Services : S. NEDELEC
Responsable de la Scolarité : L. LECOCQ

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'U.F.R.

PROFESSEURS DES UNIVERSITES :

P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie
E. DELCOURT-DEBRUYNE	Professeur Emérite Parodontologie
E. DEVEAUX	Odontologie Conservatrice - Endodontie Doyen de la Faculté
G. PENEL	Responsable de la Sous-Section des Sciences Biologiques
M.M. ROUSSET	Odontologie Pédiatrique

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES :

T. BECAVIN	Responsable de la Sous-Section d' Odontologie Conservatrice – Endodontie
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale
F. BOSCHIN	Responsable de la Sous-Section de Parodontologie
E. BOCQUET	Responsable de la Sous- Section d' Orthopédie Dento-Faciale
C. CATTEAU	Responsable de la Sous-Section de Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale
A. CLAISSE	Odontologie Conservatrice - Endodontie
M. DANGLETERRE	Sciences Biologiques
A. de BROUCKER	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie
T. DELCAMBRE	Prothèses
C. DELFOSSE	Responsable de la Sous-Section d' Odontologie Pédiatrique
F. DESCAMP	Prothèses
A. GAMBIEZ	Odontologie Conservatrice - Endodontie
F. GRAUX	Prothèses
P. HILDELBERT	Odontologie Conservatrice - Endodontie
J.M. LANGLOIS	Responsable de la Sous-Section de Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique, Anesthésiologie et Réanimation
C. LEFEVRE	Prothèses
J.L. LEGER	Orthopédie Dento-Faciale
M. LINEZ	Odontologie Conservatrice - Endodontie
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCKI	Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique, Anesthésiologie et Réanimation Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille

C. OLEJNIK	Sciences Biologiques
P. ROCHER	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie
M. SAVIGNAT	Responsable de la Sous-Section des Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques, Radiologie
T. TRENTESAUX	Odontologie Pédiatrique
J. VANDOMME	Responsable de la Sous-Section de Prothèses

Réglementation de présentation du mémoire de Thèse

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille 2 a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation, ni improbation ne leur est donnée.

Aux membres du jury...

Monsieur le Professeur Thomas COLARD

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD

Sous-section Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysiques et Radiologie

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur au Muséum National d'Histoire Naturelle en Anthropologie Biologique

*Vous m'avez fait l'honneur d'accepter la présidence
de ce jury, et je vous en remercie.
C'est avec grand plaisir que j'ai suivi vos enseignements,
notamment en option paléopathologie.
Veuillez trouver dans ce travail toute ma reconnaissance
et l'expression de mon plus profond respect.*

Monsieur le Docteur Thierry DELCAMBRE

Maître de Conférence des Universités - Praticien Hospitalier des CSERD

Sous-Section Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Diplôme d'Université d'Implantologie

Doctorat de l'Université Lille 2 (mention Odontologie)

Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales

C.E.S. de Prothèse Adjointe Partielle

C.E.S. de Prothèse Adjointe Complète

*Vous avez accepté, avec beaucoup de gentillesse, de siéger dans ce jury.
Merci de l'intérêt que vous avez manifesté pour ce travail,
pour vos conseils et la qualité de votre enseignement.
Veuillez trouver ici l'expression de mes sincères remerciements
et de ma gratitude.*

Monsieur le Docteur Claude LEFEVRE

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier des CSERD
Sous-Section Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire
Doctorat de l'Université de Lille 2 (mention Odontologie)
Responsable des Relations avec l'Ordre et avec les Partenaires Industriels

*Très sensible à l'honneur que vous me faites en acceptant de
juger cette thèse,
soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect
pour la qualité de vos enseignements, tant lors de vos cours
théoriques que dans votre gestion du service de PMF.*

Monsieur le Docteur Nicolas HELOIRE

Praticien hospitalier au CH de Seclin et CHRU de Lille – Chargé d’enseignement à l’université Lille2

Sous-Section Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

CESB Prothèses Mention Prothèse Maxillo-Faciale – Paris 7

CES Odonto-Chir – Lille 2

Master 2 Phonétique et Phonologie – Paris 3

*Je vous remercie d’avoir accepté d’être mon directeur de thèse,
et de m’avoir suggéré ce sujet passionnant.*

*Je vous suis reconnaissante du temps que vous m’avez accordé
et de votre implication dans ce travail.*

*Vous avez toujours fait preuve de disponibilité, de gentillesse et de perfectionnisme,
et cette étude n’aurait pu être réalisée sans votre précieux concours.*

Je vous exprime ici toute ma gratitude et mon profond respect.

Table des matières

1. Introduction.....	14
2. Physiologie de la Phonation	15
2.1 Production des sons.....	15
2.1.1 La soufflerie	16
2.1.2 La source vocale : le son laryngien	16
2.1.3 Résonateurs et articulateurs.....	17
2.2 Classification des sons	18
2.2.1 Production des voyelles.....	18
2.2.2 Production des consonnes.....	19
2.3 Caractéristiques acoustiques.....	20
2.3.1 Théorie source-filtre	20
2.3.2 Analyse acoustique et spectrogramme	21
2.3.3 Description acoustique des voyelles.....	22
2.3.4 Description acoustique des consonnes	23
3. Les prothèses amovibles totales et leur influence sur la phonation	25
3.1 Conséquences de l'édentation sur la phonation	25
3.2 Généralités concernant les prothèses amovibles totales	26
3.3 Influence des prothèses sur la phonation.....	27
4. Revue de littérature	29
4.1 Etude de Petrovic (1985)	29
4.2 Etude d'Ichikawa (1995)	30
4.3 Etude de Foti (1997)	31
4.4 Etude de Foti (1998)	32
4.5 Etude de Scarsellone (1999)	32
4.6 Etude de Stelzle (2010)	33
4.7 Etude de Voisin (2011).....	34
4.8 Etude d' Adaki (2013)	35
4.9 Etude de Zakkula (2014).....	37

5. Matériels et méthodes.....	38
5.1 Echantillon d'étude	38
5.2 Méthode d'enregistrement	38
5.3 Les enregistrements.....	39
5.4 Analyse acoustique	39
5.5 Tests statistiques	40
6. Résultats.....	42
6.1 Analyse des voyelles.....	42
6.1.1 Triangles vocaliques.....	42
6.1.2 Analyse du F1.....	45
6.1.2.1 Pour le phonème [a]	45
6.1.2.2 Pour le phonème [i]	46
6.1.2.3 Pour le phonème [o]	48
6.1.2.4 Pour le phonème [u]	49
6.1.2.5 Pour le phonème [ã].....	51
6.1.3 Analyse du F2.....	54
6.1.3.1 Pour le phonème [a]	54
6.1.3.2 Pour le phonème [i]	56
6.1.3.3 Pour le phonème [o]	57
6.1.3.4 Pour le phonème [u]	59
6.1.3.5 Pour le phonème [ã].....	60
6.2 Analyse des consonnes fricatives.....	62
6.2.1 Analyse du rapport harmoniques/bruit (HNR)	62
6.2.1.1 Pour le phonème [f]	63
6.2.1.2 Pour le phonème [s].....	64
6.2.1.3 Pour le phonème [ʃ].....	64
6.2.1.4 Pour le phonème [v]	65
6.2.1.5 Pour le phonème [z].....	66
6.2.1.6 Pour le phonème [ʒ].....	67
6.2.2 Analyse du centre de gravité (COG).....	69
6.2.2.1 Pour le phonème [f]	69
6.2.2.2 Pour le phonème [s].....	70
6.2.2.3 Pour le phonème [ʃ].....	71
6.2.2.4 Pour le phonème [v]	71
6.2.2.5 Pour le phonème [z].....	72
6.2.2.6 Pour le phonème [ʒ].....	73
6.2.3 Analyse du Zero Crossing Rate (ZCR)	75
6.2.3.1 Pour le phonème [f]	75
6.2.3.2 Pour le phonème [s].....	76
6.2.3.3 Pour le phonème [ʃ].....	77
6.2.3.4 Pour le phonème [v]	78
6.2.3.5 Pour le phonème [z].....	79
6.2.3.6 Pour le phonème [ʒ].....	79
6.2.4 Analyse du coefficient de dissymétrie (Skewness)	81
6.2.4.1 Pour le phonème [f]	81
6.2.4.2 Pour le phonème [s].....	82
6.2.4.3 Pour le phonème [ʃ].....	83
6.2.4.4 Pour le phonème [v]	84
6.2.4.5 Pour le phonème [z].....	85
6.2.4.6 Pour le phonème [ʒ].....	86

6.2.5	Analyse du coefficient d'aplatissement (Kurtosis).....	87
6.2.5.1	<i>Pour le phonème [f]</i>	87
6.2.5.2	<i>Pour le phonème [s]</i>	88
6.2.5.3	<i>Pour le phonème [ʃ]</i>	89
6.2.5.4	<i>Pour le phonème [v]</i>	90
6.2.5.5	<i>Pour le phonème [z]</i>	91
6.2.5.6	<i>Pour le phonème [ʒ]</i>	92
6.2.6	Analyse de la déviation standard (Sdev).....	94
6.2.6.1	<i>Pour le phonème [f]</i>	94
6.2.6.2	<i>Pour le phonème [s]</i>	95
6.2.6.3	<i>Pour le phonème [ʃ]</i>	96
6.2.6.4	<i>Pour le phonème [v]</i>	97
6.2.6.5	<i>Pour le phonème [z]</i>	98
6.2.6.6	<i>Pour le phonème [ʒ]</i>	99
7.	Discussion	101
7.1	Analyse des voyelles.....	101
7.2	Analyse des consonnes.....	104
7.2.1	Analyse du rapport harmoniques/bruit (HNR).....	104
7.2.2	Analyse du centre de gravité (COG).....	105
7.2.3	Analyse du Zero Crossing Rate (ZCR).....	106
7.2.4	Analyse du coefficient de dissymétrie (Skewness).....	107
7.2.5	Analyse du coefficient d'aplatissement (Kurtosis).....	108
7.2.6	Analyse de la déviation standard (Sdev).....	109
8.	Conclusions et perspectives.....	112
	Références bibliographiques.....	114
	Annexes	118

1. INTRODUCTION

La cavité orale et les éléments qui la composent jouent un rôle primordial dans la résonance et l'articulation des différents sons, et donc dans la production de la parole.

En conséquence, la perte de la totalité des dents peut entraîner des troubles de la parole en modifiant les zones d'articulation et les points d'appui au niveau dentaire. Les prothèses amovibles complètes peuvent en partie résoudre ce problème. Cependant, elles peuvent elles-mêmes perturber la phonation en restreignant la mobilité de la langue, en réduisant le volume de la cavité orale et en altérant les zones d'articulations situées au niveau des dents ou du palais (1). De plus, si les critères de rétention, sustentation et stabilité sont inadéquats, si la conception de la base prothétique est inappropriée ou si la disposition des dents artificielles est erronée, alors le patient risque de présenter une dyslalie, c'est-à-dire un défaut d'énonciation dans la séparation des phonèmes (2).

Durant la fabrication des prothèses, l'évaluation de la phonation est souvent négligée au profit de l'esthétique, de la fonction et du confort. Le chirurgien-dentiste estime souvent que le patient s'adaptera naturellement après plusieurs semaines, mais cela peut s'avérer plus long pour les patients âgés ou édentés de longue date, et certains peuvent ne jamais s'y habituer (3,4).

L'objectif de la présente étude est donc de déterminer l'impact de l'édentement et de la réhabilitation prothétique sur la phonation.

Dans un premier temps, nous présenterons quelques bases de physiologie de la phonation ainsi que quelques rappels concernant les prothèses amovibles complètes.

Dans un second temps, nous présenterons la méthodologie de l'étude et les résultats obtenus, que nous interpréterons ensuite dans la partie discussion, pour terminer par les conclusions et perspectives qui peuvent être tirées de cette étude.

2. **PHYSIOLOGIE DE LA PHONATION**

La phonation peut être définie comme une succession de phénomènes volontaires permettant la production des sons composant le langage articulé. Ces phénomènes font appel à 3 éléments anatomiques: le système ventilatoire, le larynx et les résonateurs (langue, joues, voile du palais). L'homme produit donc de la parole avec des organes dont la fonction première n'est pas linguistique. (5)

L'acte d'énonciation se compose de quatre phases (5) :

- Une première phase, dite psychique, celle de l'intention de parler
- Une seconde linguistique, durant laquelle l'individu va sélectionner dans son lexique les mots adéquats, les ordonner selon les règles de syntaxe
- Une phase physiologique, avec l'activation des muscles des poumons, du larynx, des lèvres et du voile du palais permettant la production de la parole. Le processus de phonation, qui sera développé ensuite, fait partie de cette phase.
- Et enfin une dernière phase, acoustique, au cours de laquelle l'onde sonore produite par le locuteur fait vibrer le tympan de l'auditeur, qui décodera ensuite le message et l'interprétera.

2.1 **Production des sons**

Le processus de phonation peut être décomposé en trois temps faisant appel à trois éléments anatomiques distincts (6) :

- La production d'une énergie ventilatoire au niveau des poumons, afin de mettre en action les plis vocaux qui génèrent alors des bruits
- La mise en vibration des plis vocaux du larynx, permettant la production de la voix et/ou de bruits d'explosion ou de friction
- L'articulation et la résonance au niveau des cavités supraglottiques (cavité orale et fosses nasales)

C'est la succession de ces trois temps qui permet la production des sons intelligibles que l'on appelle la parole.

2.1.1 La soufflerie (5,7–9)

Durant cette première étape, la composante subglottique (les poumons, les bronches, la trachée et les organes respiratoires) joue le rôle d'une soufflerie : la phase expiratoire va s'allonger (elle peut alors être jusqu'à dix fois plus longue que l'inspiration, alors que leur durées respectives sont habituellement proches), les volumes d'air seront plus importants que lors d'une ventilation classique et la pression pulmonaire expiratoire va augmenter jusqu'à être supérieure à la pression supra-glottique. Le locuteur contrôle ce mouvement expiratoire par une action synergique des muscles intercostaux, abdominaux et par une remontée du diaphragme. L'énergie créée par cette expulsion d'air des poumons va entraîner la vibration des plis vocaux et donc la production de sons.

La production de sons en inspiration est possible, mais quasiment inexistante en français.

2.1.2 La source vocale : le son laryngien (5–10)

L'air expiré des poumons va alors passer par la trachée, jusqu'au larynx où se trouvent les plis vocaux. Ce sont ces plis qui, en vibrant, vont transformer le flux d'air en bourdonnement.

Dans le larynx, se trouvent :

- Le cartilage thyroïde, qui protège les plis vocaux
- Les cartilages aryténoïdes, deux cartilages mobiles, qui modifient la longueur et l'écartement des plis vocaux
- Les plis vocaux, improprement appelés « cordes vocales », deux muscles vibratiles, insérés entre le cartilage thyroïde et les aryténoïdes

L'espace entre les deux plis vocaux est la glotte.

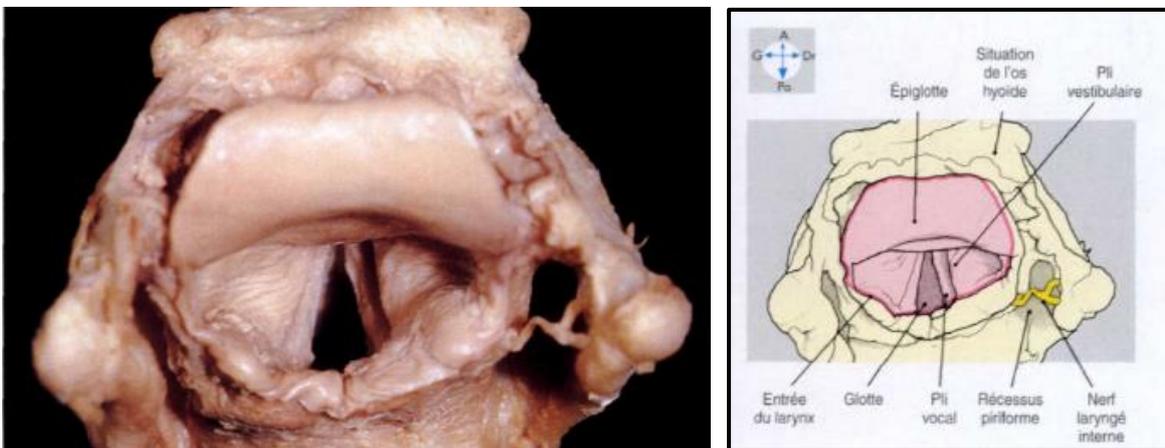


Figure 1 : Vue supérieure du larynx (11)

Lorsque les plis vocaux sont écartés, la glotte est ouverte et le flux d'air passe librement. Il s'agit de la configuration physiologique de la ventilation ou de la production de sons « sourds », c'est-à-dire sans vibration, sans voisement.

Si les plis vocaux sont mollement accolés (ce qui est rendu possible par un pivotement des aryténoïdes) le flux d'air les met en vibration, ce qui crée un bourdonnement. Ce bourdonnement permet la production de sons dits « voisés », qui sont la majorité des sons du langage (comme les voyelles, ou certaines consonnes telles que [l], [d] ou [g])

En revanche, si les plis vocaux sont fortement resserrés cela générera une occlusive glottale, l'air étant bloqué.

Dans le cas particulier du chuchotement, les plis vocaux sont accolés sur toute leur longueur, sauf sur leur partie postérieure. Ceci permettant le passage de l'air, aucun voisement n'est possible.

La mise en vibration des plis vocaux résulte d'un cycle répétitif qui peut être décomposé ainsi :

- 1) Les plis vocaux se resserrent, empêchant le passage de l'air
- 2) La pression trachéale augmente et va finir par vaincre la résistance des plis vocaux, qui s'écartent par le bas et laissent l'air s'échapper
- 3) L'échappée d'air crée une zone de dépression entre les plis, qui se rapprochent par le bas
- 4) La glotte se referme alors brusquement, comme une porte qui claque à cause du courant d'air. Le passage de l'air est bloqué à nouveau, la pression trachéale va augmenter à nouveau, et un nouveau cycle pourra commencer

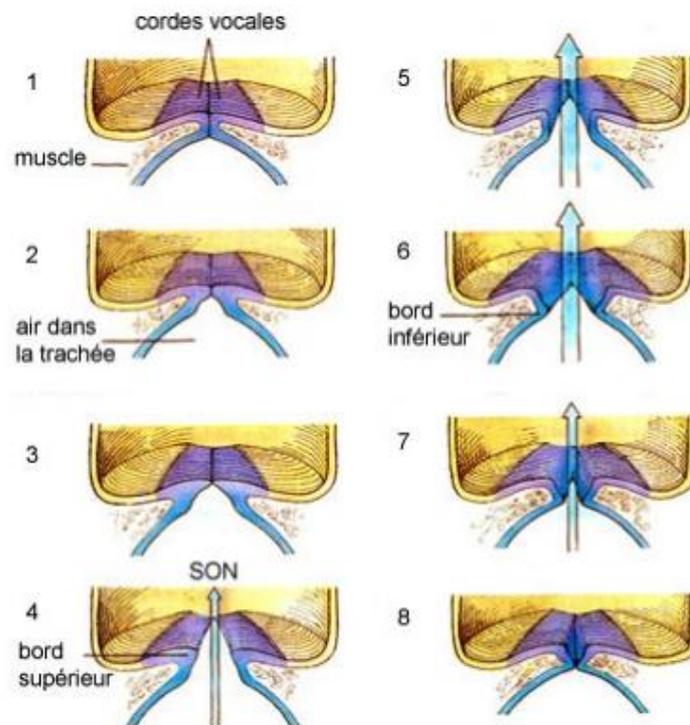


Figure 2 : Schéma anatomique des plis vocaux lors de la phonation (6)

La fréquence moyenne de vibration des plis vocaux est variable selon les individus. Différents critères entrent en ligne de compte, comme la masse des plis vocaux, l'âge et le sexe. Mais cette fréquence peut aussi être augmentée ou diminuée volontairement, par exemple durant la production des voyelles.

2.1.3 Résonateurs et articulateurs (5,7,9,12)

Le bourdonnement laryngé va finalement être filtré au sein des cavités supraglottiques, pour transformer la voix en parole intelligible. Ces cavités jouent le rôle de résonateurs.

Il s'agit des cavités :

- Pharyngo-laryngienne, dont le volume est modifiable par l'avancement ou la rétraction de la zone pharyngienne, et par modulation de la hauteur du larynx
- Nasales, qui peuvent varier selon la position ouverte ou fermée du voile du palais, permettant ou non le passage d'un flux d'air, et déterminant ainsi la nasalité ou l'oralité d'un son.
- Orale, dont les qualités résonancielles sont modifiables selon les positions de la mandibule, de la langue, des lèvres et des joues.

2.2 Classification des sons

2.2.1 Production des voyelles (5,7,8)

La voyelle est un son caractérisé par le fait qu'il n'y a aucune obstruction au passage du flux aérien dans le conduit vocal lors de sa production. Toutes les voyelles du français sont voisées, c'est-à-dire associées à la vibration des plis vocaux.

Elles peuvent être caractérisées selon différents critères d'articulation :

- En voyelle antérieure, lorsque la langue est située en avant comme pour [i] ou [y], ou postérieure si la langue est massée vers l'arrière comme pour [u] ou [o]
- En voyelle fermée, comme le [i], lorsque le degré d'aperture buccal est faible, c'est-à-dire lorsque le passage entre le dos de la langue et le palais est fermé. Ou à l'inverse en voyelle ouverte, telle le [a], lorsque ce même degré est augmenté.
- En voyelle arrondie, lorsque les lèvres s'arrondissent elles-mêmes et qu'elles se projettent vers l'avant. Ou en voyelle non-arrondie si les commissures labiales sont écartées et que les lèvres sont appliquées contre les dents sans laisser de libre passage à l'air. A titre d'exemple, l'arrondissement des lèvres est l'unique différence entre [i] et [y].
- Ou enfin en voyelle nasale si le voile du palais autorise un passage de l'air par le nez lors de la parole, et voyelle orale si le voile du palais est relevé et bloque le flux d'air qui pourrait passer par le nez.

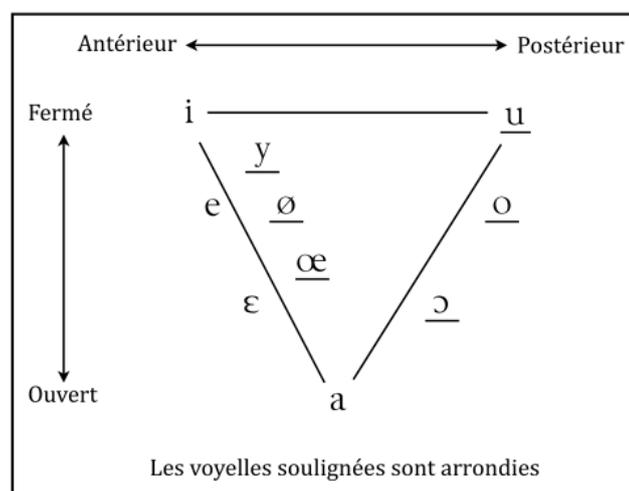


Figure 3 : Triangle vocalique des voyelles du français (6)

		Antérieures		Postérieures
		Non arrondies	Arrondies	Arrondies
Voyelles orales	Fermées	[i] <i>si</i>	[y] <i>su</i>	[u] <i>sous</i>
		[e] <i>ses</i>	[ø] <i>ceux</i>	[o] <i>sot</i>
		[ɛ] <i>sait</i>	[œ] <i>sæur</i>	[ɔ] <i>sort</i>
	Ouvertes	[a] <i>sa</i>		
Voyelles nasales	Fermées	[ɛ̃] <i>brin</i>	[œ̃] <i>brun</i>	[ɔ̃] <i>mon</i>
	Ouvertes		[ɑ̃] <i>temps</i>	

Tableau 1 : Les voyelles du français

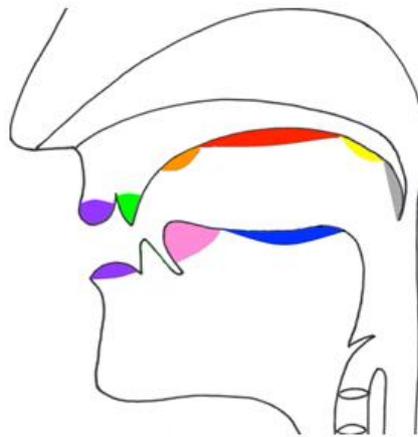
On notera également qu'il existe pour les voyelles un grand nombre de phénomènes de compensation entre les articulateurs, ainsi le degré et la position de la constriction, la position de la mandibule et la configuration des lèvres permettent des gestes compensatoires lorsque la situation l'exige.

2.2.2 Production des consonnes (7,13)

Les consonnes sont des bruits produits lorsque le flux d'air en provenance des poumons est obstrué, partiellement ou totalement, à l'intérieur du conduit vocal.

Les consonnes sont classées selon différents facteurs :

- Leur mode de voisement : elles peuvent être voisées ou non, c'est-à-dire avec ou sans vibration des plis vocaux.
- Le lieu d'articulation : au niveau des lèvres (consonnes labiales ou bilabiales), des dents (dentales, labio-dentales), des alvéoles, du palais...etc. Il s'agit de l'endroit où va se trouver, dans la cavité buccale, l'obstacle au passage de l'air. Soit l'endroit où les parties mobiles (langue, lèvres, joues) viennent s'appuyer sur les parties fixes (palais, dents).
- Le degré de constriction : soit le flux d'air est totalement bloqué et le son résulte de sa libération subite, nous avons alors affaire à des occlusives. Soit le conduit vocal est rétréci mais pas obstrué, auquel cas la turbulence d'air générée entraîne un bruit supraglottique, et il s'agit alors de fricatives.
- Leur nasalité : lorsque le voile du palais est abaissé, le passage de l'air vers les cavités nasales est permis, et ces cavités participent donc à la production de consonnes voisées dites nasales.



		Bi - Labiale	Labio - Dentale	Apico - Alvéolaire	Post - Alvéolaire	Dorso -		
						Palatale	Vélaire	Uvulaire
Occlusive	Sonore	[b] <i>boue</i>		[d] <i>doux</i>			[g] <i>goût</i>	
	Sourde	[p] <i>poux</i>		[t] <i>toux</i>			[c] <i>cou</i>	
Fricative	Sonore		[v] <i>vous</i>	[z] <i>zoo</i>				
	Sourde		[f] <i>fou</i>	[s] <i>sous</i>	[ʃ] <i>choux</i>			
Nasale	Sonore	[m] <i>mou</i>		[n] <i>nous</i>		[ɲ] <i>agneau</i>		
Glissante	Sonore	[w] <i>oui</i>	[ɥ] <i>nuît</i>	[j] <i>yeux</i>	[ʒ] <i>joue</i>			
Liquide	Sonore			[l] <i>loup</i>				[r] <i>roue</i>

Tableau 2 : Les consonnes du français et leurs lieux d'articulation (8)

2.3 Caractéristiques acoustiques

2.3.1 Théorie source-filtre (5–8,13,14)

Les travaux de Gunnar Fant, en 1960, ont permis d'établir les relations entre l'articulation, liée à la forme du tractus vocal, et l'acoustique, c'est-à-dire les propriétés physiques du signal.

Il est à l'origine du modèle dit « source-filtre » selon lequel les sons de la parole seraient la résultante de deux différents phénomènes physiques :

- Premièrement une source à l'origine de la production d'un son, d'une onde acoustique, onde qui peut être pseudo-périodique pour les voyelles, non périodique continue pour les fricatives ou non périodique pulsée pour les occlusives.

- Ensuite d'un filtre, qui relève de la position des articulateurs du conduit vocal, et qui va amplifier ou réduire certaines composantes fréquentielles de la source. Cette fonction de filtre, aussi appelé « fonction de transfert », simule les phénomènes de résonance et rayonnement, autrement dit le son produit est modifié au niveau des différents résonateurs (les cavités supra-glottiques) et rayonné au niveau des lèvres.

Cette théorie suppose une relative indépendance entre la source et le résonateur. Or il est aujourd'hui connu que le conduit vocal rétroagit sur le signal source excitateur au niveau de la glotte, et qu'il n'y a donc pas de complète indépendance source-filtre. Cependant, et même si le modèle de Fant reste simplificateur, il constitue un modèle clair et efficace à l'étude du fonctionnement acoustique de l'appareil vocal.

Le signal source du bourdonnement glottal, qui est considéré comme la source dans le modèle de Fant, est constitué :

- D'une fréquence fondamentale qui correspond au nombre d'ouverture-fermeture des plis vocaux par seconde. Elle est comprise entre 80 et 240Hz chez l'homme, 140 et 500Hz chez la femme, et 170 à 600Hz chez l'enfant.
- D'harmoniques, qui sont des multiples entiers du fondamental. Ainsi, si les plis vocaux vibrent à la fréquence de 120 fois par seconde (ce qui correspond à la valeur moyenne pour un homme adulte), alors les harmoniques seront aux valeurs suivantes : 120Hz, 240Hz, 360Hz, 480Hz, 600Hz, etc.

Lors du filtrage d'un son, les harmoniques correspondant aux résonances naturelles du conduit vocal sont renforcés, tandis que les autres sont atténués. Une zone d'harmonique renforcée, là où la zone voit l'énergie se concentrer, est appelée « formant ». Nous nous référons à ces formants en les numérotant, et en commençant par celui dont la fréquence est la plus basse : F1, F2, F3, etc. Les fréquences des formants fournissent donc de précieuses informations sur la forme des résonateurs qui les ont créés, et ce sont eux qui caractérisent le timbre de la voix.

2.3.2 Analyse acoustique et spectrogramme (6,8,15,16)

L'analyse acoustique d'un son vise à déterminer le nombre, la fréquence et l'amplitude des vibrations qui composent ce son. Cette analyse peut être réalisée par la transformation de Fourier, qui décompose informatiquement une courbe complexe en plusieurs courbes simples, ou via des filtres acoustiques qui permettent de décomposer le son, ou encore à l'oreille, si celle-ci est suffisamment fine pour isoler les différents sons et fréquences les uns des autres (on parlera alors d'oreille absolue).

Le résultat de cette analyse est le plus souvent exposé sous la forme d'un spectrogramme, qui est une représentation graphique du son en trois dimensions. Le temps (en seconde) est retrouvé en abscisse, la fréquence des harmoniques (en hertz) en ordonnée, et l'intensité (en décibel) des différentes composantes fréquentielles sur un axe perpendiculaire au graphique et qui est donc encodé par le niveau de noir.

Les logiciels dédiés à l'étude des spectrogrammes permettent de matérialiser sur ceux-ci différentes caractéristiques acoustiques des voyelles et consonnes, comme la barre de voisement, les formants, le Voice Onset Time (VOT), la barre d'explosion et les bruits de friction, qui seront développés ci-après (cf. 2.3.3 et 2.3.4).

2.3.3 Description acoustique des voyelles (7,8)

D'un point de vue acoustique, les voyelles sont caractérisées par leurs formants :

- Le 1^{er} formant, ou F1, est celui ayant la fréquence la plus basse. Il est le corrélat acoustique de l'aperture. Plus celle-ci sera grande, et plus la fréquence de F1 sera élevée. Ainsi la voyelle fermée [u] a un F1 très bas et une faible fréquence (de 300Hz environ), tandis que la voyelle la plus ouverte, [a], présente le F1 le plus élevé et une fréquence augmentée (pouvant aller jusqu'à 800Hz).
- Le 2^{ème} formant, ou F2, est influencé par la position antéro-postérieure de la langue. L'apex lingual va ainsi se déplacer vers l'avant pour les voyelles antérieures, et le dos de la langue se déplace vers l'arrière pour les voyelles postérieures. La voyelle [i], qui est la plus antérieure, aura donc le F2 le plus élevé (et une fréquence pouvant approcher les 2500Hz). A l'inverse, [u], la plus postérieure, aura un F2 très bas et proche de son F1.
- Le 3^{ème} formant, ou F3, est en lien avec la labialité et l'arrondissement. Sa fréquence varie de 1500 à 3400Hz. Les voyelles les plus étirées ont un F3 plus haut, et celles plus arrondies ont un F3 plus bas. Par exemple, la voyelle [i], très étirée, a le F3 le plus élevé et le plus proche de son F4. A l'opposé, le [y], très arrondi, a un F3 faible et proche de son F2.
- Le 4^{ème} formant, ou F4, est peu exploité car difficilement manipulable.

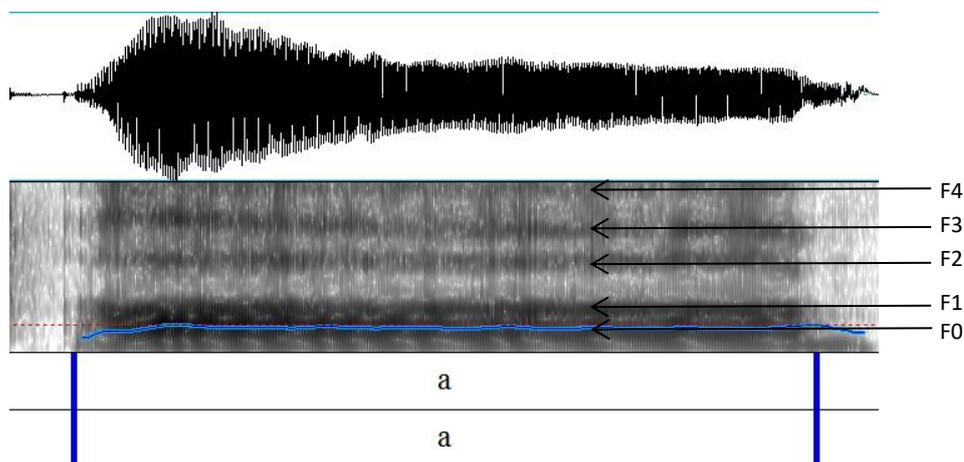


Figure 4 : Spectrogramme de la voyelle [a] issu de Praat - Image personnelle

Les voyelles dites focales sont caractérisées par deux formants très proches l'un de l'autre, et qui renforcent d'avantage une zone du spectre. Le [i] est par exemple focale F3-F4, et le [y] focale F2-F3.

Pour l'étude des voyelles, ce sont surtout les premiers et deuxièmes formants qui seront comparés.

La nasalité peut être visualisée sur les spectrogrammes par la présence de formants et d'anti-formants. Ceux-ci entraînent une perturbation du spectre avec l'apparition de zéros et d'un aplatissement de l'énergie vers la zone du F1. Certains formants vont alors disparaître, tandis que d'autres supplémentaires vont apparaître.

2.3.4 Description acoustique des consonnes (6–8,17)

Le voisement est une caractéristique permettant de différencier les consonnes voisées des consonnes sourdes. La consonne voisée est en effet objectivée sur le spectrogramme par une barre de voisement, liée à la vibration des plis vocaux et à l'émission d'un son périodique continu.

Selon le type de consonne étudiée (occlusive, fricative ou sonnante), d'autres caractéristiques peuvent être relevées :

- Les occlusives peuvent être décomposées en une suite d'évènements acoustiques :
 - 1) Un silence, qui correspond à la phase tenue de l'occlusion
 - 2) Le Voice Onset Time (VOT), correspondant à l'intervalle de temps entre le début des pulsations périodiques régulières et la détente de l'occlusion
 - 3) Une barre d'explosion, ou « burst », générée par le relâchement de l'obstruction du conduit vocal. Sa fréquence dépend du lieu d'articulation de la consonne
 - 4) Un bruit de friction, rapide, et dont la durée varie selon la vitesse d'écartement des articulateurs

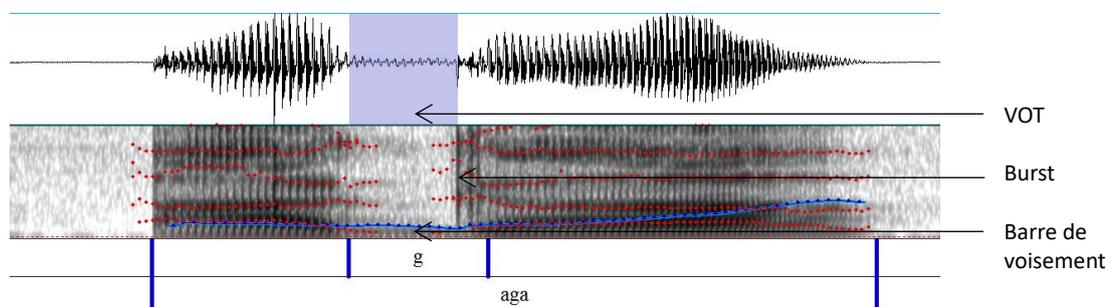


Figure 5 : Spectrogramme de l'occlusive [g] issu de Praat - Image personnelle

- Les fricatives sont caractérisées par un bruit de friction, dû à des turbulences aérodynamiques au niveau du ou des lieu(x) de rétrécissement au sein du conduit vocal, et qui est un signal apériodique. Plus la cavité en avant du rétrécissement est courte, plus ses résonances sont élevées. L'énergie sera donc située dans les très hautes fréquences pour les consonnes alvéolaires ([s], [z]), dans les hautes fréquences pour les « consonnes F3 » ([ʃ], [ʒ]), et elle sera plus diffuse pour les fricatives labiodentales [f] et [v] car celles-ci ne présentent pas de cavité plus antérieure à la constriction.

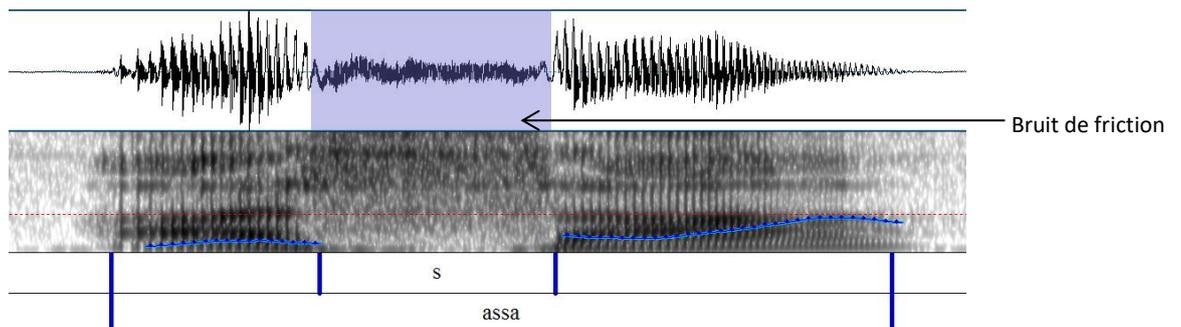


Figure 6 : Spectrogramme de la fricative [s] - Image personnelle

- Les sonnantes, [l], [m], [n], [r] ont une structure à formants, à l'instar des voyelles. Elles ne contiennent que très peu voir pas de bruit.

Plusieurs paramètres spécifiques peuvent être utilisés pour étudier l'intensité, la fréquence et le voisement des consonnes (17):

- 1) Le Skewness, ou coefficient de dissymétrie, permet d'évaluer la dissymétrie de distribution d'énergie d'un son. Ainsi, plus le Skewness est élevé, et plus l'énergie est distribuée dans les basses fréquences.
- 2) Le Kurtosis, ou coefficient d'aplatissement, permet de juger l'harmonie de répartition d'énergie d'un son. Si le Kurtosis est élevé, cela signifie que la répartition de l'énergie n'est pas harmonieuse sur le spectre.
- 3) La déviation standard (SDev), ou écart-type, permet de comparer la diffusion d'énergie à la moyenne du spectre. Lorsqu'elle est élevée, l'énergie est diffuse. Ce facteur est donc intéressant pour l'analyse des fricatives.
- 4) Le ZCR, pour *Zero Crossing Rate*, détermine quant à lui le nombre de passage d'un signal par zéro, pour une fenêtre temporelle donnée (lorsque ce signal est dans une représentation amplitude/temps). Il étudie ainsi le taux de friction d'un son, et se révèle utile pour l'examen des fricatives.
- 5) Le COG, ou centre de gravité, donne la fréquence moyenne du spectre. Donc, plus le COG est élevé, et plus la moyenne des fréquences est élevée. Ceci est donc également intéressant pour l'étude des fricatives.
- 6) L'HNR, pour *Harmonics to Noise Ratio*, permet d'apprécier la proportion d'harmoniques dans le signal sonore, et donc le taux de voisement du son. S'il est élevé, c'est que le son est voisé.

Intensité	Fréquence	Voisement
Skewness	ZCR	HNR
Kurtosis	COG	
Déviation standard		

Tableau 3 - Récapitulatif des facteurs étudiés par les différents paramètres (17)

3. LES PROTHESES AMOVIBLES TOTALES ET LEUR INFLUENCE SUR LA PHONATION

3.1 Conséquences de l'édentation sur la phonation (18,19)

L'édentation est responsable d'une importante modification de volume de la cavité buccale, puisqu'elle est à l'origine d'un étalement de la langue, d'une perte de tonicités jugale et labiale, d'une perte de la dimension verticale d'occlusion et d'un proglissement mandibulaire. Cette diminution de volume aura ainsi tendance à modifier la résonance de la voix, et donc son timbre qui deviendra plus sourd et nasal.

Ceci aura une influence sur la prononciation des voyelles, le [a] pouvant voir son émission affaiblie suite à une réduction de l'ouverture du canal buccal, tandis que les [e] et [i] pourront présenter une nasalité plus importante.

De plus, la perte des dents implique la perte des points d'articulation habituels de la langue, les lieux d'articulation de certaines consonnes s'en verront alors modifiés.

L'hyponicité labiale va en effet altérer la prononciation des bilabiales ([p] et [b]) et des labiodentales ([f] et [v]).

La perte des organes dentaires et la résorption alvéolaire vont, quant à elles, entraîner des sifflements à la prononciation des apicoalvéolaires ([t] et [d]) et des prédorsopalatales ([s] et [z]). Il est à noter que le [s] est tout particulièrement impacté puisqu'il s'agit de la consonne possédant le plus petit chenal expiratoire.

Enfin, l'étalement lingual et l'hypotonicité jugale aura tendance à rendre plus gutturale la prononciation des prédorsopalatales ([ʃ] et [ʒ]) et des dorsopostpalatales ([k] et [g]).

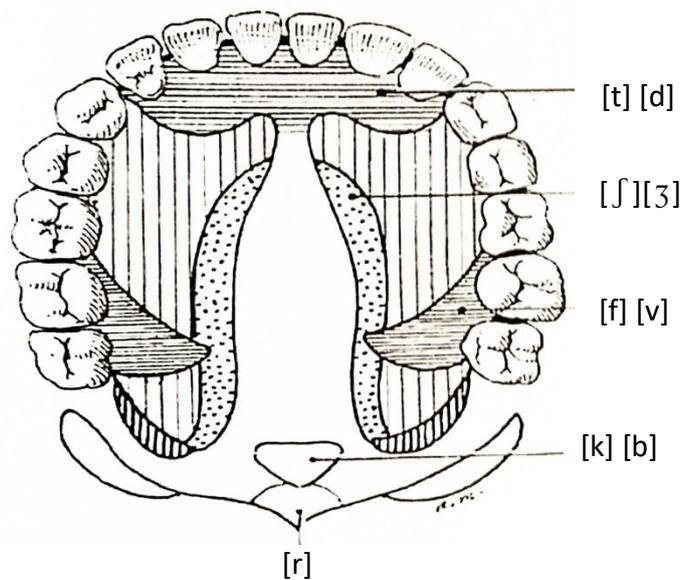


Figure 7 : Lieux d'articulations des consonnes selon Turner - Illustration de J. Lejoyeux (20)

L'intelligibilité d'un sujet édenté est donc moins bonne que celle d'un sujet présentant une denture complète, et l'objectif de la prothèse amovible sera donc de la restaurer. (21,22)

3.2 Généralités concernant les prothèses amovibles totales

La prothèse amovible totale (PAT) peut être définie comme un élément artificiel remplaçant les pertes de substances intéressant les dents, le parodonte et l'os. Elle est constituée :

- D'une plaque base en résine acrylique de 1.4 à 2mm d'épaisseur (2). Au maxillaire, le palais pourra parfois être réalisé en aluminium ou en titane pour réduire l'épaisseur et le poids de la prothèse.
- Des dents artificielles, en résine ou en porcelaine selon la situation clinique.

Les prothèses devront bien évidemment respecter les règles assurant sa rétention, sa stabilisation et sa sustentation pour ne pas gêner la phonation. (23,24)

Pour ce faire :

- Au niveau de l'intrados, la prothèse devra s'appuyer sur les éléments anatomiques positifs tels que les crêtes, les tubérosités et la voûte palatine. A l'inverse, les éléments négatifs comme les freins ou les tori devront être déchargés. (20)
- Les bords prothétiques doivent avoir pour limite extrême les zones d'insertion musculaire ou ligamentaire, pour permettre leur libre jeu physiologique. Le joint vélo-palatin sera particulièrement important pour assurer ces trois critères, et la limite postérieure de la prothèse devra donc impérativement se trouver entre les lignes de vibration antérieure et postérieure décrites par Silverman. (25)
- L'extrados prothétique, limitant le couloir prothétique réorganisé, joue quant à lui un rôle dans le soutien des joues et des lèvres. La prothèse doit présenter des surfaces concaves afin d'équilibrer les pressions exercées par la langue et les joues.

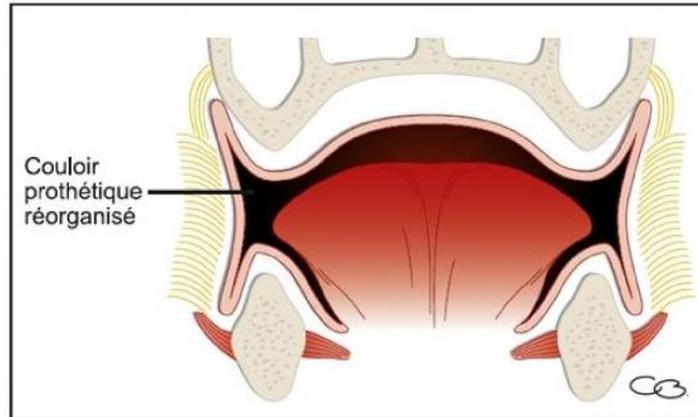


Figure 8 : Couloir prothétique selon Pompignoli (26)

Les dents artificielles devront être placées en respectant les règles de montage décrites par Pompignoli et l'aire de Pound. Il est également recommandé que les dents soient placées dans le couloir neutre d'équilibre pour améliorer la stabilité et la rétention, ainsi que le confort et la phonation du patient. (2)

3.3 Influence des prothèses sur la phonation

Le non-respect des règles de conception prothétique est une cause majeure de dyslalie, qui est une dépréciation d'énonciation des phonèmes. Les patients concernés peuvent alors présenter un zéaiement, voir des omissions, substitutions, distorsions, additions ou encore une nasalité augmentée. (2)

Le respect de la dimension verticale d'occlusion est notamment primordial pour permettre une articulation correcte, et un placement adéquat de la langue. (27)

Une dimension verticale surévaluée étant d'ailleurs plus préjudiciable qu'une dimension sous-évaluée. (28,29)

Si la base maxillaire est trop épaisse, les contacts entre la langue et le tiers antérieur palatin ou les incisives seront gênés et donc la prononciation en sera affectée. Ces contacts générant 90% des consonnes, il convient d'y être particulièrement attentif. (2,30)

De même, si le volume global de la prothèse est trop important, c'est la fréquence de la voix qui pourra être modifiée, et donc le timbre de voix initial s'en verrait altéré. (20,31)

La position des dents est aussi un élément primordial à prendre en compte, puisqu'une vestibulisation de 2mm par rapport à la position de référence est susceptible d'entraîner jusqu'à 80% de distorsions dans les sons. (32)

Toute position inadéquate des dents antérieures aura donc un impact néfaste sur la prononciation des consonnes dentales, labiodentales et bilabiales. Le son [s] sera particulièrement touché, car sa production nécessite un placement très précis des articulateurs. (2,33-35)

Un joint vélo-palatin correct sera également primordial, car en cas de compression ou de relâchement trop important de la valve vélopharyngée des modifications de résonance de la cavité nasale, de la gorge et des cavités nasales peuvent apparaître.

3. Les prothèses amovibles totales et leur influence sur la phonation

Cela entraînerait une hypo ou hyper nasalité affectant la qualité de la voix (dans son volume, son harmonie et dans la prononciation correcte des phonèmes). (2)

En résumé, l'adaptation phonétique des patients porteurs de prothèses amovibles complètes dépend du placement des dents artificielles, de l'épaisseur, la taille et le placement de la base maxillaire, de l'espace libre pour la langue et de la capacité d'adaptation individuelle.

Il est donc recommandé de faire appel à des tests phonétiques, notamment pour le placement des dents artificielles (en faisant prononcer le [s], le [v]) ou pour l'évaluation de la dimension verticale (principalement avec le [s], ou avec le [p] et le [b]). (2,36–38)

Les doléances liées à la phonation peuvent également permettre un meilleur réglage des prothèses, comme le montre le tableau suivant.

Doléances	Rechercher
Parle les dents serrées	Manque de rétention DVO surévaluée
Gêne à l'émission des labiodentales [f] [v]	Position verticale ou sagittale des incisives maxillaires erronées
Gêne à l'émission des sifflantes [s]	DVO et/ou ELI erronés
Gêne à l'émission des bilabiales [p] [b] [m]	DVO surévaluée Volume prothétique antérieur trop important
Gêne à l'émission des gutturales [k] [g]	Volume prothétique latéro-postérieur trop important
Gêne à l'émission des post-dentales [t] [d]	Face palatine du bloc incisivo-canin maxillaire mal situé dans le plan sagittal
Gêne à la prononciation du [a]	Joint postérieur inefficace

Tableau 4 : Les doléances dans le domaine de la phonation, et leurs causes (39)

4. REVUE DE LITTÉRATURE

4.1 Etude de Petrovic (1985) (32)

Objectifs

Evaluer les conséquences des modifications de dimensions de la cavité orale sur la phonation. Différents facteurs de variation de dimensions ont été étudiés : différentes morphologies de prothèses complètes, différentes positions d'incisives maxillaires, différentes épaisseurs de plaque palatine. Les effets de ces modifications sur la durée de prononciation de sons séparés et le temps d'adaptation nécessaire au patient ont également été pris en compte dans cette étude.

Méthodes

Des patients édentés ont été enregistrés avec leurs prothèses amovibles totales maxillaire et mandibulaire, sans les prothèses, et avec des prothèses ayant subies des modifications (de la position antéro-postérieure des incisives maxillaire et de l'épaisseur de la plaque palatine). Ont été réalisés : un enregistrement, une écoute subjective par des auditeurs, une représentation graphique des spectres et une analyse sur spectre des temps-fréquences-énergies des sons.

Résultats

-Effets de la variation d'épaisseur de la plaque palatine : la résonance du tractus vocal est modifiée, la répartition des énergies des sons est modifiée pour la zone de plus haute fréquence. L'harmonie des différents sons composant un mot est modifiée également.

Une augmentation d'épaisseur à 1-2mm entraîne des distorsions des sons.

Le ratio d'énergie entre la plus basse et la plus haute fréquence (ratio des formants), dans la région du « i » est significativement modifié.

Un des sujets a montré une très bonne adaptation et compensation des troubles grâce à d'excellentes capacités auditives.

Une augmentation d'1mm de la plaque sur un patient habitué à sa prothèse entraîne 60% de distorsion des sons. Une rectification de cette prothèse diminue les distorsions de 50%, car un temps d'adaptation est nécessaire pour revenir à l'enregistrement initial.

-Effets de la modification d'anatomie dentaire : des petites modifications apportées dans la position antéro-postérieure des incisives supérieures, qui sont fréquentes lors des procédures cliniques de réalisation des prothèses, ont une forte influence sur la parole.

Une vestibulisation de 2mm par rapport à la position de référence entraîne des distorsions des sons jusqu'à 80% en comparaison avec l'enregistrement de référence. Ce positionnement des incisives supérieures change la relation entre les incisives supérieures et inférieures, et modifie donc le surplomb.

Donc, une forte distorsion des sons est observée pour une modification minime de la position des incisives, montrant une forte sensibilité de la forme du spectre vocal à la longueur du tractus vocal.

Ceci est en accord avec la théorie acoustique de la parole, qui veut que la dimension longitudinale du tractus vocal a plus d'influence sur la distribution de l'énergie vocale que la dimension transverse.

-Période d'adaptation: Celle-ci a été testée sur une période de 8 mois (à T=0, à 1 semaine, 30 jours et 8mois). Les plus fortes erreurs persistent pour les régions à haute fréquence, notamment pour le son [i].

Après 30 jours, le processus d'adaptation est stabilisé. C'est la période la plus critique et la plus importante pour l'adaptation. Si le patient est motivé, satisfait de l'esthétique, et n'a pas à fournir trop d'effort pour recouvrer une phonation correcte, la compensation due aux modifications dimensionnelles de la cavité orale pourra être effectuée facilement.

La morphologie de la nouvelle prothèse ne doit pas être trop différente de la morphologie initiale des patients, ou l'intégration sera plus complexe.

Des prothèses inadéquates entraînant des altérations tridimensionnelles, par un mauvais positionnement des dents antérieures, ou par modification des dimensions transverses et réduction de l'espace accordé à la langue, ne pourront être correctement intégrées, même après 8 mois.

L'intégration dépend également des capacités auditives du patient.

4.2 Etude d'Ichikawa (1995) (40)

Objectif

Evaluer l'influence de l'épaisseur de la plaque palatine et de la DVO sur la prononciation des consonnes : [k] et [s].

Méthodes

7 hommes présentant une parole et une dentition normale. Pour 4 d'entre eux, une plaque en résine acrylique d'1mm d'épaisseur au niveau du palais et de 4mm au niveau des dents est réalisée. Pour les 3 autres, un bloc de résine acrylique est réalisé de façon à augmenter la DVO de 8mm au niveau des dents antérieures.

Les sujets répètent 7 fois une série de mots contenant les consonnes à évaluer. Le Voice Onset Time (VOT) est ensuite étudié pour chacun.

Résultats

Le VOT est très augmenté pour la consonne [k], et la durée de prononciation du [s] l'est également suite à l'augmentation d'épaisseur du palais.

Aucune différence significative n'a pu être mise en évidence concernant l'augmentation de la DVO sur ces facteurs.

4.3 Etude de Foti (1997) (41)

Objectifs

Comparer, par la technique de la palatographie, les différences de contact avec et sans prothèse totale maxillaire.

Méthodes

L'étude palatographique, c'est-à-dire la réalisation d'empreintes permettant de « visualiser les contacts palatins au cours de l'articulation de réalisations phonétiques, avec mise en jeu de mouvements linguaux », est réalisée sur 4 sujets : 1 sujet denté sur lequel la méthode directe est employée, et 3 sujets édentés lors de la première mise en bouche des prothèses amovibles totales. Ici, seule la consonne [s] est examinée.

Trois critères sont étudiés sur les palatographies : la zone d'articulation, la position linguale et les contacts linguo-palatins.

Résultats

Le palatographe du sujet denté révèle une symétrie des contacts par rapport au raphé médian et des contacts linguo-palatins de largeur moyenne.

En revanche, ceux des sujets appareillés démontrent :

- 1) Pour le premier sujet, des contacts dont la symétrie est similaire à celle du cas témoin. En revanche, la configuration des contacts est plus proche de celle du [ʃ] que du [s].
- 2) Pour le second sujet, des contacts dissymétriques, beaucoup plus larges du côté gauche que du droit.
- 3) Pour le dernier sujet, des contacts très dissymétriques et beaucoup plus larges que dans les 3 autres cas.

Ces résultats indiquent qu'à l'introduction d'une nouvelle prothèse le couloir phonatoire est réduit, générant ces anomalies sur les palatographes. En revanche, après un certain laps de temps le patient va s'adapter, ce que les auteurs nomment la « compensation posturale progressive », permettant un retour plus ou moins rapide à une fonction normale.

4.4 Etude de Foti (1998) (42)

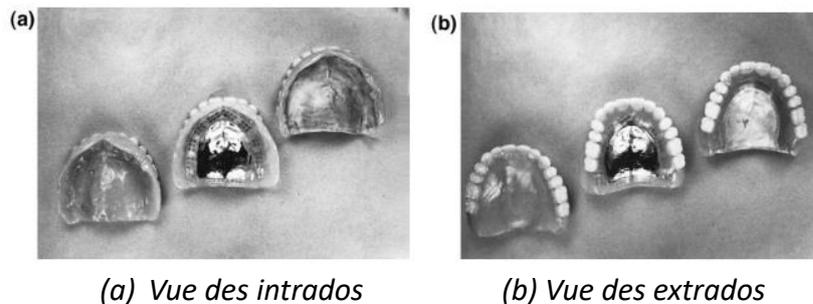
Objectifs

Evaluer la qualité de la parole en fonction des matériaux utilisés pour la confection des prothèses.

Méthodes

2 sujets édentés chez qui ont été réalisées 3 prothèses amovibles complètes dans différents matériaux : aluminium, résine et stellite. 6 personnes ont été chargées de l'écoute des enregistrements. Lecture de 6X50 (soit 300) logatomes), de type consonne-voyelle-consonne (lesquelles ne sont pas précisées dans l'étude), dans une chambre anéchoïque (chambre sourde).

Les enregistrements sont réalisés avec les 3 différentes prothèses et sans les prothèses.



Résultats

Les résultats ont été séparés en 3 groupes, un groupe « métal » regroupant les prothèses aluminium et stellite, un groupe « résine » et un groupe « sans prothèse ». Les résultats du seuil de réception de la parole (en dB) variaient de 45 à 49 pour le groupe métal, de 47 à 95 pour les résines, et de 48 à 35 pour ceux sans prothèse. Le SRT varie en fonction de l'interaction entre l'orateur et le matériel.

Les résultats étaient donc significativement plus bas, et donc meilleurs pour les PAC réalisées en métal. Il est également à noter que les 2 patients se sentaient plus à l'aise avec ce type de prothèse.

4.5 Etude de Scarsellone (1999) (43)

Objectif

Evaluer les effets des prothèses maxillaires sur les valeurs de nasalance pour des sujets sains âgés.

Méthodes

20 femmes anglophones âgées de 61 à 81 ans, porteuses de prothèse amovible maxillaire. Un nasomètre est utilisé pour collecter les valeurs de nasalance. Les participantes ont été invitées à lire 3 passages standards, à haute voix, 3 fois chacun, dans 2 conditions : avec et sans leurs prothèses.

Résultats

Les valeurs de nasalance sont significativement plus basses sans les prothèses, et la différence de nasalance entre les 2 conditions est en moyenne de 2%.

Les valeurs de nasalance les plus hautes, obtenues lorsque les prothèses sont en place, peuvent être attribuées à une diminution des dimensions de la cavité orale, et à une augmentation de l'impédance acoustique orale, résultant en une réduction de quantité d'énergie acoustique transmise au nasomètre.

De plus, cela suggère que la variabilité de la nasalance, observée lors du port des prothèses, est liée à une interférence prothèse - information mécanoréceptive nécessaire pour que l'articulation soit toujours exacte.

Ces résultats fournissent des informations préliminaires sur les effets de la résonance et de la variabilité articulatoire qui peuvent être associées aux obturateurs, fentes palatines et traitement des insuffisances vélo-pharyngées.

L'auteur précise également que la nasalance augmente légèrement pour les sujets âgés, en relation avec les modifications de la fibromuqueuse.

4.6 Etude de Stelzle (2010) (1)

Objectif

Créer et valider un système de reconnaissance de la parole sur ordinateur (ASR) pour une évaluation automatique de la parole sur des patients édentés, après réhabilitation prothétique par des prothèses amovibles complètes.

Le but de l'ASR est de pouvoir comparer des études standardisées.

Méthodes

Pour étudier l'impact de la prothèse sur la parole des patients édentés, celle-ci a été évaluée et comparée avec et sans PAC.

28 patients ont dû lire un texte standardisé, 2 fois, avec et sans prothèse en place. Un groupe témoin de 40 personnes, dont les individus présentent une dentition naturelle, a été enregistré dans les mêmes conditions.

La qualité de la parole est évaluée au moyen d'un polyphone ASR, et selon le pourcentage de précision dans la prononciation d'un mot, le WA (Word Accuracy).

Résultats

L'évaluation de la parole par des auditeurs experts, et la mesure automatique du WA par l'ASR, ont montré une forte corrélation (corr = 0,71).

Le WA a été significativement réduit pour les patients édentés (55,42+/- 13,1), en comparaison avec le groupe témoin (69,79 +/- 10,6).

D'autre part, le port de PAC augmente significativement le WA chez les patients édentés (60,0 +/- 15,6), et l'évaluation de l'intelligibilité par des experts est bien meilleure.

On observe ainsi des résultats similaires, concernant l'intelligibilité, entre le groupe témoin et les patients porteurs de PAC adaptées (les PAC inadaptées ayant tendance à la détériorer).

La qualité de production de la parole est donc significativement réduite après la perte des dents. Permettre aux patients de retrouver une parole de qualité est une part importante de la réhabilitation dentaire, et elle peut être améliorée pour les patients édentés par le biais des prothèses.

L'ASR a été jugé comme un outil utile et facile d'application pour l'évaluation automatique et standardisée de la parole.

L'auteur précise que toute modification dans la cavité buccale peut influencer la phonation, et que ceci est d'autant plus vrai pour les prothèses inadaptées ou instables puisque le patient compensera ces déficiences lors de la parole.

D'après un questionnaire remis aux patients au cours d'une étude, ceux-ci estiment leur intelligibilité meilleure lors du port de prothèses implanto-portées, en comparaison avec des prothèses conventionnelles, celles-ci présentant une meilleure fixité.

4.7 Etude de Voisin (2011) (6)

Objectifs

Comprendre quelles sont les perturbations créées par l'introduction de plaques maxillaires et mandibulaires de volumes similaires à ceux des prothèses amovibles.

Méthodes

Les sujets sont des étudiants en chirurgie dentaire âgés de 20 à 30 ans.

Pour chacun, une plaque palatine maxillaire et une mandibulaire sont réalisées en résine acrylique d'environ 2mm. La rétention est assurée par des crochets boules.

5 enregistrements sont effectués :

- Le premier sans les plaques, pour référence
- Le deuxième immédiatement après mise en place des plaques
- Le troisième 30 minutes plus tard
- Juste avant le quatrième enregistrement, une surépaisseur de 10mm de résine est créée sur les plaques
- Le dernier enregistrement a lieu 30 minutes après cette adjonction de résine

La première étude est acoustique, réalisée avec le logiciel Praat. Les consonnes étudiées sont [s], [ʃ], [k], [g], et la voyelle est toujours [a].

Pour les consonnes, sont étudiés: le centre de gravité du bruit de friction, la durée du bruit de friction et l'intensité de ce bruit. Pour [g], le VOT est également étudié, et pour [k] la barre de burst est incluse dans les mesures.

Pour la voyelle, ce sont la durée du segment périodique ainsi que les 3 fréquences (F0, F1 et F2) qui sont étudiées.

La seconde étude est perceptive, il est demandé à 10 auditeurs sans formation particulière à la phonétique de déterminer quelle consonne ils ont entendu.

Résultats

L'étude acoustique met en évidence, après mise en place des plaques :

- Une diminution du centre de gravité du spectre des consonnes
- Une diminution de l'intensité du bruit de ces consonnes
- Une élévation de la fréquence fondamentale de la voyelle
- Une augmentation de la fréquence du premier formant de la voyelle

L'étude perceptive révèle un taux de reconnaissance de 91%, la principale confusion étant pour les fricatives [s] et [ʃ].

4.8 Etude d' Adaki (2013) (44)

Objectifs

Evaluer l'analyse acoustique et l'intelligibilité des patients édentés.

L'influence de la prothèse conventionnelle, des crêtes palatines transverses (CPT) conventionnelles ou personnalisées, sur la parole des patients porteurs de prothèse amovible totale a également été évaluée.

Méthodes

10 patients en bonne santé âgés de 55 à 70 ans (9 hommes, 1 femme), reçus au département de prothèse de l'université de Mumbai, chez qui ont été réalisées des prothèses amovibles complètes. Tous présentaient des crêtes moyennes et une relation inter-crêtes de classe I.

Des prothèses amovibles totales maxillaires et mandibulaires ont été réalisées pour chaque patient de manière conventionnelle en maintenant une dimension verticale adéquate et une relation centrée correcte.

Les analyses ont été effectuées le jour de la livraison.

Fabrication des crêtes palatines transverses conventionnelles: après le 2nd enregistrement, des CPT sont réalisées en sculptant la zone retro-incisive. Une ligne droite verticale de 20-25 mm partant de la papille incisive et 3-4 lignes horizontales de part et d'autre de la ligne verticale, en suivant le contour des CPT naturels.

Fabrication des crêtes palatines transverses personnalisées: une empreinte de la région palatine antérieure est effectuée et utilisée comme moule pour la fabrication de CPT personnalisés.

Les enregistrements sont effectués sans les prothèses, avec les prothèses conventionnelles, avec les prothèses ayant des CPT arbitraires et avec les prothèses ayant des CPT personnalisés. Chaque enregistrement est réalisé avec un intervalle de 10 jours.

L'évaluation est faite par analyse spectrographique et par utilisation d'une échelle d'intelligibilité.

Les 4 enregistrements sont analysés et comparés avec le test « t » de jumelage.

Résultats

On observe une amélioration significative du FPNE (Frequency Peak Noise Energy), qui dépend du lieu d'articulation entre la langue et le palais pour les prothèses avec CPT.

Les plus mauvais résultats sont obtenus lorsque les prothèses ne sont pas portées.

En résumé, il existe, pour les prothèses avec CPT, une amélioration statistique :

-Du FPNE du [s]

-De la fréquence de l'antiformant du [n]

Il existe aussi pour ces prothèses une amélioration relative :

-Du FPNE du [ʃ]

-De la fréquence d'explosion et du Voice Onset Time du [d]

L'analyse de l'intelligibilité a montré que des erreurs se produisent lorsque les patients portaient les prothèses conventionnelles, tandis qu'une amélioration relative se produisait avec les prothèses avec CPT.

De plus, les CPT personnalisées montrent des résultats légèrement meilleurs que les CPT arbitraires.

Les résultats pour [s] [ʃ] [t] [d] étaient meilleurs pour les prothèses avec CPT en comparaison aux PAC conventionnelles.

Les résultats de cette étude sont d'ailleurs similaires à ceux obtenus par Pound et Palmer durant leurs expériences sur le même type de prothèses.

4.9 Etude de Zakkula (2014) (45)

Objectif

Evaluer l'effet de l'épaisseur de la plaque palatine acrylique (de 1 à 3mm) sur la phonation.

Méthodes

12 sujets sélectionnés aléatoirement, âgés de 20 à 25 ans, présentant une dentition complète et sans problème de phonation.

L'évaluation de la parole a été effectuée dans 4 conditions expérimentales : sans plaque palatine acrylique (témoin), et avec une plaque palatine acrylique de 3 épaisseurs différentes, respectivement 1mm, 2mm et 3mm.

Le test consistait en la production des voyelles [a], [i] et [o]. L'analyse de la phonation a été réalisée via un logiciel (PRAAT) = Analyse digitale acoustique.

Les résultats obtenus ont été statistiquement analysés par une ANOVA et un test de Tukey multiple post-hoc, pour comparer les 4 conditions expérimentales.

Résultats

Les principales valeurs d'HNR (harmonics to noise ratio) obtenues pour chacune des conditions expérimentales n'ont pas montré de différences significatives ($p > 0,05$).

En conclusion, une augmentation de l'épaisseur de la plaque palatine acrylique de 1mm à 3mm, sur des prothèses amovibles maxillaires partielles ou complètes, n'entraîne aucun effet sur la prononciation des voyelles [a], [i] et [o].

5. MATERIELS ET METHODES

5.1 Echantillon d'étude

Dix patients porteurs de prothèses complètes d'usage maxillaire et mandibulaire en résine, cinq hommes et cinq femmes, ont participé à cette étude.

Le plus jeune est âgé de 32 ans, et le plus âgé a 72 ans. La moyenne d'âge est de 57 ans.

Tous ont le français pour langue maternelle et aucun ne parle une autre langue.

Sept sont des patients du centre de soins de la faculté de chirurgie dentaire de Lille, et trois sont des patients de cabinets libéraux.

Deux témoins, un homme et une femme, non édentés, ont également été enregistré. Ils sont tous deux dans la même tranche d'âge que les patients porteurs de prothèses.

5.2 Méthode d'enregistrement

Les enregistrements ont été effectués quatre semaines après la livraison des prothèses, puisqu'entre un mois après livraison des prothèses, et six mois après, aucune différence significative d'intelligibilité n'a pu être démontrée par les précédentes études, les prothèses étant parfaitement intégrées. (4,46)

Ils ont eu lieu au sein de la faculté de chirurgie de Lille pour six patients et dans un cabinet privé pour les quatre patients restants.

Tous les enregistrements ont été réalisés dans une pièce calme par le biais d'un microcasque Plantronics 355 de bande passante de 20 à 20000 Hz. Le patient était en position assise, de sorte à ce que la verticalité du buste soit assurée et permette une phonation efficace. Le micro était placé à une distance constante de 4 cm des lèvres.

Le microphone était relié à un PC portable, et l'acquisition des échantillons vocaux était faite en format .WAV (Windows Audio Video), par l'intermédiaire du logiciel Praat. Les enregistrements ont été échantillonnés en mono à 44100 Hz.

5.3 Les enregistrements

Le protocole d'enregistrement acoustique se compose de six corpus, répétés deux fois. Ce protocole est détaillé en annexe1:

- Le premier consiste en la prononciation des voyelles orales [a], [e], [i], [u], [o], et des voyelles nasales [ɛ̃], [ɔ̃], [ɑ̃].
- Le second en la prononciation de syllabes de type VCV (voyelle - consonne - voyelle), où chaque consonne du français est représentée, et où la voyelle est toujours [a].
- Ensuite, par l'énonciation de phrases de type mot - voyelle isolée - mot, le mot étant composé de la consonne [l] et, successivement, des voyelles [a], [e], [i], [u], [o], [y], [ø], [ɛ̃], [ɑ̃], [ɔ̃], voyelles qui sont reprises isolément.
- Puis, par la prononciation de phrases de type mot - voyelle isolée - mot, où le mot est de type consonne-voyelle, avec pour consonne : [k], [g], [l], [b], [m], [d], [n], [v], [f], [s], [p], [t], [z], [ʃ], [ʒ], [r], et pour voyelle : [a], [i], [o], [u], [ɑ̃].
- Puis la lecture d'une série de phrases.
- Et enfin, par la lecture d'un conte pour enfant intitulé « Le cordonnier ».

Pour finir, l'expérimentateur conversait naturellement avec le patient afin d'obtenir une parole spontanée, et lui demandait d'exprimer son ressenti concernant la prothèse, et sa phonation avec celle-ci.

Le protocole était réalisé dans un premier temps avec les prothèses, puis sans prothèses après avoir laissé un temps de réadaptation au patient.

5.4 Analyse acoustique

Les échantillons vocaux ont été analysés grâce au logiciel freeware Praat. Chaque échantillon a été segmenté sur un *Textgrid* propre, intitulé de la même manière que le fichier « son » pour plus de clarté.

Cinq *tiers*, ou bandes de segmentation, sont utilisées. La première permet la segmentation du phonème, la seconde du mot, et la troisième du relâchement qui intéresse les consonnes occlusives. Les deux dernières servent à indiquer le nom et le sexe du patient.

Pour cette analyse, plusieurs scripts Praat ont été créés, à partir de ceux réalisés par Mr Cédric Gendrot, maître de conférences à Paris 3, et disponibles sur son site internet :

<http://gendrot.ilpga.fr/scripts.htm>

Ces scripts ont été modifiés dans le but d'obtenir :

- Pour les voyelles : leur durée (en ms), leur intensité (en dB) et la valeur de leur formants (en Hz).
- Pour les consonnes : leur HNR, COG, ZCR, Skewness, Kurtosis, déviation standard, leur F0 (en Hz), leur durée (en ms) et leur intensité (en dB).

Parmi les valeurs ainsi obtenues, nous avons choisi d'analyser :

- Pour les voyelles : les valeurs du premier et deuxième formant, F1 et F2.
- Pour les fricatives : les HNR, COG, ZCR, Skewness, Kurtosis et leur déviation standard.

Si nous avons choisi de concentrer l'étude des consonnes sur les fricatives, c'est parce que celles-ci sont les plus susceptibles d'être modifiées par l'introduction ou le retrait des prothèses, puisqu'elles sont caractérisées par un bruit de friction dépendant du volume de la cavité orale et des zones de contacts entre la langue et le palais.

Pour les voyelles, deux comparaisons statistiques seront alors effectuées, la première entre les groupes *hommes avec prothèses* et *hommes sans prothèses*, la deuxième entre *femmes avec prothèses* et *femmes sans prothèses*.

Nous avons choisi de comparer des groupes de même sexe par souci d'homogénéité, car les fréquences du F0 et des formants sont variables selon le sexe. (47)

En revanche, pour les consonnes, le bruit de friction est similaire entre les deux sexes.

Dans le souci d'alléger la présentation de ce travail, les groupes *hommes* et *femmes* seront donc groupés pour l'étude des fricatives.

Nous avons cependant décidé d'effectuer la comparaison statistique entre les groupes *avec prothèses*, *sans prothèses* et *témoin*, afin de déterminer si les prothèses permettent de recouvrer une voix semblable à celle d'une personne dentée.

5.5 Tests statistiques

Afin de déterminer si la prothèse a une incidence sur les facteurs que nous avons décidé d'étudier, et qui ont été détaillé dans le paragraphe précédent, un test statistique doit être réalisé.

Le logiciel utilisé pour l'exploitation des données acoustiques quantitatives est XLSTAT®.

Pour l'étude des voyelles

Etant donné la taille de l'échantillon et le nombre de données recueillies, nous estimons que la distribution suit une loi normale. Ceci nous permet de mettre en œuvre le test t de Student, à données non-appariées puisque les enregistrements ont été effectués à des dates différentes avec un nombre de répétitions pouvant varier d'un patient à l'autre. Certains phonèmes réalisés avec des larsens ont été supprimés et non étudiés, ce qui contre indique l'utilisation d'un test apparié.

Le test t de Student consiste en la comparaison de deux moyennes entre elles, et repose sur l'hypothèse nulle H_0 , et l'hypothèse alternative H_1 qui sera dans notre cas bilatérale, puisqu'on ne peut présager du sens de la différence.

L'hypothèse nulle H_0 est qu'il n'existe aucune différence significative entre les données enregistrées avec prothèses et sans prothèses.

L'hypothèse alternative H_1 est qu'il existe une différence significative entre celles-ci.

C'est le logiciel qui calcule automatiquement le niveau de significativité, noté « p ». S'il est inférieur à 0.05, alors H_0 pourra être rejetée, et nous constaterons donc une différence significative entre les deux distributions.

Pour l'étude des consonnes

Puisque nous comparons ici trois groupes, c'est une modélisation ANOVA simple à un facteur qui doit être employée.

L'ANOVA nous permet de comparer une variable quantitative (comme les facteurs HNR, COG, ZCR, etc.) à une variable qualitative (le port ou non de prothèses, ou le cas témoin).

La démarche statistique est de comparer la variance intra-groupes à la variance inter-groupes.

L'hypothèse nulle H_0 est ici que le facteur « prothèses » n'est pas influent, c'est-à-dire que la variance inter-groupes due au facteur est égale ou inférieure à la variance intra-groupes.

Tandis que l'hypothèse alternative H_1 est que ce facteur est influent, et donc que la variance inter-groupes est supérieure à la variance intra-groupes.

L'ANOVA s'appuie sur le test de comparaison de moyennes multiples de Tukey.

6. RESULTATS

6.1 Analyse des voyelles

L'hypothèse de départ concernant les voyelles est que, 4 semaines après la pose des prothèses amovibles totales, celles-ci n'influenceront aucunement leurs réalisations. Selon nous, l'ajout de 2mm de résine ne modifiera pas la position linguale (antériorité-postériorité ; F1), ni le degré d'aperture (F2) dans des conditions acoustiquement décelables ; leurs réalisations avec et sans prothèses devraient être identiques.

L'observation des triangles vocaliques devrait montrer une similarité de positionnement des phonèmes, selon leurs F1 et F2. D'autre part, l'étude statistique des données formantiques devrait résulter en une différence non significative lors de l'étude acoustique avec et sans prothèses.

6.1.1 Triangles vocaliques

C'est ici le troisième exercice du corpus qui est étudié, exercice qui consiste en la lecture d'une liste de phrases structurées en *mot - voyelle isolée - mot*, où le mot est de type CV (consonne - voyelle). Les voyelles orales [a], [e], [i], [o], [u], [y], [ø] et trois voyelles nasales [ã], [ẽ], [õ] sont analysées dans le but d'obtenir les valeurs de leurs premiers et deuxièmes formants.

A partir des données ainsi recueillies, nous avons réalisés des triangles vocaliques. Un triangle a été effectué pour le groupe *hommes*, et un pour le groupe *femmes*.

Un triangle vocalique est une représentation graphique des voyelles, où leur premier formant est placé en ordonnée, et leur deuxième formant en abscisse. Par convention, les voyelles présentant un F1 faible se trouveront en haut du graphique, et celles ayant un F2 faible se trouveront à droite. Une ellipse est dessinée autour de la voyelle pour représenter la déviation standard.

Pour rappel, selon nous, la position des phonèmes rangés selon leurs F1 et F2 devrait être similaire avec et sans prothèses.

Voici, à titre d'exemple, la figure obtenue pour le patient *Homme n°2* :

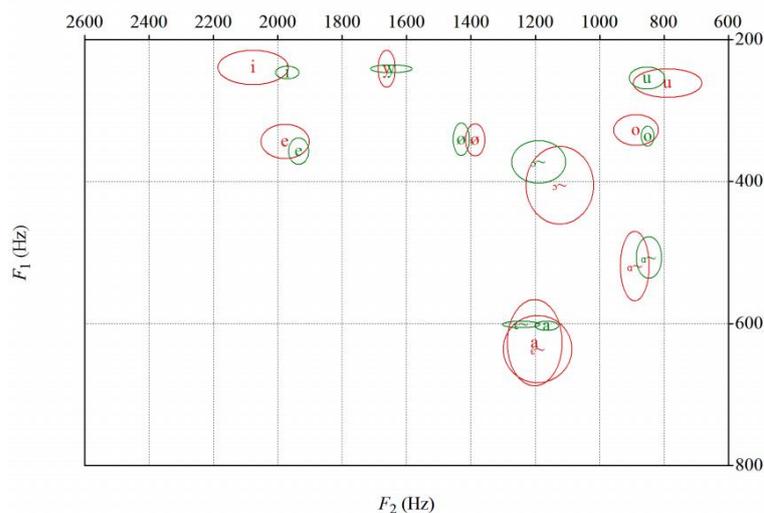


Figure 9 : Triangle vocalique reprenant les deux premiers formants et leurs déviations standards de 7 voyelles orales et 3 nasales du patient *Homme n°2*. En rouge : données enregistrées avec prothèses, en vert : sans prothèses.

Cas des hommes

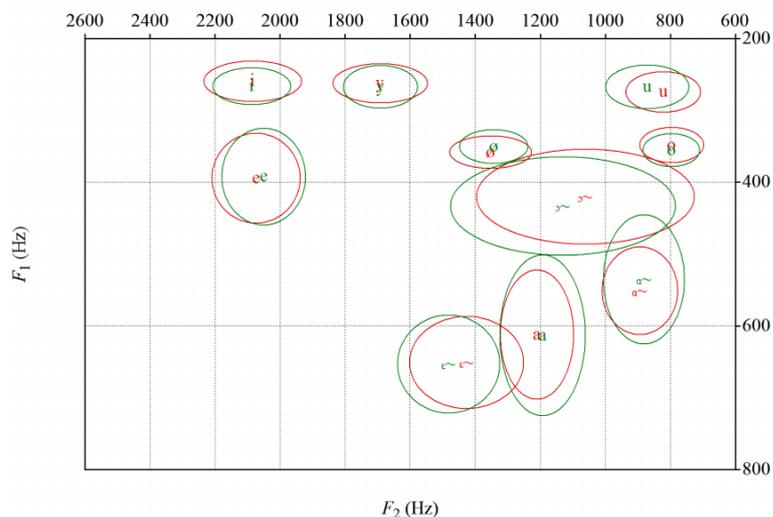


Figure 10 : Triangle vocalique reprenant les deux premiers formants et leurs déviations standards de 7 voyelles orales et 3 nasales des 5 patients hommes. En rouge : données enregistrées avec prothèses, en vert : sans prothèses.

Sur la figure, l'ensemble des phonèmes sont très proches avec et sans prothèses. Le port des prothèses ne semble donc pas modifier les valeurs des F1 et F2.

Cas des femmes

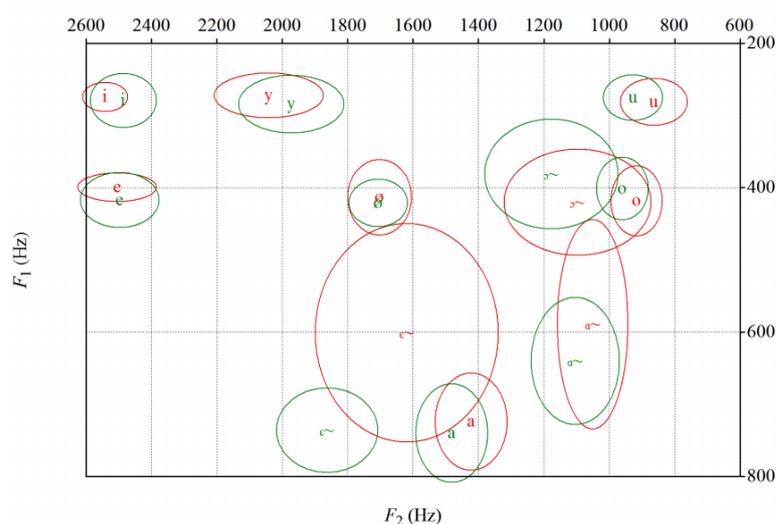


Figure 11 : Triangle vocalique reprenant les deux premiers formants et leurs déviations standards de 7 voyelles orales et 3 nasales des 5 patientes femmes.
En rouge : données enregistrées avec prothèses, en vert : sans prothèses.

En ce qui concerne les femmes, les phonèmes [a], [e], [i], [o], [u], [y], [ø] et [ɔ̃] sont très semblables avec et sans prothèses.

En revanche, le phonème [ã] semble légèrement modifié, le F1 présentant une variation plus importante, et étant en moyenne plus bas, lorsque les prothèses sont en bouche.

De même, une différence notable sur le phonème [ẽ] est relevée : le F1 et le F2 sont plus bas et plus étalés avec les prothèses.

Concernant le [ã], cette variation semble due à une grande différence de F1 pour la patiente *Femme n°1*, puisqu'après retrait des valeurs de cette patiente, nous obtenons la figure suivante, où le phonème [ã] est très similaire avec et sans prothèses :

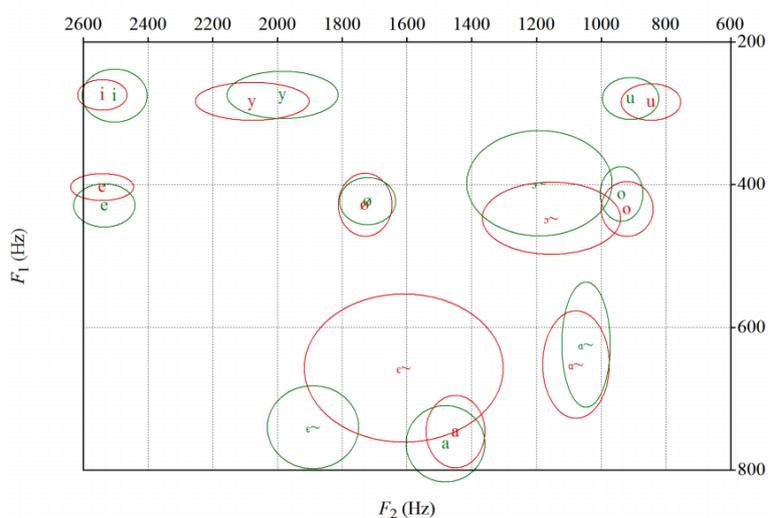


Figure 12 : Triangle vocalique reprenant les deux premiers formants et leurs déviations standards de 7 voyelles orales et 3 nasales de 4 patientes femmes (après exclusion des données de la patiente *Femme n°1*).
En rouge : données enregistrées avec prothèses, en vert : sans prothèses.

Dans le cas du [ɛ̃], la différence de F1 est causée uniquement par la patiente *Femme n°1*, et la variation du F2 uniquement par la patiente *Femme n°2*.

6.1.2 Analyse du F1

Pour rappel le F1 (le premier formant) est directement lié à l'aperture. Plus celle-ci est grande, et plus la fréquence du F1 est élevée.

Les valeurs du F1 ont été relevées à partir du 4^{ème} exercice du corpus, au cours duquel sont réalisées 5 voyelles du français : le [a], le [e], le [i], le [o], le [u] et le [ɑ̃].

Notre hypothèse est que le F1 ne sera pas modifié par le port des prothèses amovibles, puisqu'elles ne semblent pas avoir de lien avec l'ouverture buccale.

6.1.2.1 Pour le phonème [a]

Cas des hommes

Sur les 226 réalisations du phonème [a] avec prothèses, la moyenne des F1 est de 615Hz, avec un écart-type de 106Hz.

Ce même phonème a été effectué 205 fois sans prothèses, pour une moyenne des F1 de 614Hz, et un écart-type de 108Hz.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant1 (Hz) AP	226	0	226	419,0000	841,0000	614,7345	106,0267
formant1 (Hz) SP	205	0	205	417,0000	846,0000	614,3171	107,7842

Tableau 5 : Statistiques descriptives du F1 pour le [a] des hommes, données par XLSTAT

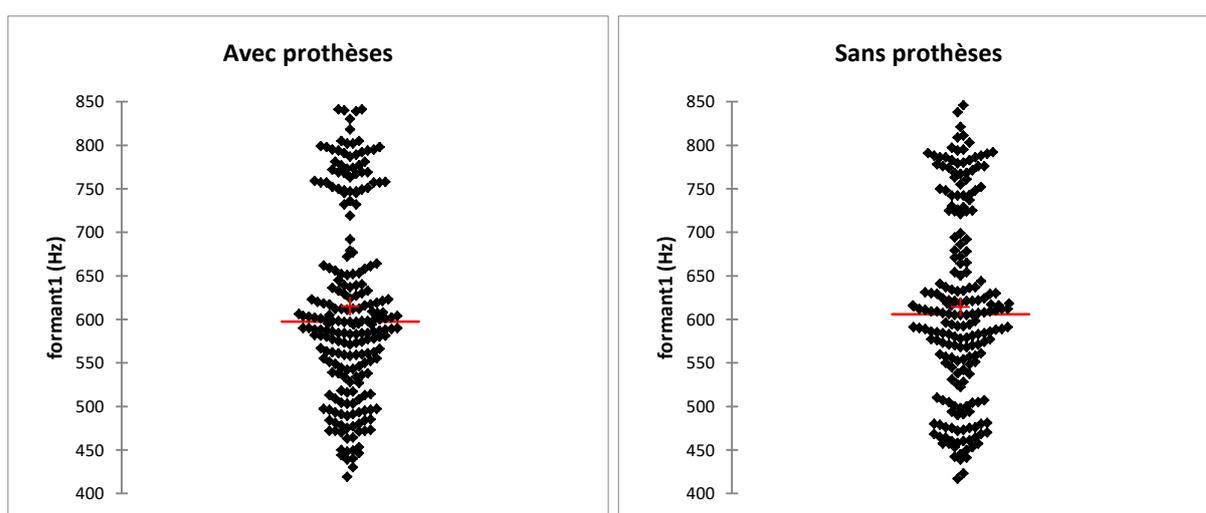


Figure 13 : Scattergrams des F1 du phonème [a] des hommes, avec et sans prothèses

Le test t bilatéral pour deux échantillons indépendants est effectué, avec un risque alpha à 5%, et une hypothèse nulle H_0 selon laquelle la différence entre les moyennes de F1 avec et sans prothèses n'est pas significative.

Nous obtenons alors une *p-value* de 0,9677, ce qui est supérieur au niveau de signification seuil alpha de 0,05. Ceci signifie que l'hypothèse H0 ne peut être rejetée, et que les prothèses n'ont pas d'influence sur le F1, et donc sur l'aperture, lors de la prononciation du phonème [a].

Cas des femmes

Le [a] est ici formulé 233 fois avec prothèses, nous donnant une moyenne de 727Hz et un écart-type de 88Hz.

Sans les prothèses, il a été réalisé 240 fois, avec une valeur moyenne de 740Hz et un écart-type de 77Hz.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant1 (Hz) AP	233	0	233	459,0000	951,0000	726,5880	88,3937
formant1 (Hz) SP	240	0	240	533,0000	879,0000	740,4542	77,0661

Tableau 6 : Statistiques descriptives du F1 pour le [a] des femmes, données par XLSTAT

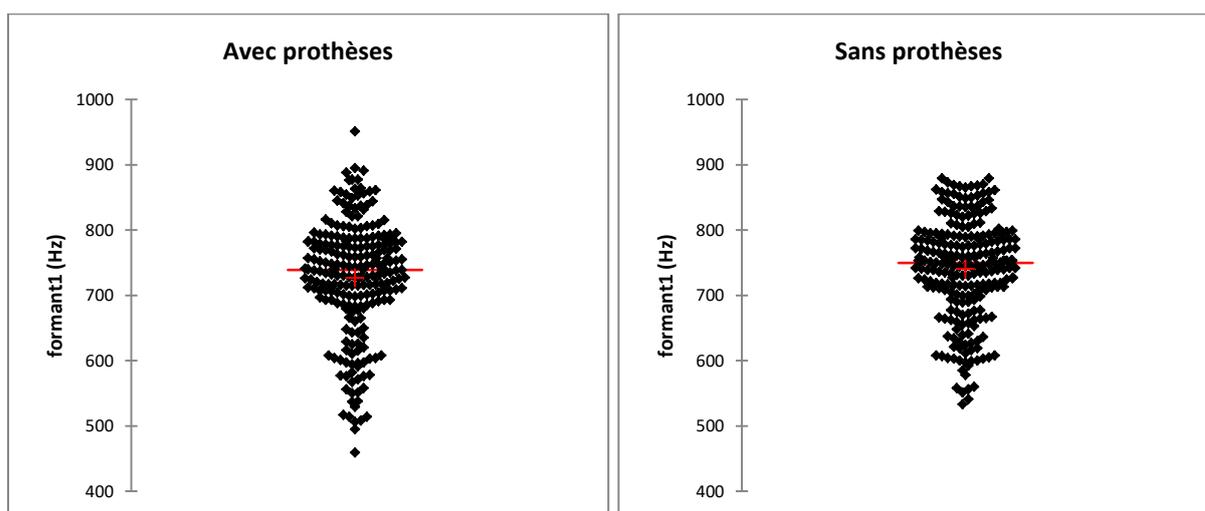


Figure 14 : Scattergrams des F1 du phonème [a] des femmes, avec et sans prothèses

L'hypothèse H0 selon laquelle il n'y a pas de différence significative entre les moyennes des F1 avec et sans prothèses est à nouveau posée. A l'aide du *t test*, cette hypothèse ne peut être rejetée car la *p-value* qui nous est donnée est de 0.0694, valeur supérieur au seuil alpha de signification de 0.05.

Comme pour les hommes, les prothèses n'ont donc pas d'incidence sur la moyenne du F1.

6.1.2.2 Pour le phonème [i]

Cas des hommes

Le phonème [i] est réalisé 242 fois avec prothèses, et 235 fois sans prothèses. Les moyennes restent très proches dans les deux configurations, avec une valeur de 250Hz avec les prothèses, et de 254Hz sans celles-ci. Les écarts-types suivent la même tendance, avec des valeurs respectives de 24Hz et 26Hz.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant1 (Hz) AP	242	0	242	191,0000	330,0000	249,9545	23,8037
formant1 (Hz) SP	235	0	235	154,0000	345,0000	254,4213	26,2229

Tableau 7 : Statistiques descriptives du F1 pour le [i] des hommes, données par XLSTAT

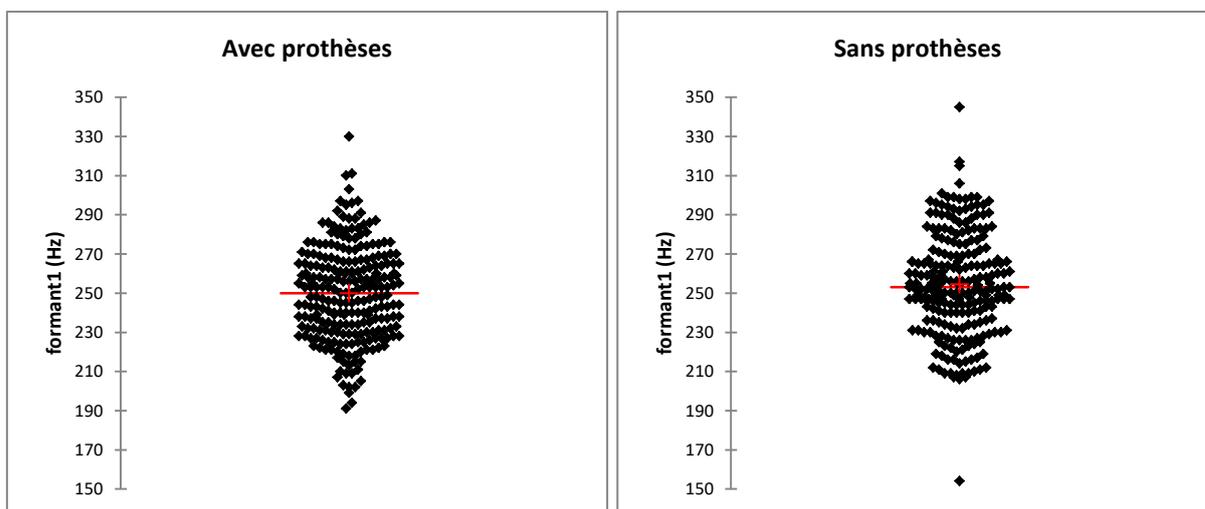


Figure 15 : Scattergrams des F1 du phonème [i] des hommes, avec et sans prothèses

La p -value donnée par le t test étant de 0.0519, l'hypothèse nulle ne peut être rejetée, et nous pouvons donc conclure à l'absence de différence significative entre les moyennes des F1 avec et sans prothèses.

Cas des femmes

Sur les 238 répétitions de la voyelle [i] avec prothèses, et 234 sans les prothèses, les moyennes des F1 restent très proches, avec des valeurs respectives de 274Hz et 277Hz. Il en est de même pour les écarts-types, avec des valeurs de 31Hz avec les prothèses et 28Hz sans.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant1 (Hz) AP	238	0	238	200,0000	383,0000	273,5588	30,9433
formant1 (Hz) SP	234	0	234	219,0000	373,0000	277,4573	27,7049

Tableau 8 : Statistiques descriptives du F1 pour le [i] des femmes, données par XLSTAT

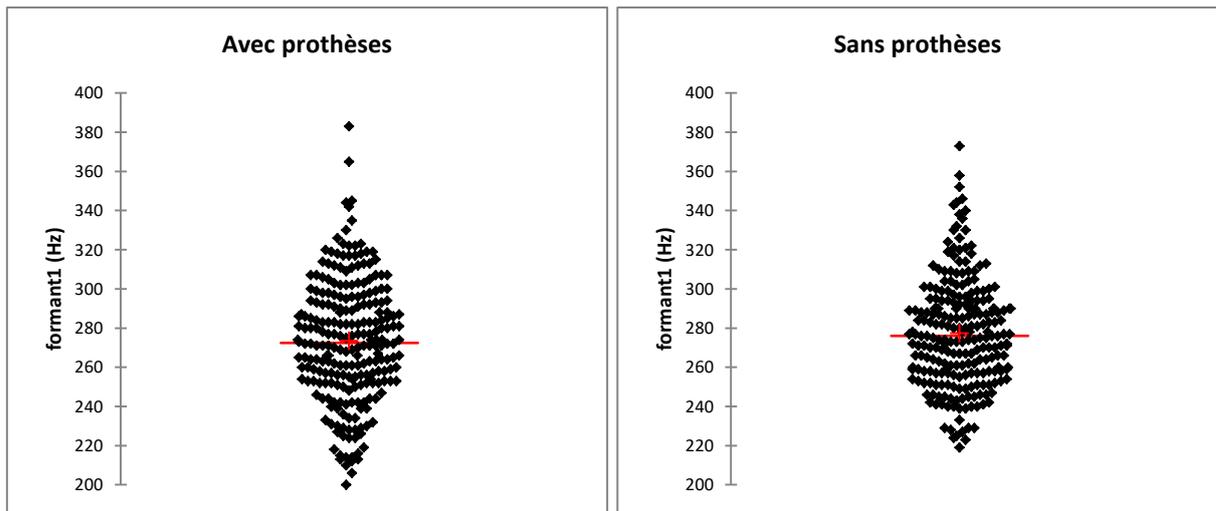


Figure 16 : Scattergrams des F1 du phonème [i] des femmes, avec et sans prothèses

Le test t nous permet de confirmer qu'il n'existe pas de différence significative entre les moyennes, puisque la p -value obtenue est de 0.1502, soit bien supérieure au niveau de signification seuil de 0.05. L'hypothèse H_0 n'est donc pas infirmée.

6.1.2.3 Pour le phonème [o]

Cas des hommes

On note ici 232 répétitions du phonème [o] avec les prothèses, avec une valeur moyenne de 371Hz et un écart-type de 33Hz. Sans les prothèses, nous relevons 222 répétitions, une moyenne équivalente à la précédente, de 372Hz, et un écart-type de 29Hz.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant1 (Hz) AP	232	0	232	285,0000	563,0000	370,7241	32,9073
formant1 (Hz) SP	222	0	222	297,0000	442,0000	372,3829	29,1692

Tableau 9: Statistiques descriptives du F1 pour le [o] des hommes, données par XLSTAT

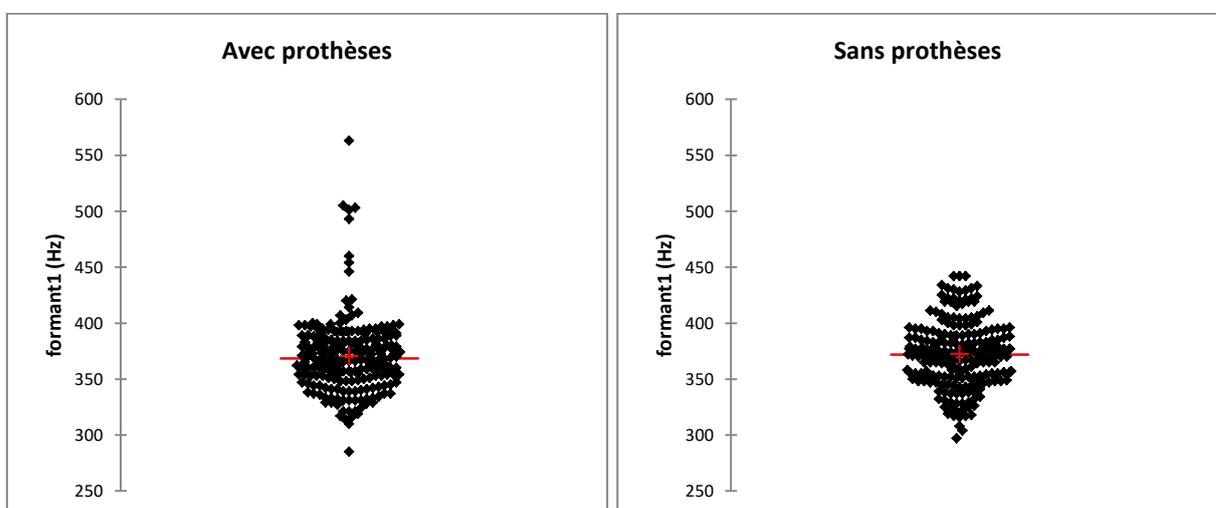


Figure 17 : Scattergrams des F1 du phonème [o] des hommes, avec et sans prothèses

Le test t révèle une p -value à 0,5707, largement supérieure à la valeur alpha. L'hypothèse H_0 ne peut ainsi pas être rejetée, et les prothèses ne semblent donc pas modifier le F1 du [o] pour ce groupe de patients.

Cas des femmes

La voyelle [o] a été répétée 220 fois avec les prothèses et 236 fois sans les prothèses. La moyenne du F1 lorsqu'elles sont portées est de 421Hz contre 416Hz lorsqu'elles sont ôtées, soit des valeurs assez proches. Les écarts-types sont quant à eux de 49Hz et 46Hz.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant1 (Hz) AP	220	0	220	275,0000	495,0000	421,2045	48,6003
formant1 (Hz) SP	236	0	236	307,0000	492,0000	415,7500	45,7497

Tableau 10 : Statistiques descriptives du F1 pour le [o] des femmes, données par XLSTAT

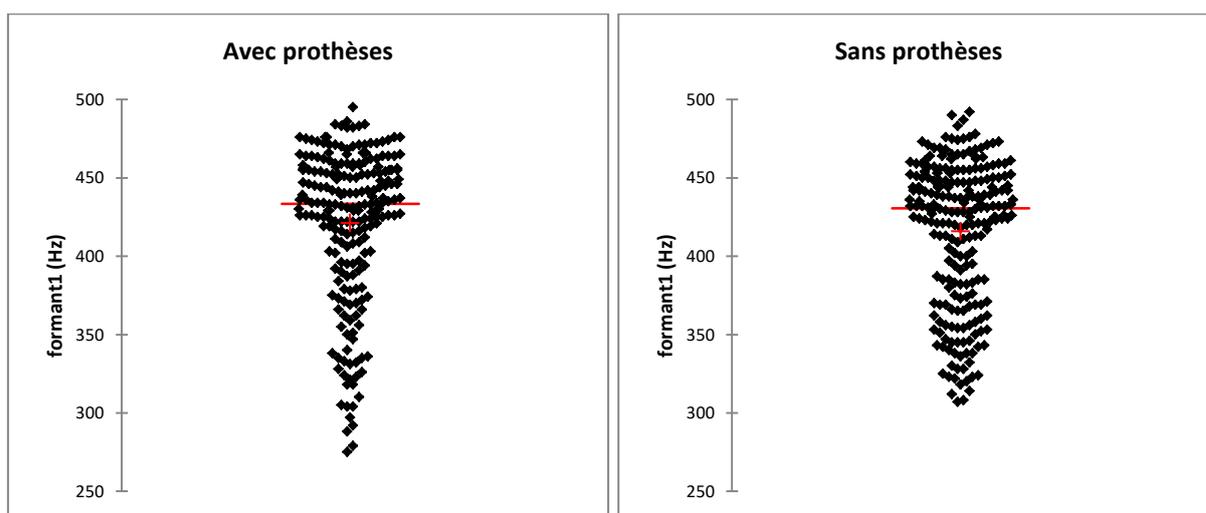


Figure 18 : Scattergrams des F1 du phonème [o] des femmes, avec et sans prothèses

Les *scattergrams* nous permettent de visualiser des distributions similaires du F1 de ce phonème. Le test t va dans le même sens, en révélant une p -value de 0,2176, ce qui ne nous permet pas de rejeter H_0 . Les valeurs du F1 sont donc sensiblement les mêmes avec et sans prothèses pour la voyelle [o].

6.1.2.4 Pour le phonème [u]

Cas des hommes

Les statistiques descriptives du F1 de la voyelle [u] montrent des valeurs extrêmement proches avec une moyenne avec prothèse de 283Hz et 282Hz sans prothèses. Il en est de même pour les écarts-types, leurs valeurs respectives étant de 31Hz et 30Hz.

Le nombre de répétitions du phonème était de 239 avec les prothèses, contre 242 sans les prothèses.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant1 (Hz) AP	239	0	239	204,0000	379,0000	283,1046	30,7079
formant1 (Hz) SP	242	0	242	219,0000	366,0000	282,3223	30,5211

Tableau 11 : Statistiques descriptives du F1 pour le [u] des hommes, données par XLSTAT

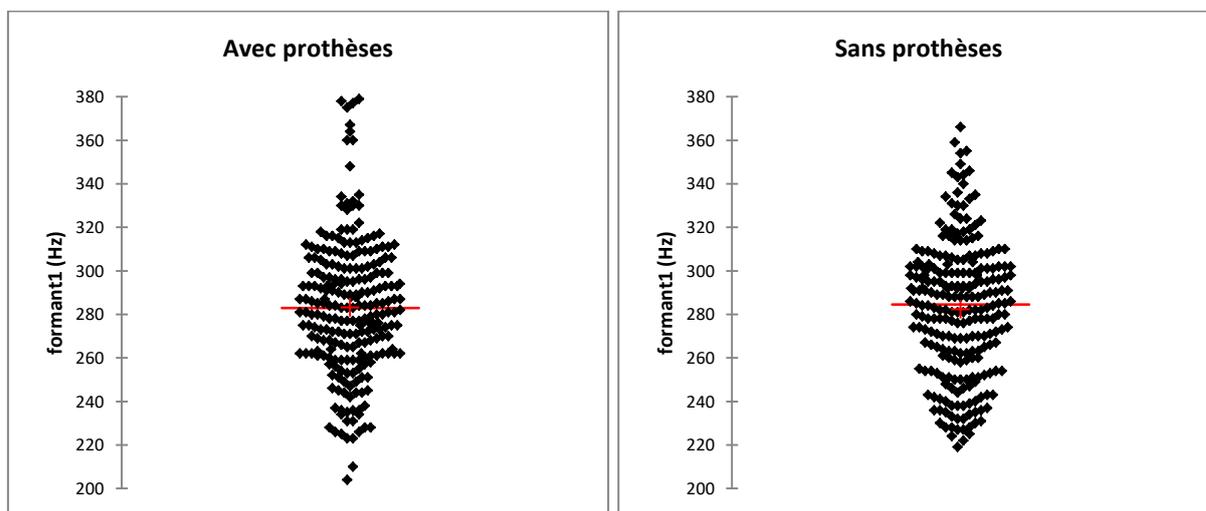


Figure 19 : Scattergrams des F1 du phonème [u] des hommes, avec et sans prothèses

Le test t bilatéral conclut à l'absence de différence statistique entre les deux distributions et au non rejet de H_0 , avec une p -value de 0,7794, corroborant l'absence de différence visible sur les statistiques descriptives.

Cas des femmes

On a ici 229 réalisations du phonème [u] avec les prothèses totales, et 227 sans les prothèses. Les moyennes restent proches avec, dans l'ordre, des valeurs de 288Hz et 294Hz. Concernant les écarts-types, les valeurs sont de 31Hz et 29Hz.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant1 (Hz) AP	229	0	229	162,0000	355,0000	288,3974	30,8467
formant1 (Hz) SP	227	0	227	234,0000	389,0000	293,8502	28,8791

Tableau 12 : Statistiques descriptives du F1 pour le [u] des femmes, données par XLSTAT

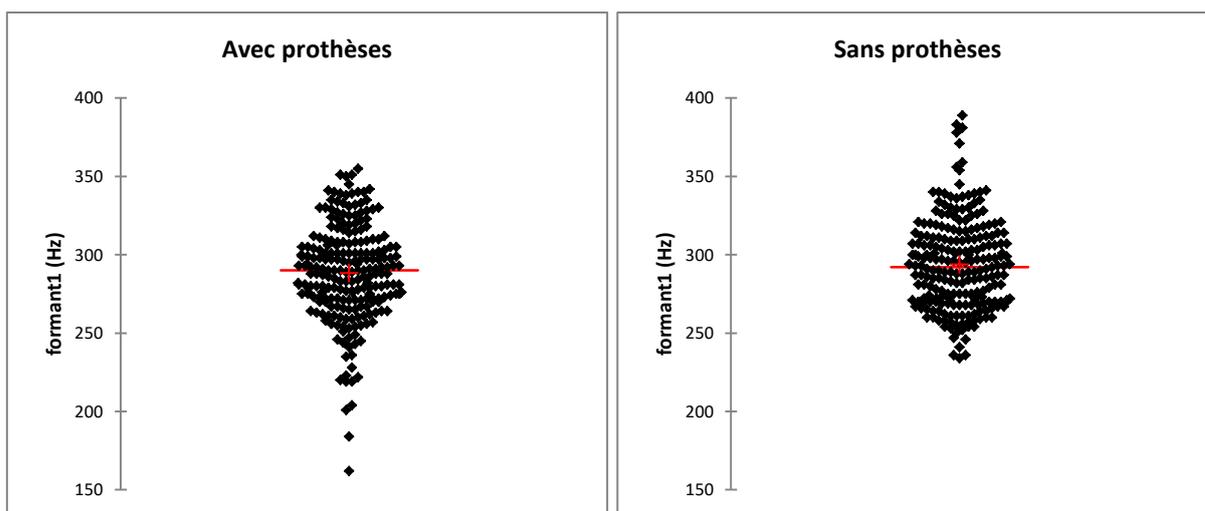


Figure 20 : Scattergrams des F1 du phonème [u] des femmes, avec et sans prothèses

Avec une p -value à 0,0520, soit légèrement supérieure à la valeur alpha de 0,05. Le t test nous indique donc de ne pas rejeter l'hypothèse H_0 , concluant à l'absence de différence de moyennes des F1 du [u] avec et sans prothèses.

6.1.2.5 Pour le phonème [ĩ]

Cas des hommes

La voyelle nasale [ĩ] a été prononcée 223 fois avec les PAT, et 208 fois sans celles-ci. Il ne semble pas y avoir de variation importante induite par les prothèses, les valeurs des moyennes et écarts-types étant de 546Hz et 82Hz avec les PAT, et 554Hz et 92Hz sans les PAT.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant1 (Hz) AP	223	0	223	315,0000	730,0000	545,7982	81,9482
formant1 (Hz) SP	208	0	208	362,0000	753,0000	554,1731	92,4798

Tableau 13 : Statistiques descriptives du F1 pour le [ĩ] des hommes, données par XLSTAT

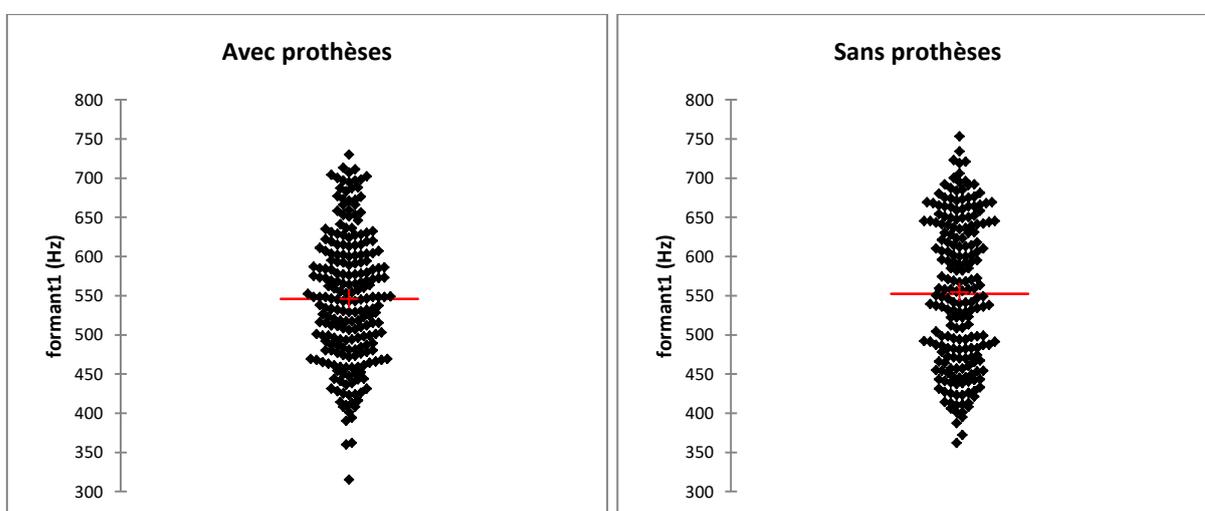


Figure 21 : Scattergrams des F1 du phonème [ĩ] des hommes, avec et sans prothèses

Le *t test* nous indique, avec une *p-value* de 0,3196, que H_0 ne peut être rejetée, et confirme donc la tendance relevée sur les statistiques descriptives et *scattergrams*, à savoir que les prothèses n'entraînent pas de modification du premier formant, ni de l'aperture.

Cas des femmes

Sur les 221 occurrences avec prothèses, et 239 sans prothèses, une différence certaine des moyennes est relevée, avec des valeurs respectives de 601Hz et 637Hz. Différence qui se retrouve au niveau des valeurs de l'écart-type, calculées à 142Hz et 89Hz.

Cette distribution est visible sur les *scattergrams* (figure 22), qui matérialisent une répartition moins groupée avec prothèses, et des valeurs du F1 autour de 300-400Hz non retrouvées sans prothèses.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant1 (Hz) AP	221	0	221	291,0000	854,0000	601,2941	142,1390
formant1 (Hz) SP	239	0	239	354,0000	862,0000	637,1715	88,5968

Tableau 14 : Statistiques descriptives du F1 pour le $[\tilde{a}]$ des femmes, données par XLSTAT

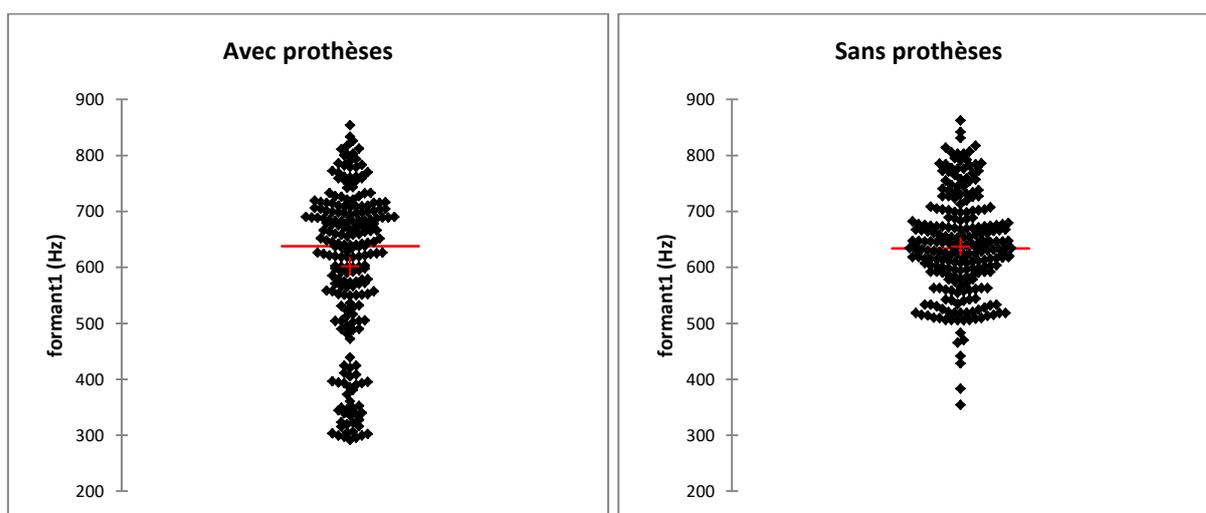


Figure 22 : Scattergrams des F1 du phonème $[\tilde{a}]$ des femmes, avec et sans prothèses

Le *t test* pour deux échantillons indépendants donne une *p-value* de 0.0011. Cela nous permet de conclure que l'hypothèse nulle doit être rejetée, et que c'est l'hypothèse alternative qui doit être retenue. Ce qui signifie qu'il existe une différence significative des moyennes du F1 du phonème $[\tilde{a}]$ avec et sans prothèses.

Cette conclusion est en accord avec les résultats obtenus sur le triangle vocalique des femmes, qui indiquait un F1 du $[\tilde{a}]$ généralement plus bas quand les prothèses étaient portées (cf 6.1.1). Il avait été mis en évidence que cette variation était principalement due aux valeurs de la patiente n°1, et que cette variation était annulée lorsque les valeurs de la patiente en cause étaient exclues.

Le *t test* a donc été réalisé de nouveau, en excluant les valeurs de la patiente n°1, et les résultats sont les suivants :

Les répétitions du phonème [ã] sont réduites à 178 avec prothèses et 191 sans prothèses. Les moyennes semblent en revanche plus proches, avec des valeurs de 660Hz et 654Hz. Il en est de même pour les écarts-types, évalués à 83Hz et 88Hz.

La distribution des valeurs sur le *scattergram* avec prothèses paraît également plus groupée autour de la moyenne.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant1 (Hz) AP	178	0	178	472,0000	854,0000	659,5562	83,2185
formant1 (Hz) SP	191	0	191	354,0000	862,0000	654,0366	88,2476

Tableau 15 : Statistiques descriptives du F1 pour le [ã] des femmes, après exclusion des valeurs de la patiente n°1, données par XLSTAT

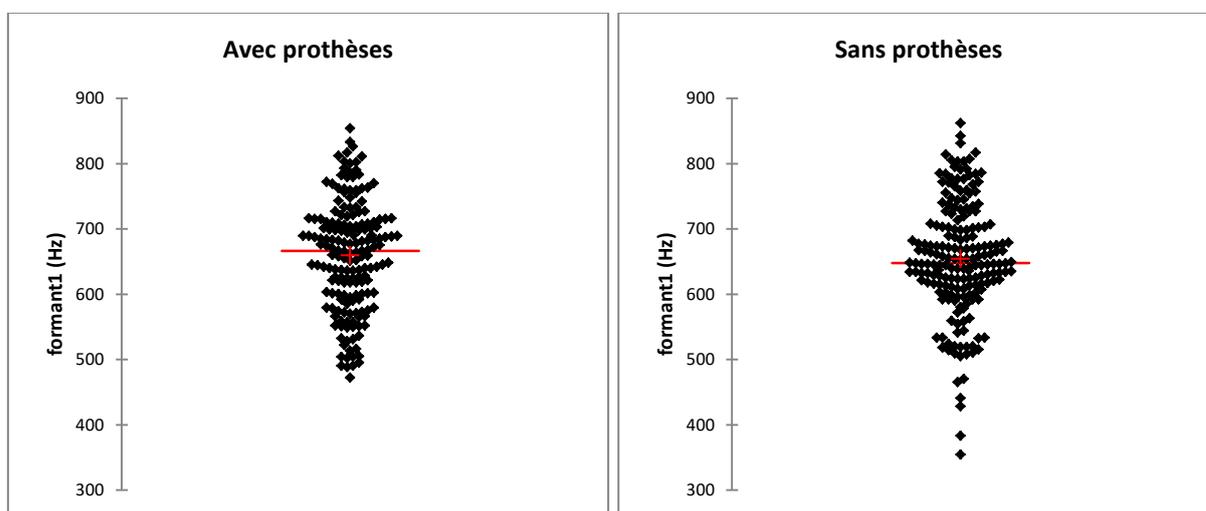


Figure 23 : Scattergrams des F1 du phonème [ã] des femmes, après exclusion des valeurs de la patiente n°1, avec et sans prothèses

Ce second *t test* nous donne une *p-value* à 0,5376, et l'hypothèse nulle ne peut donc pas être rejetée dans ce cas. Ceci confirme en tout point les résultats obtenus pour le triangle vocalique, à savoir que la différence de F1 pour le phonème [ã] est causée par les valeurs de la patiente n°1, très divergentes de celles du reste du groupe. Lorsque nous excluons ces valeurs, les résultats indiquent qu'aucune différence significative sur le F1 n'est produite par le port des prothèses, pour ce phonème. Il semblerait donc que la patiente n°1 ouvre moins la bouche lors de la réalisation du phonème [ã] avec prothèses.

En conclusion, la prothèse n'induit aucune différence notable sur le premier formant des voyelles [a], [i], [o] et [u], ni pour le groupe des hommes, ni pour celui des femmes. Pour les femmes, les valeurs du F1 augmentent pour le phonème [ã] lorsque les enregistrements des 5 patientes sont analysés, en raison des valeurs anormales de la patiente n°1. Après exclusion de ces données nous paraissant aberrantes, il ne semble pas que les prothèses induisent une modification du F1. Pour les hommes, le premier formant de la voyelle [ã] n'est en aucun cas modifié par le port des prothèses.

6.1.3 Analyse du F2

Le F2, ou deuxième formant, dépend de la position de la langue dans le plan antéro-postérieur. Pour les voyelles antérieures, réalisées lorsque l'apex lingual est situé en avant, le F2 sera élevé, et inversement pour les voyelles postérieures.

Les valeurs du F2 ont été relevées à partir de ce même 4ème exercice du corpus, au cours duquel sont réalisées 5 voyelles du français : le [a], le [e], le [i], le [o], le [u] et le [ã].

L'hypothèse est que la présence des prothèses en bouche n'influence pas la position de la langue dans le plan sagittal, le F2 ne devrait ainsi pas être modifié par le port des prothèses.

6.1.3.1 *Pour le phonème [a]*

Cas des hommes

Le phonème [a] a été prononcé par le groupe des hommes 226 fois avec prothèses, et 205 fois sans prothèses. Les moyennes ont pour valeurs, respectivement, 1165Hz et 1151, et les écarts-types 110Hz et 99Hz. Les données des statistiques descriptives restent proches, et les points des deux *scattergrams* ont des distributions similaires et bien groupées.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant2 (Hz) AP	226	0	226	936,0000	1967,0000	1165,3319	110,4179
formant2 (Hz) SP	205	0	205	905,0000	1394,0000	1150,6195	98,6081

Tableau 16 : Statistiques descriptives du F2 pour le [a] des hommes, données par XLSTAT

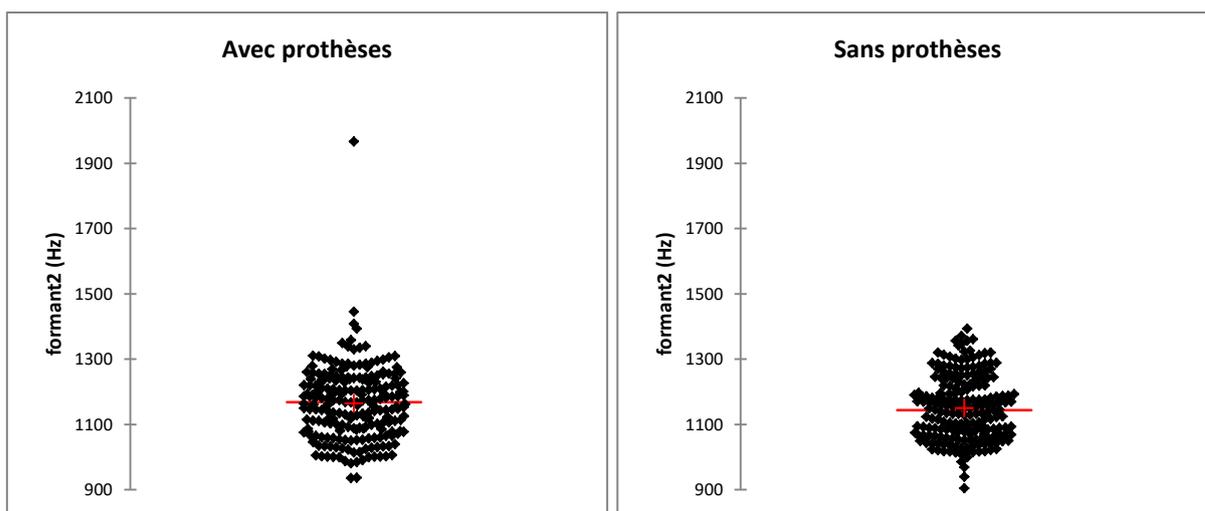


Figure 24 : Scattergrams des F2 du phonème [a] des hommes, avec et sans prothèses

Avec une p -value à 0,1469, le t test ne nous permet pas de rejeter l'hypothèse nulle H_0 . Nous arrivons donc à la conclusion de l'absence de différence significative de la valeur du deuxième formant induite par les prothèses dentaires.

Cas des femmes

A l'analyse des données issues du groupe des femmes pour la voyelle [a], nous relevons des moyennes de 1410Hz et 1426Hz avec et sans prothèses. Concernant les valeurs de l'écart-type, elles sont de 90Hz et 96Hz, pour 233 et 240 répétitions.

Toutes ces valeurs semblent donc très proches, dans les deux configurations avec et sans PAT. Les *scattergrams* sont visuellement très similaires également.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant2 (Hz) AP	233	0	233	1174,0000	1587,0000	1410,4678	90,1648
formant2 (Hz) SP	240	0	240	1156,0000	1594,0000	1426,3917	95,9440

Tableau 17 : Statistiques descriptives du F2 pour le [a] des femmes, données par XLSTAT

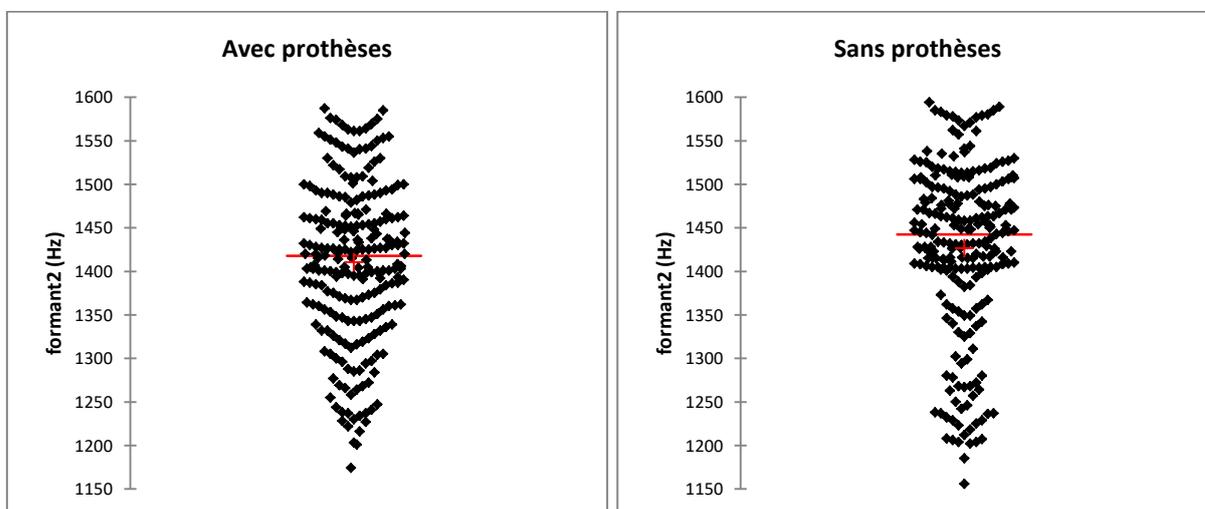


Figure 25 : Scattergrams des F2 du phonème [a] des femmes, avec et sans prothèses

La conclusion du *t test* est que H_0 ne peut être rejetée, la *p-value* étant de 0,0637. Les prothèses ne provoquent donc aucune différence évidente dans les valeurs du F2, et donc dans l'antéro-postériorité de la langue.

6.1.3.2 Pour le phonème [i]

Cas des hommes

Les répétitions sont au nombre de 242 avec prothèses et 235 sans prothèses. La moyenne des F2 avec prothèses est de 2168Hz, contre 2149Hz sans prothèses, soit des valeurs relativement proches. Il en est de même pour les valeurs de l'écart-type, ses valeurs étant de 118Hz dans les deux situations.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant2 (Hz) AP	242	0	242	1909,0000	2523,0000	2167,6570	117,8988
formant2 (Hz) SP	235	0	235	1913,0000	2778,0000	2149,0596	118,4145

Tableau 18 : Statistiques descriptives du F2 pour le [i] des hommes, données par XLSTAT

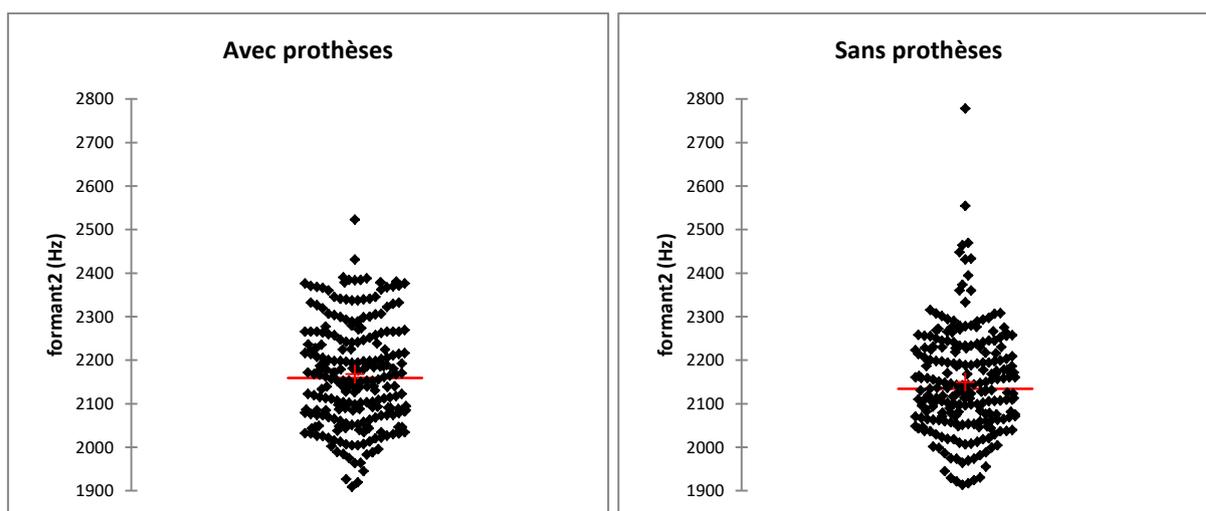


Figure 26 : Scattergrams des F2 du phonème [i] des hommes, avec et sans prothèses

Le niveau de signification seuil alpha de 5% étant inférieur à la *p-value*, calculée à 0,0863, l'hypothèse nulle H_0 doit être retenue, nous permettant de conclure que les prothèses n'influencent pas la position de la langue dans le plan sagittal puisque la valeur du deuxième formant n'est pas modifiée.

Cas des femmes

Les données des statistiques descriptives sont extrêmement similaires avec et sans prothèses, leurs valeurs étant, dans l'ordre : 238 occurrences contre 234, 2562Hz contre 2574Hz de moyenne, et 78Hz contre 75Hz d'écart-type.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant2 (Hz) AP	238	0	238	2399,0000	2770,0000	2562,0000	78,1279
formant2 (Hz) SP	234	0	234	2351,0000	2787,0000	2573,8932	74,7080

Tableau 19 : Statistiques descriptives du F2 pour le [i] des femmes, données par XLSTAT

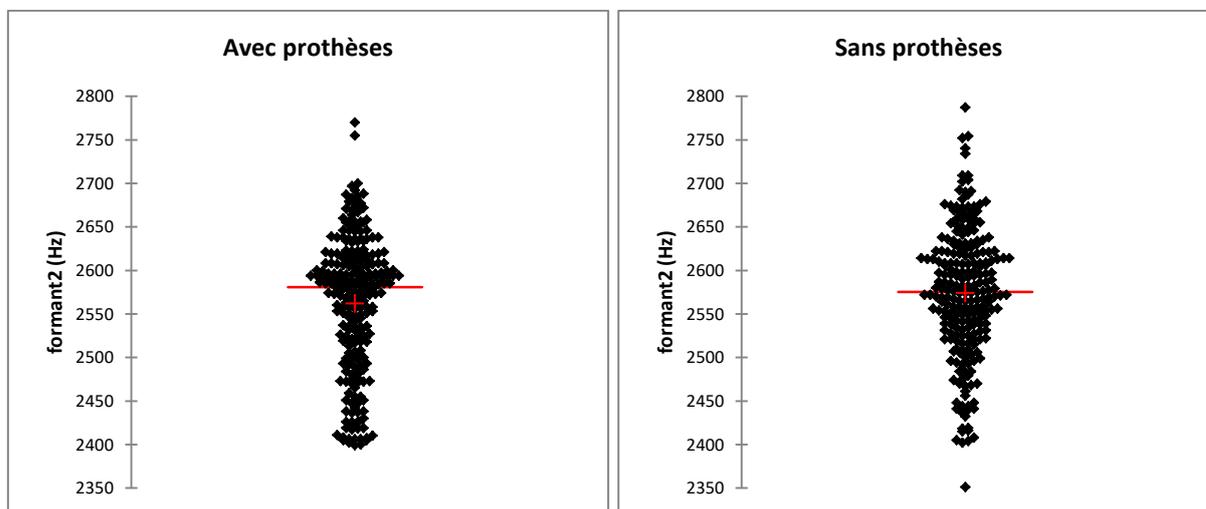


Figure 27 : Scattergrams des F2 du phonème [i] des femmes, avec et sans prothèses

Le *t test* nous permet de déterminer que la *p-value* est de 0,0917, valeur supérieure au 0.05 du seuil alpha. H_0 ne peut donc pas être rejetée, il n'existe donc aucune différence significative entre les moyennes du F2 avec et sans PAT.

6.1.3.3 Pour le phonème [o]

Cas des hommes

Pour les 232 réalisations du phonème [o] avec prothèses, la moyenne du F2 est de 782Hz et l'écart-type est de 71Hz. Pour les 222 sans prothèses, ces valeurs sont très similaires : 783Hz de moyenne et 64Hz d'écart-type.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant2 (Hz) AP	232	0	232	475,0000	958,0000	782,4957	70,6968
formant2 (Hz) SP	222	0	222	621,0000	998,0000	783,1261	64,2906

Tableau 20 : Statistiques descriptives du F2 pour le [o] des hommes, données par XLSTAT

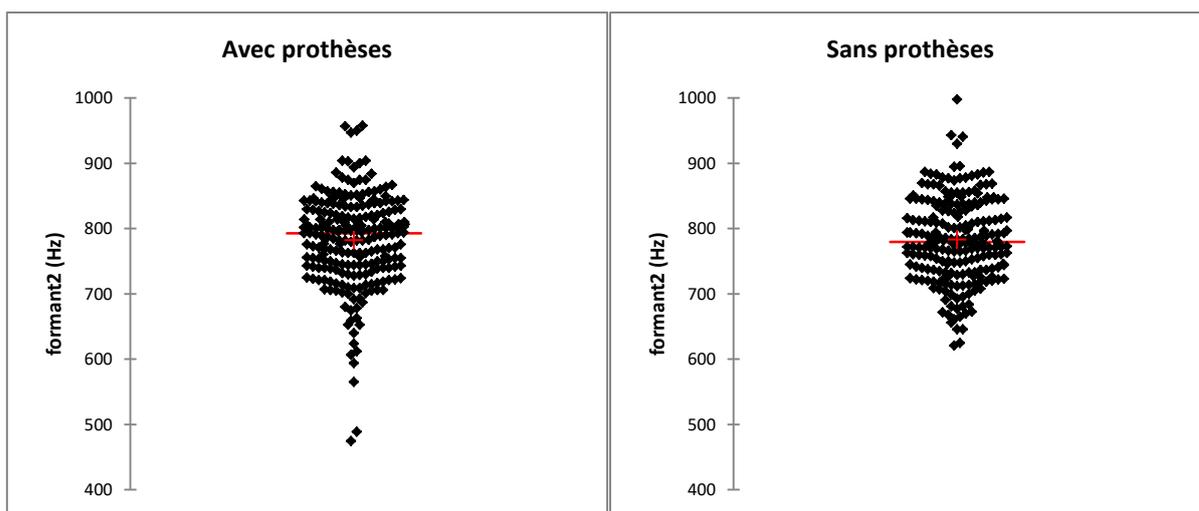


Figure 28 : Scattergrams des F2 du phonème [o] des hommes, avec et sans prothèses

La p -value obtenue après avoir effectué le t test étant de 0,9210, valeur très supérieure au seuil de signification alpha 0,05, l'hypothèse nulle ne peut être rejetée, nous permettant de conclure qu'aucune différence de F2 ne peut être imputée au port des prothèses totales.

Cas des femmes

Les statistiques descriptives montrent peu de différence entre les deux cas de figure, avec et sans prothèses, avec des moyennes respectives de 906Hz et 898Hz, et des écarts-types de 62Hz et 56Hz, pour 220 et 236 répétitions.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant2 (Hz) AP	220	0	220	695,0000	1042,0000	905,5773	62,5198
formant2 (Hz) SP	236	0	236	775,0000	1093,0000	898,1525	56,4870

Tableau 21 : Statistiques descriptives du F2 pour le [o] des femmes, données par XLSTAT

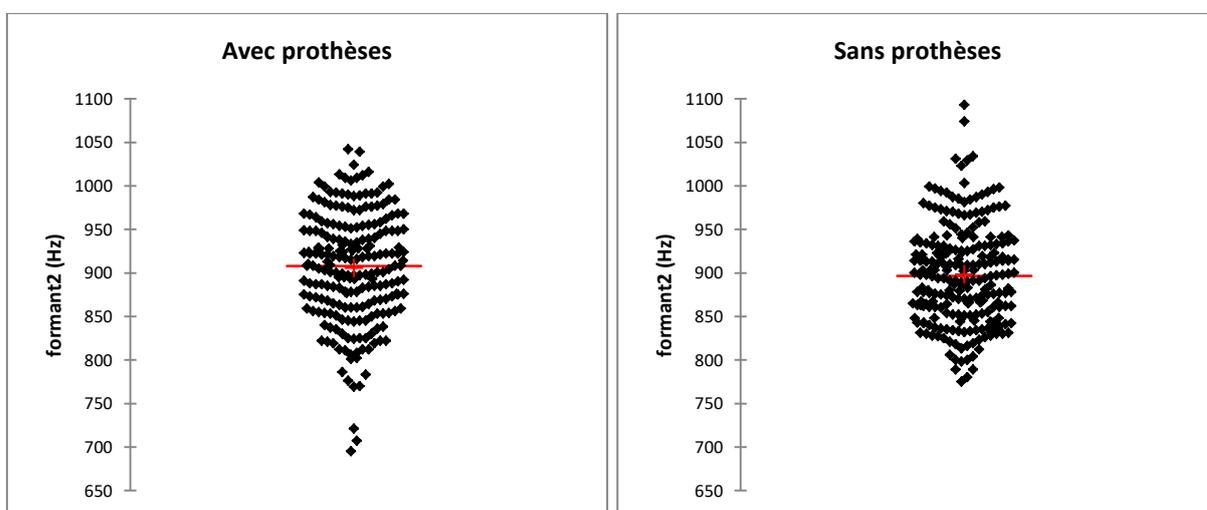


Figure 29 : Scattergrams des F2 du phonème [o] des femmes, avec et sans prothèses

Un *t test* de Student est à nouveau réalisé, et avec une *p-value* à 0,1835, il nous permet d'affirmer qu'il n'existe aucune différence significative entre les relevés du F2 avec et sans prothèses totales, pour le [o] des femmes.

6.1.3.4 Pour le phonème [u]

Cas des hommes

Le phonème [u] a été répété 239 fois avec prothèses, et 242 fois sans. Les moyennes obtenues sont, pour chaque configuration, de 805Hz et 804Hz. Les écarts-types sont quant à eux de 114Hz et 101Hz. A partir des statistiques descriptives, il ne semble donc pas y avoir de différence certaine entre les deux cas.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant2 (Hz) AP	239	0	239	325,0000	1183,0000	804,6695	114,0090
formant2 (Hz) SP	242	0	242	603,0000	1096,0000	803,7149	100,7695

Tableau 22 : Statistiques descriptives du F2 pour le [u] des hommes, données par XLSTAT

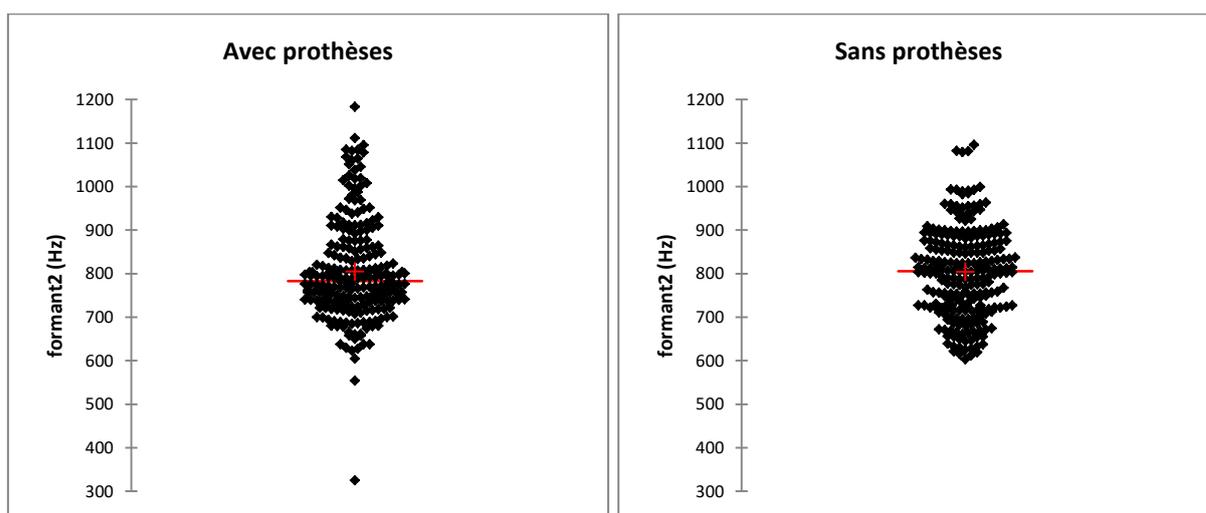


Figure 30 : Scattergrams des F2 du phonème [u] des hommes, avec et sans prothèses

Le test statistique *t* pour deux échantillons indépendants confirme notre première hypothèse, à savoir que les prothèses ne modifient pas le F2, l'hypothèse nulle ayant été rejetée avec une *p-value* de 0,9225.

Cas des femmes

Le phonème [u] est prononcé 229 fois avec prothèses et 227 fois sans prothèses.

Le F2 a pour moyenne, dans chacune des deux situations, 878Hz et 893Hz, et l'écart type 99Hz et 63Hz.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant2 (Hz) AP	229	0	229	711,0000	1299,0000	877,9651	99,3768
formant2 (Hz) SP	227	0	227	752,0000	1117,0000	892,5815	63,5174

Tableau 23 : Statistiques descriptives du F2 pour le [u] des femmes, données par XLSTAT

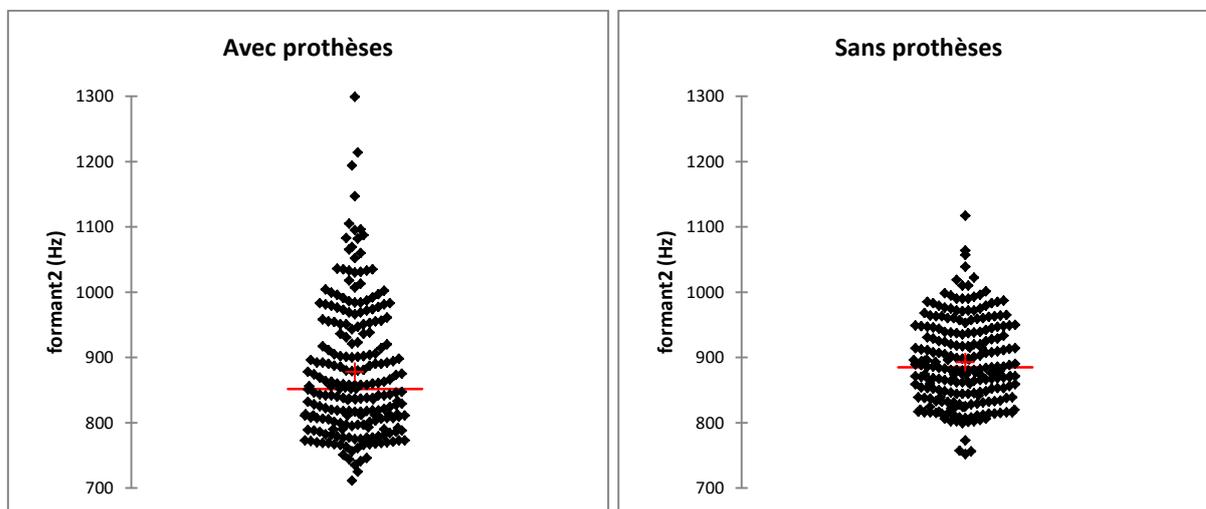


Figure 31 : Scattergrams des F2 du phonème [u] des femmes, avec et sans prothèses

Le *t test* réalisé indique, avec une *p-value* de 0,0622, que l'hypothèse nulle H_0 ne peut être rejetée. Le F2 n'est donc effectivement pas modifié par le port des prothèses dentaires.

6.1.3.5 Pour le phonème [ã]

Cas des hommes

Sur les 223 répétitions de la voyelle nasale [ã] avec prothèses, et 208 sans, les prothèses n'induisent aucune différence sur le deuxième formant. Celui-ci est en moyenne à 866Hz aussi bien avec que sans prothèses, avec des écarts-types à 72Hz et 85Hz.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant2 (Hz) AP	223	0	223	695,0000	1071,0000	866,3184	71,8636
formant2 (Hz) SP	208	0	208	707,0000	1099,0000	865,8702	84,8183

Tableau 24 : Statistiques descriptives du F2 pour le [ã] des hommes, données par XLSTAT

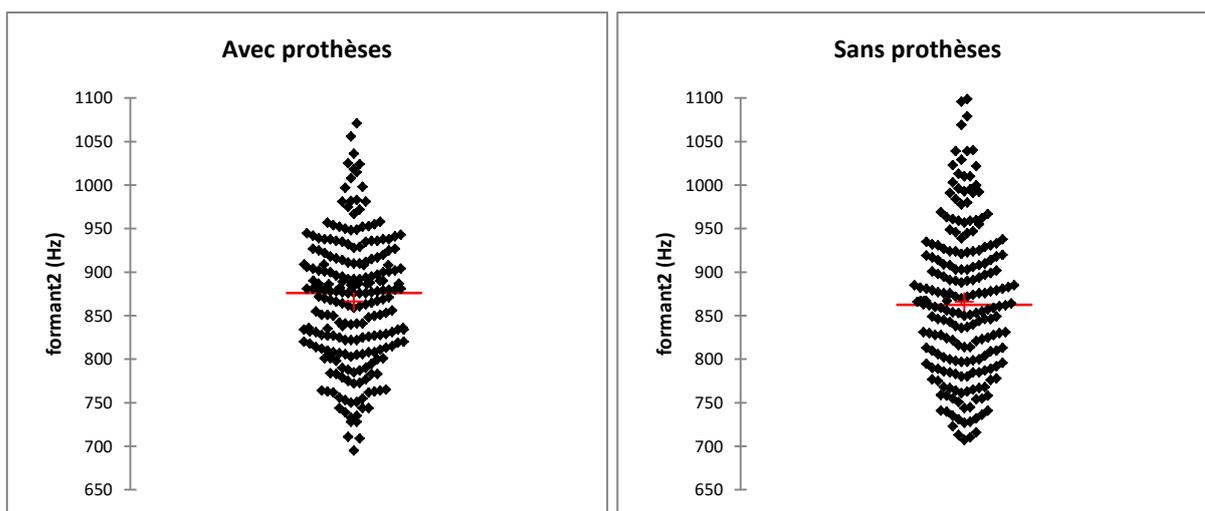


Figure 32 : Scattergrams des F2 du phonème [ã] des hommes, avec et sans prothèses

Avec une p -value de 0,9527, largement supérieure au degré de significativité de 0,05, H_0 ne peut être rejetée, ce qui confirme que les prothèses ne causent aucune modification du F2.

Cas des femmes

Le phonème [ã] est répété 221 fois avec prothèses, et 239 fois sans prothèses. La moyenne du F2 est de 1045Hz avec prothèses, mais elle est abaissée à 1028Hz après retrait des prothèses. Les écarts-types sont de 78Hz et 75Hz.

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
formant2 (Hz) AP	221	0	221	866,0000	1275,0000	1044,7783	77,9693
formant2 (Hz) SP	239	0	239	813,0000	1284,0000	1027,8075	74,8483

Tableau 25 : Statistiques descriptives du F2 pour le [ã] des femmes, données par XLSTAT

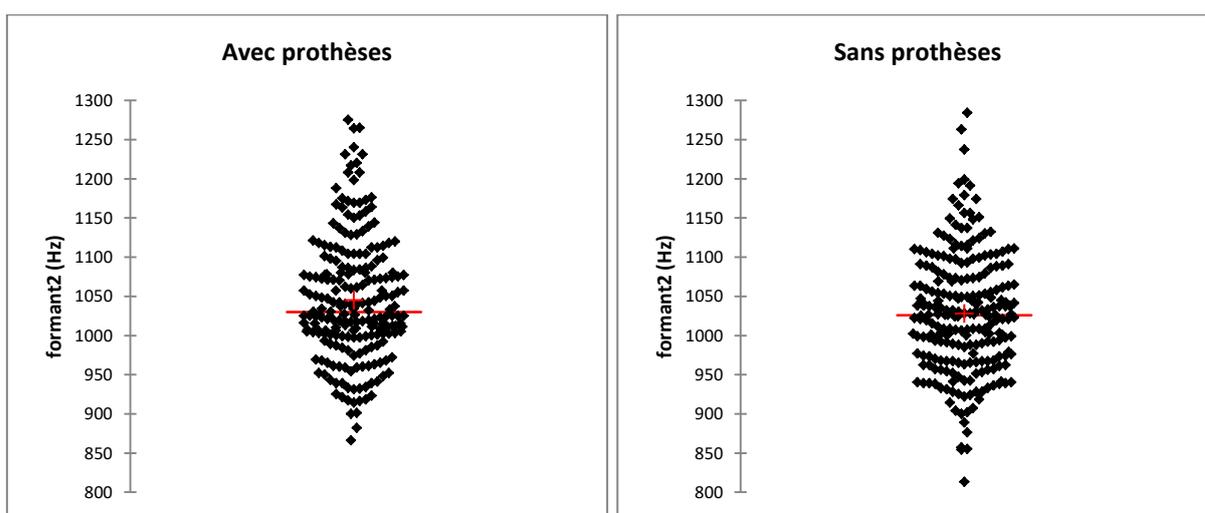


Figure 33 : Scattergrams des F2 du phonème [ã] des femmes, avec et sans prothèses

Les résultats du t test indique qu'il existe une différence significative sur le F2 du [ã] avec une p -value de 0,0177, l'hypothèse nulle ne pouvant pas être rejetée.

Il semble donc que le retrait des prothèses entraîne un abaissement de 17Hz du F2 sur une moyenne relative supérieure à 1000Hz ; ce qui correspondrait à une position plus postérieure de la langue lors de la prononciation de la voyelle.

En résumé, les prothèses n'influencent pas le deuxième formant des 5 voyelles étudiées pour le groupe des hommes.

Le F2 du [ã] est modifié pour le groupe des femmes, l'absence des prothèses ayant tendance à abaisser les valeurs du formant de moins de 17Hz. La langue se positionnerait donc plus postérieurement avec les prothèses lors de la prononciation de ce phonème. Le F2 des voyelles [a], [i], [o], [u] n'est pas modifié pour le groupe des femmes.

La position antéro-postérieure de la langue n'est donc globalement pas différente avec et sans prothèses.

6.2 Analyse des consonnes fricatives

Concernant les consonnes fricatives, l'hypothèse de départ est qu'elles seront impactées par le retrait des prothèses dentaire.

En effet, celles-ci ayant été posées 4 semaines auparavant, elles devraient être parfaitement intégrées par le patient, et les points d'appuis entre les différents articulateurs devraient à priori prendre en compte l'épaisseur de résine ajoutée et la position des dents prothétiques (48).

En conséquence, le retrait des prothèses devrait entraîner une perturbation des fréquences et de l'énergie, se traduisant concrètement par une modification des facteurs COG, ZCR, Skewness, Kurtosis et déviation standard. En revanche, le HNR, lié au voisement, ne devrait pas être perturbé, puisque le voisement est produit au niveau du larynx, sans interférence au niveau buccal.

Le port des prothèses, devraient au contraire permettre de rétablir une phonation proche de celle de personnes non édentées. Il ne devrait donc pas y avoir de différence significative entre les patients porteurs de prothèses amovibles totales et les témoins, dentés, pour les facteurs cités précédemment.

6.2.1 Analyse du rapport harmoniques/bruit (HNR)

Le HNR permet d'évaluer le taux de voisement du son. S'il est élevé, c'est que le son est voisé.

Les valeurs du HNR ont été relevées pour les fricatives [f], [s], [ʃ], [v], [z], [ʒ] prononcées dans les exercices 4 à 7 du corpus, disponible en annexe 1.

L'hypothèse de départ est que le HNR est indépendant des prothèses, puisqu'il relève de la composante laryngienne. Ses valeurs ne devraient donc pas être modifiées par le port ou le retrait des prothèses dentaires, et devraient donc être assez similaires aux valeurs témoins.

6.2.1.1 Pour le phonème [f]

322 répétitions du phonème [f] ont été relevés avec prothèses, 268 sans et 129 pour les témoins. Le HNR moyen est de 3,3 pour le premier cas, contre 6,2 pour le deuxième cas, et 0,8 pour le dernier.

Le HNR moyen semble donc plus élevé sans les prothèses amovibles. Les écarts-types sont de 6,0, 7,3 et 3,9.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
hnr Prothèse-AP	322	-6,000	21,000	3,342	6,023
hnr Prothèse-SP	268	-9,000	31,000	6,239	7,261
hnr Prothèse-T	129	-5,000	15,000	0,837	3,913

Tableau 26 : Statistiques descriptives du HNR pour le [f] avec prothèses (AP), sans prothèses (SP) et témoin (T), données par XLSTAT

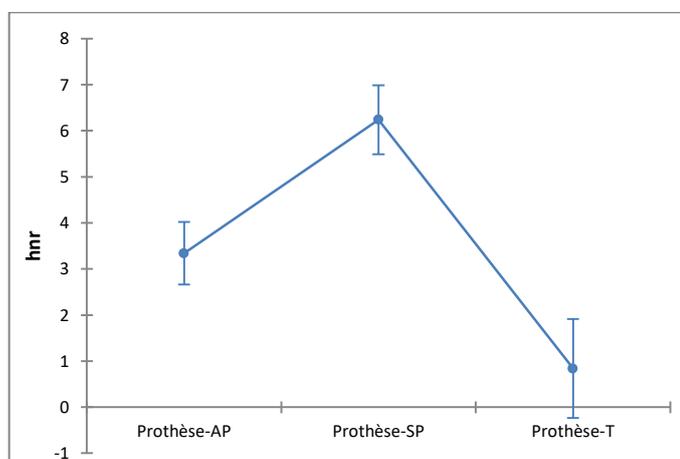


Figure 34 : Graphique des moyennes du HNR pour le [f], avec et sans prothèses et témoin, les moyennes sont symbolisées par les points, et l'intervalle de confiance à 95% par les crochets

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
SP vs T	5,402	8,107	2,344	< 0,0001	Oui
SP vs AP	2,897	5,635	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs T	2,504	3,865	2,344	0,0003	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 27 : Résultats du test de Tukey pour le HNR pour le [f], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, données par XLSTAT

Les résultats de l'ANOVA et du test à postériori de Tukey nous indiquent qu'il existe des différences significatives entre les 3 groupes : témoin, avec et sans prothèses. Le HNR témoin est bas, alors qu'il est considérablement augmenté sans les prothèses, et que les prothèses donnent une valeur moyenne intermédiaire.

Même s'il existe des différences statistiques entre les 3 groupes, une tendance à l'amélioration du HNR est toutefois à noter lorsque les prothèses sont portées, puisque l'on se rapproche de la valeur témoin.

6.2.1.2 Pour le phonème [s]

On compte 1103 occurrences avec prothèses, 1086 sans, et 475 pour les témoins. Les valeurs moyennes sont respectivement de 2,7, 5,2 et 1,9. Le HNR est donc augmenté lorsque les prothèses ne sont pas portées, abaissé pour les témoins, et intermédiaire avec les prothèses. Les écarts-types sont quant à eux de 3,9, 5,6 et 3,7.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
hnr Prothèse-AP	1103	-5,000	25,000	2,687	3,920
hnr Prothèse-SP	1086	-9,000	32,000	5,209	5,645
hnr Prothèse-T	475	-6,000	16,000	1,893	3,682

Tableau 28 : Statistiques descriptives du HNR pour le [s], données par XLSTAT

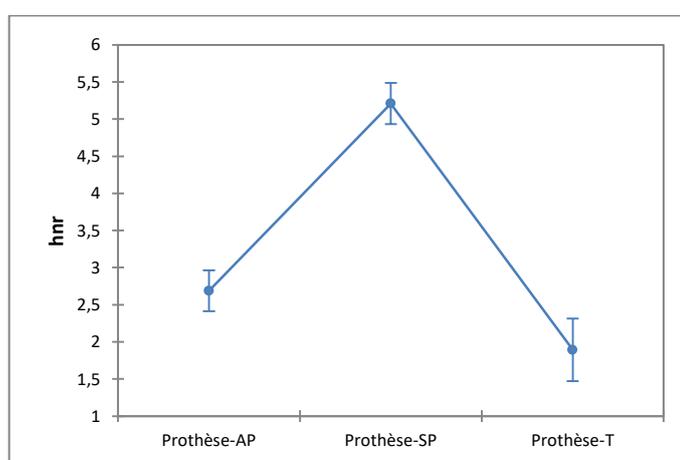


Figure 35 : Graphique des moyennes du HNR pour le [s], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
SP vs T	3,316	12,921	2,344	< 0,0001	Oui
SP vs AP	2,522	12,643	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs T	0,795	3,103	2,344	0,005	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 29 : Résultats du test de Tukey du HNR pour le [s], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Le test statistique conclut que l'hypothèse nulle doit être rejetée, et qu'il existe une différence significative entre les trois groupes. Cependant, comme pour le cas précédent, nous notons une tendance certaine à l'amélioration du HNR avec prothèses, qui tend à se rapprocher des valeurs témoins, contrairement aux valeurs enregistrées sans prothèses. En effet, nous notons que la différence entre le groupe témoin et le groupe AP est de 0,8, contre 3,3 et 2,5 entre les autres groupes.

6.2.1.3 Pour le phonème [ʃ]

Le son [ʃ] a été enregistré 217 fois avec prothèses, 205 fois sans, et 99 fois chez les témoins. La moyenne du HNR augmente considérablement lorsque les prothèses sont retirées, passant de 1,2 avec prothèses à 5,0 sans prothèses, lorsque la moyenne pour le groupe témoin est de 0,7. Les écarts-types sont quant à eux de 3,3, 5,1 et 2,5.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
hnr Prothèse-AP	217	-4,000	12,000	1,166	3,305
hnr Prothèse-SP	205	-3,000	25,000	4,985	5,099
hnr Prothèse-T	99	-5,000	10,000	0,747	2,509

Tableau 30 : Statistiques descriptives du HNR pour le [ʃ], données par XLSTAT

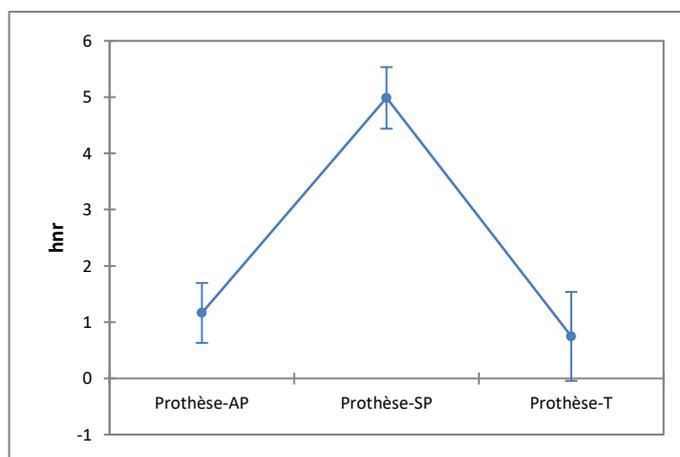


Figure 36 : Graphique des moyennes du HNR pour le [ʃ], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
SP vs T	4,238	8,660	2,344	< 0,0001	Oui
SP vs AP	3,819	9,808	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs T	0,418	0,863	2,344	0,664	Non
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 31: Résultats du test de Tukey du HNR pour le [ʃ], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Les résultats du test statistique nous permettent de dire qu'il existe une différence significative entre les groupes AP et SP, et entre les groupes T et SP. En revanche, l'hypothèse nulle est admise dans la comparaison des groupes AP et T, entre lesquels il n'existe pas de différence statistique. Les prothèses permettraient donc de rétablir un HNR similaire à ceux des patients dentés pour le phonème [ʃ], là où l'édentement avait créé une différence.

6.2.1.4 Pour le phonème [v]

Pour les 524 répétitions avec prothèses, les 469 sans prothèses et les 245 pour les témoins, les moyennes du HNR obtenues sont très proches, avec des valeurs de 11,8, 12,5 et 12,4. Les écarts-types sont de 5,4, 6,3 et 3,7.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
hnr Prothèse-AP	524	-6,000	26,000	11,786	5,410
hnr Prothèse-SP	469	-13,000	33,000	12,531	6,293
hnr Prothèse-T	245	-4,000	23,000	12,376	3,723

Tableau 32 : Statistiques descriptives du HNR pour le [v], données par XLSTAT

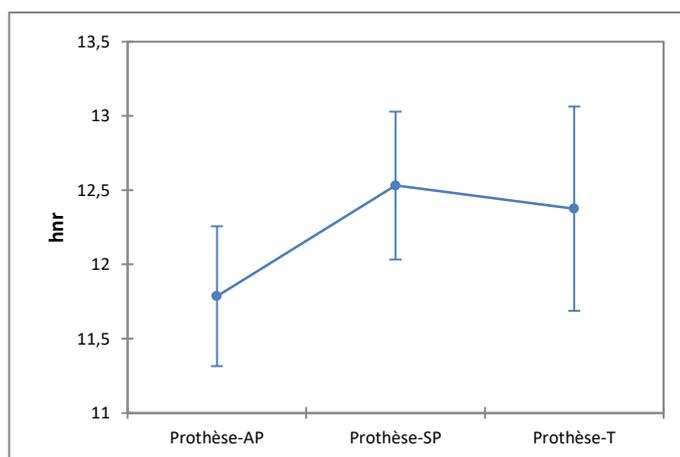


Figure 37 : Graphique des moyennes du HNR pour le [v], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
SP vs AP	0,745	2,134	2,344	0,083	Non
SP vs T	0,155	0,359	2,344	0,931	Non
T vs AP	0,589	1,387	2,344	0,348	Non
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 33: Résultats du test de Tukey du HNR pour le [v], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Suite au test statistique, l'hypothèse nulle H_0 ne peut être rejetée, il n'existe ainsi aucune différence significative entre les valeurs des HNR des trois groupes.

Le HNR n'est donc pas modifié pour le phonème [v] par le port ou le retrait des prothèses, en comparaison au groupe témoin.

6.2.1.5 Pour le phonème [z]

La moyenne du HNR avec prothèses est de 7,90 pour 235 occurrences. Sans prothèses, cette valeur augmente à 10,48 pour 285 occurrences. Pour les témoins, la moyenne est de 9,19 pour 179 répétitions. Les écarts-types sont de 4,02, 4,95 et 3,59 dans chacun des cas.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
hnr Prothèse-AP	235	-3,000	23,000	7,902	4,016
hnr Prothèse-SP	285	-4,000	25,000	10,481	4,955
hnr Prothèse-T	179	-4,000	19,000	9,190	3,594

Tableau 34 : Statistiques descriptives du HNR pour le [z], données par XLSTAT

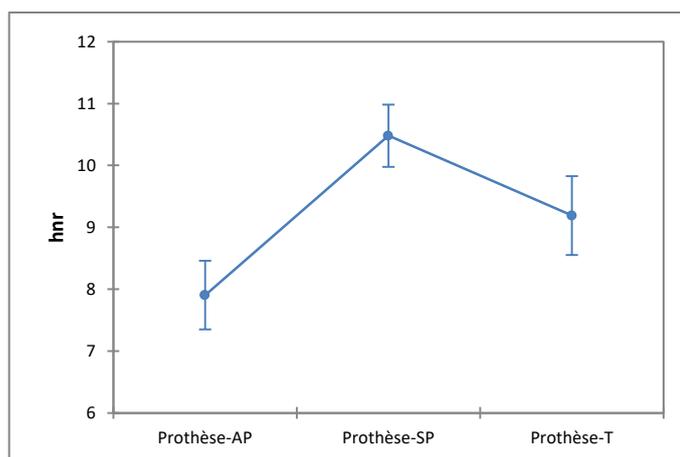


Figure38 : Graphique des moyennes du phonème [z], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
SP vs AP	2,579	6,759	2,344	< 0,0001	Oui
SP vs T	1,291	3,126	2,344	0,005	Oui
T vs AP	1,288	2,998	2,344	0,008	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 35: Résultats du test de Tukey pour le [z], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Il existe donc une différence significative entre les HNR des trois groupes. La moyenne pour le groupe sans prothèses reste cependant toujours plus élevée que celles des deux autres groupes.

6.2.1.6 Pour le phonème [ʒ]

Les répétitions sont au nombre de 628 avec prothèses, 645 sans prothèses, et 245 pour les témoins. Les moyennes des groupes AP et T sont très proches, avec des valeurs respectives de 3,6 et 3,2, là où la moyenne du groupe SP est de 8,1.

Les écarts-types des trois groupes restent similaires, avec des valeurs de 3,9 avec prothèses, 4,8 sans prothèses et 3,4 pour les témoins.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
hnr Prothèse-AP	628	-5,000	23,000	3,586	3,912
hnr Prothèse-SP	645	-10,000	25,000	8,093	4,826
hnr Prothèse-T	245	-3,000	13,000	3,241	3,380

Tableau 36 : Statistiques descriptives du HNR pour le [ʒ], données par XLSTAT

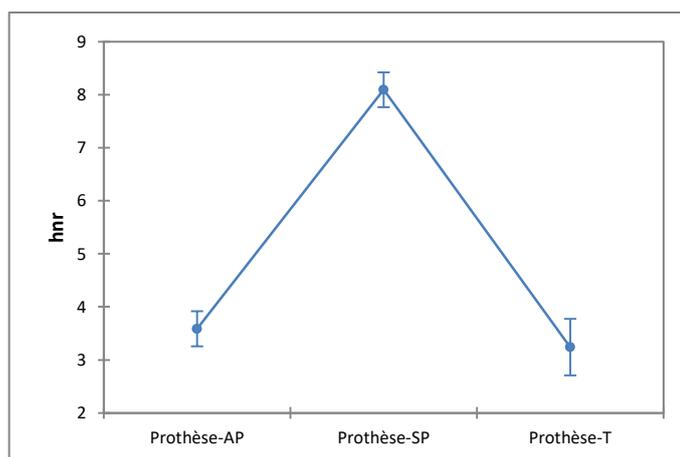


Figure 39 : Graphique des moyennes du HNR pour le [ʒ], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
SP vs T	4,852	15,208	2,344	< 0,0001	Oui
SP vs AP	4,507	18,911	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs T	0,345	1,078	2,344	0,528	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,314

Tableau 37: Résultats du test de Tukey du HNR pour le [ʒ], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Le test du Tukey, couplé à l'ANOVA, nous permet d'affirmer qu'il n'existe aucune différence significative entre les moyennes des groupes AP et T pour ce phonème. A l'inverse, la moyenne du groupe SP est statistiquement différente de celles des deux autres groupes.

En résumé, le HNR du [v] est statistiquement proche quelle que soit la configuration : témoin, avec ou sans prothèses.

Pour les phonèmes [f], [s] et [z], il existe une différence significative entre les trois groupes, même si il est à noter que dans chacun des cas, les valeurs des groupes avec prothèses et témoin étaient systématiquement plus proches que celles du groupe sans prothèses.

Pour le [ʃ] et le [ʒ], il n'existe aucune différence significative entre le HNR des groupes avec prothèses et témoin, mais ces deux groupes présentent une différence notable avec le groupe sans prothèses. La prothèse semble donc permettre une amélioration du HNR pour ces phonèmes.

On notera également que pour la totalité des phonèmes étudiés, le HNR sans prothèses était toujours supérieur à celui des autres groupes. Le HNR étant un indicateur du voisement, il semble que les fricatives soient d'avantage voisées lorsque l'édentement n'est pas compensé.

6.2.2 Analyse du centre de gravité (COG)

Le COG permet d'évaluer le centre de gravité de la consonne, et donc la fréquence moyenne du spectre. Ainsi, plus le COG est élevé, et plus la moyenne des fréquences est élevée.

Les valeurs du COG ont été relevées pour les fricatives [f], [s], [ʃ], [v], [z], [ʒ] prononcées dans les exercices 4 à 7 du corpus, disponible en annexe 1.

Notre hypothèse préliminaire est que le retrait des prothèses amovibles va modifier les valeurs du COG, puisque les points d'appuis linguaux sont modifiés. En revanche, le port des PAT, bien intégrées 4 semaines après la pose, devrait nous permettre de retrouver des valeurs normales, donc similaires à celles du groupe témoin.

6.2.2.1 Pour le phonème [f]

Nous avons enregistré le phonème [f] 377 fois avec prothèses, 392 fois sans prothèses et 182 fois chez les témoins. Les moyennes du COG obtenues sont respectivement de 1794Hz, 1000Hz et 2818Hz, et les écarts-types sont de 1374Hz, 1028Hz et 1302Hz.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
cog Prothèse-AP	377	18,000	6422,000	1793,894	1373,840
cog Prothèse-SP	392	14,000	8450,000	1000,020	1028,450
cog Prothèse-T	182	102,000	6147,000	2818,275	1301,832

Tableau 38 : Statistiques descriptives du COG pour le [f], données par XLSTAT

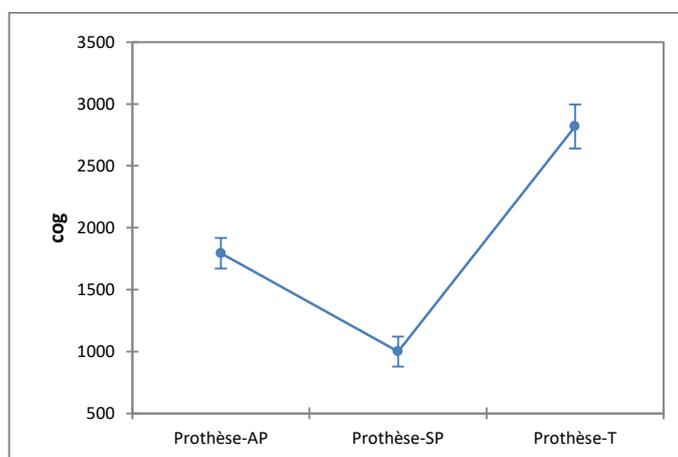


Figure 40 : Graphique des moyennes du COG pour le [f], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T vs SP	1818,254	16,505	2,344	< 0,0001	Oui
T vs AP	1024,381	9,241	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs SP	793,873	8,961	2,344	< 0,0001	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 39: Résultats du test de Tukey du COG pour le [f], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

L'ANOVA et le test du Tukey nous permettent de conclure qu'il existe une différence significative entre les COG des trois groupes.

Nous remarquons toutefois que la moyenne la plus basse est celle du groupe sans prothèses, et que celle du groupe avec prothèses tend à se rapprocher de la moyenne des témoins.

6.2.2.2 Pour le phonème [s]

Pour le groupe avec prothèses, la moyenne est de 3835Hz avec un écart-type de 1732 Hz pour 1130 répétitions. La moyenne du groupe témoin est assez proche, avec une valeur de 4174Hz et un écart-type de 1326Hz pour 498 répétitions. A l'inverse, la moyenne est beaucoup plus basse pour le groupe sans prothèses, sa valeur étant de 2462Hz, et l'écart-type est de 1565Hz pour 1195 occurrences.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
cog Prothèse-AP	1130	27,000	7834,000	3834,624	1731,788
cog Prothèse-SP	1195	7,000	6869,000	2462,325	1565,492
cog Prothèse-T	498	239,000	8684,000	4173,928	1325,849

Tableau 40 : Statistiques descriptives du COG pour le [s], données par XLSTAT

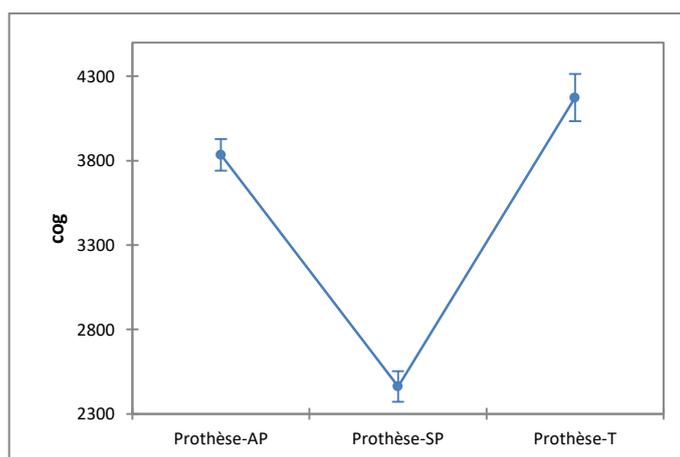


Figure 41 : Graphique des moyennes du COG pour le [s], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T vs SP	1711,603	20,103	2,344	< 0,0001	Oui
T vs AP	339,304	3,952	2,344	0,0002	Oui
AP vs SP	1372,299	20,718	2,344	< 0,0001	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 41: Résultats du test de Tukey du COG pour le [s], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Les résultats du test statistique nous indiquent que c'est l'hypothèse alternative H1 qui doit être retenue, et il existe une différence significative entre les COG des trois groupes. Néanmoins, nous remarquons un net rapprochement entre les valeurs des groupes avec prothèses et témoin, la différence n'étant que 339Hz, alors qu'elle est de 1712Hz et 1372Hz lorsque le groupe sans prothèses est comparé aux autres. Les prothèses semblent donc tout de même stabiliser le centre de gravité du [s].

6.2.2.3 Pour le phonème [ʃ]

Nous avons isolé 217 répétitions du phonème [ʃ] avec prothèses, 212 sans prothèses et 99 pour les témoins. Les moyennes obtenues sont, dans l'ordre, de 3042Hz, 1683Hz et 3370Hz, et les écarts-types sont de 736Hz, 963Hz et 400Hz.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
cog Prothèse-AP	217	219,000	4681,000	3042,484	735,985
cog Prothèse-SP	212	11,000	3854,000	1682,722	962,563
cog Prothèse-T	99	1570,000	3892,000	3370,192	400,170

Tableau 42 : Statistiques descriptives du COG pour le [ʃ], données par XLSTAT

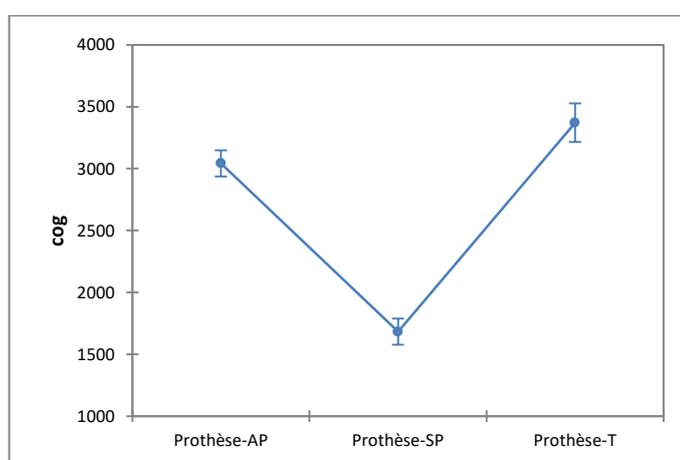


Figure 42 : Graphique des moyennes du COG pour le [ʃ], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T vs SP	1687,470	17,533	2,344	< 0,0001	Oui
T vs AP	327,708	3,417	2,344	0,002	Oui
AP vs SP	1359,762	17,809	2,344	< 0,0001	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 43 : Résultats du test de Tukey du COG pour le [ʃ], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Nous constatons qu'il existe une différence statistique entre les trois groupes, mais comme précédemment, cette différence est moindre entre les groupes T et AP avec une valeur de 328Hz. A l'inverse, la différence entre les groupes T et SP est de 1687Hz, et celle entre les groupes AP et SP est de 1360Hz. Le COG du groupe AP converge donc tout de même vers celui du groupe témoin.

6.2.2.4 Pour le phonème [v]

Les répétitions sont au nombre de 564 avec prothèses, 507 sans prothèses et 248 pour le groupe témoin. La moyenne du groupe SP est de 246Hz avec un écart-type de 203Hz. Les moyennes des groupes AP et T sont nettement plus élevés, avec des valeurs de 456Hz et 474Hz. Il en est de même pour les écarts-types, qui sont de 608Hz et 668Hz.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
cog Prothèse-AP	564	15,000	5056,000	456,110	608,462
cog Prothèse-SP	507	15,000	1923,000	246,103	203,275
cog Prothèse-T	248	112,000	4986,000	473,778	668,458

Tableau 44 : Statistiques descriptives du COG pour le [v], données par XLSTAT

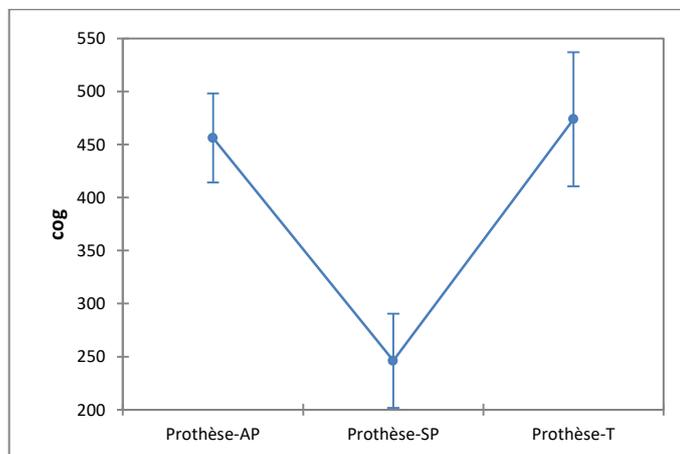


Figure 43 : Graphique des moyennes du COG pour le [v], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T vs SP	227,676	5,783	2,344	< 0,0001	Oui
T vs AP	17,668	0,456	2,344	0,892	Non
AP vs SP	210,007	6,754	2,344	< 0,0001	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 45: Résultats du test de Tukey du COG pour le [v], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Nous ne relevons aucune différence statistique entre les groupes témoin et avec prothèses. Inversement, il existe une différence notable entre le groupe sans prothèses et les deux autres groupes. Si l'édentement entraîne un abaissement du COG du [v], le port des PAT paraît le stabiliser à une valeur proche de celle des témoins.

6.2.2.5 Pour le phonème [z]

Le [z] a été prononcé 241 fois par les patients avec leurs prothèses, 299 fois sans leurs prothèses, et 183 fois par les témoins. La moyenne du COG obtenue pour chaque configuration est de 1991Hz, 978Hz et 1373Hz. Le centre de gravité paraît donc nettement abaissé lorsque les prothèses sont ôtées. Les écarts-types sont de 1561Hz, 1079Hz et 1263Hz.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
cog Prothèse-AP	241	41,000	7108,000	1990,975	1561,353
cog Prothèse-SP	299	21,000	6170,000	977,712	1078,972
cog Prothèse-T	183	220,000	7182,000	1373,344	1263,241

Tableau 46 : Statistiques descriptives du COG pour le [z], données par XLSTAT

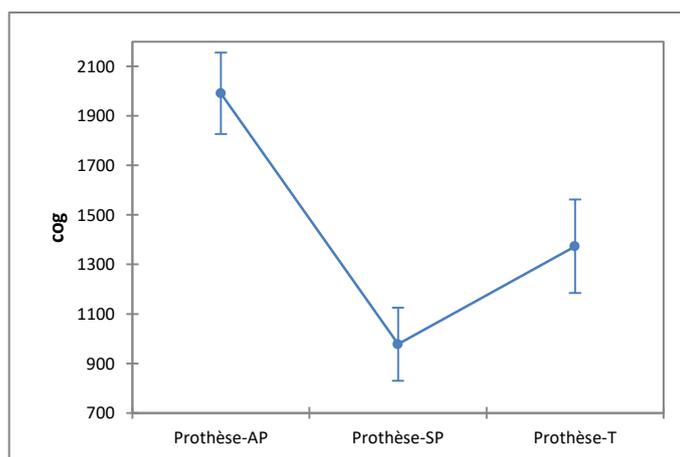


Figure 44 : Graphique des moyennes du COG pour le [z], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
AP vs SP	1013,263	8,983	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs T	617,631	4,834	2,344	< 0,0001	Oui
T vs SP	395,632	3,235	2,344	0,003	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 47: Résultats du test de Tukey du COG pour le [z], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Après avoir réalisé l'ANOVA et le test de comparaison par paires du Tukey, nous constatons qu'il existe une différence significative entre les trois groupes étudiés, l'hypothèse nulle H_0 doit donc ici être rejetée. Le COG est, comme dans les cas précédent, plus bas pour le groupe sans prothèses. Mais il est considérablement augmenté lorsque les PAT sont portées.

6.2.2.6 Pour le phonème [ʒ]

La consonne [ʒ] a pu être isolée 629 fois pour le groupe avec prothèses, 686 fois pour celui sans prothèses, et 245 fois pour le groupe témoin. La moyenne du COG obtenue pour le groupe sans prothèses est de 1021Hz. Cette valeur est plus que doublée pour les deux autres groupes, avec une moyenne de 2363Hz pour celui avec prothèses, et 2469Hz pour les témoins. Les écarts-types sont stables, avec des valeurs de 1074Hz avec prothèses, 937Hz sans prothèses et 1033Hz pour les témoins.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
cog Prothèse-AP	629	16,000	4461,000	2363,383	1074,450
cog Prothèse-SP	686	9,000	3767,000	1020,675	936,751
cog Prothèse-T	245	206,000	3949,000	2469,420	1033,081

Tableau 48: Statistiques descriptives du COG pour le [ʒ], données par XLSTAT

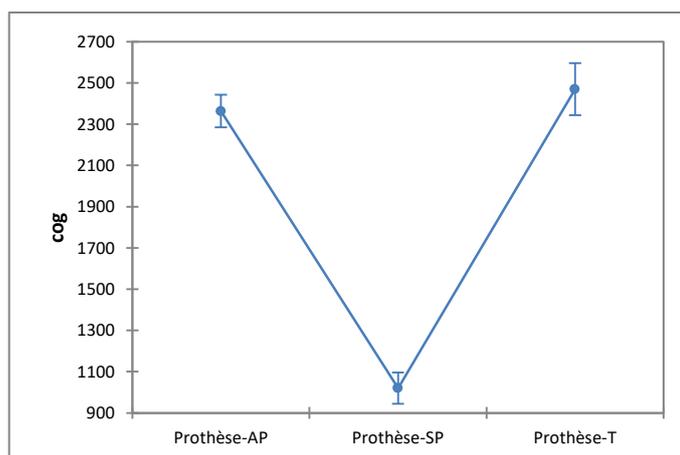


Figure 45 : Graphique des moyennes du COG pour le [ʒ], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T vs SP	1448,745	19,284	2,344	< 0,0001	Oui
T vs AP	106,037	1,395	2,344	0,344	Non
AP vs SP	1342,708	24,095	2,344	< 0,0001	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 49: Résultats du test de Tukey du COG pour le [ʒ], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Statistiquement, nous observons qu'il n'existe aucune différence significative entre le groupe témoin et le groupe AP. A contrario, la moyenne du COG du groupe SP est significativement différente de celles des autres groupes. Un abaissement du COG semble donc lié au retrait des prothèses, tandis que leur port permet de le stabiliser à une valeur proche de celle des témoins, aux alentours de 2400Hz.

En ce qui concerne le COG, un net abaissement de sa moyenne pour les patients sans prothèses est observé, et ce pour la totalité des phonèmes étudiés. Le centre de gravité est systématiquement augmenté pour les patients avec prothèses et les témoins.

Pour le [z], le COG du groupe avec prothèses est supérieur à ceux des deux autres groupes. Pour les phonèmes [f], [s], [ʃ], bien qu'une différence statistique existe entre les trois groupes, nous notons toutefois que les valeurs du COG avec prothèses tendent à se rapprocher de celles témoins.

Pour les [v] et [ʒ], il n'y a pas de différence significative entre les moyennes avec prothèses et témoin, mais il y en a une entre la moyenne du groupe sans prothèses et les deux autres groupes.

Il semble donc que le centre de gravité, et donc la moyenne des fréquences, soient abaissés sans prothèses, mais que la réhabilitation prothétique permet une amélioration, une augmentation de la fréquence ; les valeurs étant globalement plus proches de celles des individus dentés.

6.2.3 Analyse du Zero Crossing Rate (ZCR)

Le ZCR, ou *Zero Crossing Rate*, est un facteur permettant d'évaluer le taux de friction d'un son. Lorsqu'il est augmenté, cela signifie que le taux de friction est plus important.

Les valeurs du ZCR ont été relevées pour les fricatives [f], [s], [ʃ], [v], [z], [ʒ] prononcées dans les exercices 4 à 7 du corpus, disponible en annexe 1.

Puisque la friction d'une consonne dépend de la forme et la taille du chenal expiratoire, et de la position des articulateurs, notre hypothèse est que le ZCR serait modifié en l'absence des prothèses amovibles totales, et que la réhabilitation prothétique devrait permettre de retrouver un taux de friction similaire à celui d'une personne non édentée.

6.2.3.1 Pour le phonème [f]

Pour les 377 réalisations du phonème [f] avec prothèses, la moyenne du ZCR est de 4854Hz et l'écart-type est de 2730Hz.

Ce même phonème a été prononcé 392 fois sans prothèses, pour une moyenne de 2989Hz et un écart-type de 2038Hz.

Les réalisations sont au nombre de 182 pour les témoins, avec une moyenne de 7073 et un écart-type de 2504Hz.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
zcr Prothèse-AP	377	0,000	14111,000	4854,504	2729,986
zcr Prothèse-SP	392	0,000	11067,000	2989,309	2038,207
zcr Prothèse-T	182	1067,000	12778,000	7072,808	2503,739

Tableau 50: Statistiques descriptives du ZCR pour le [f], données par XLSTAT

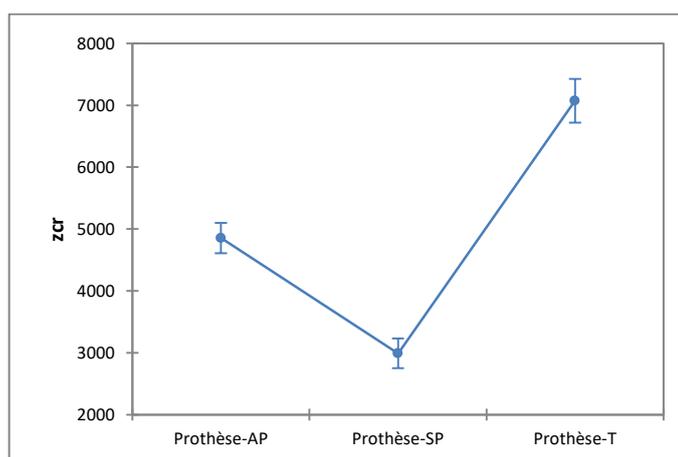


Figure 46 : Graphique des moyennes du ZCR pour le [f], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T vs SP	4083,499	18,796	2,344	< 0,0001	Oui
T vs AP	2218,304	10,147	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs SP	1865,195	10,676	2,344	< 0,0001	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 51: Résultats du test de Tukey du ZCR pour le [f], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

L'ANOVA et le test de Tukey concluent que l'hypothèse H0 doit être rejetée, et qu'il existe une différence significative entre les ZCR des trois groupes. Le ZCR moyen est plus faible sans prothèses, il est nettement augmenté pour les témoins, et intermédiaire avec prothèses.

6.2.3.2 Pour le phonème [s]

Pour les 1195 réalisations sans prothèses, la moyenne du ZCR est de 5847Hz et l'écart-type est de 2863Hz. Pour les groupes avec prothèses et témoin, la moyenne est plus élevée, avec des valeurs de 8554Hz et 9041Hz, et les écarts-types sont de 2988Hz et 2523Hz.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
zcr Prothèse-AP	1130	111,000	15844,000	8554,048	2987,797
zcr Prothèse-SP	1195	0,000	13422,000	5847,350	2862,604
zcr Prothèse-T	498	1689,000	17733,000	9041,002	2522,568

Tableau 52: Statistiques descriptives du ZCR pour le [s], données par XLSTAT

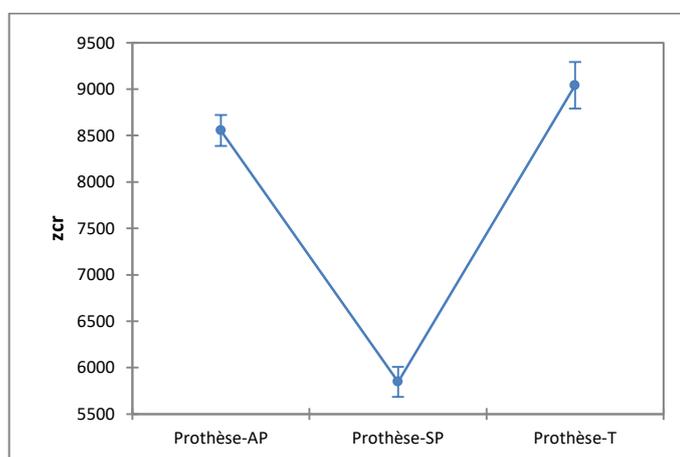


Figure 47 : Graphique des moyennes du ZCR pour le [s], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T vs SP	3193,652	20,955	2,344	< 0,0001	Oui
T vs AP	486,954	3,168	2,344	0,004	Oui
AP vs SP	2706,698	22,828	2,344	< 0,0001	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 53: Résultats du test de Tukey du ZCR pour le [s], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

L'hypothèse nulle doit être rejetée, car le test statistique nous révèle qu'il existe une différence significative entre les 3 groupes. Malgré tout, nous remarquons que le ZCR moyen est nettement plus bas pour le groupe sans prothèses. De même, la différence entre les groupes T et AP est relativement faible, avec une différence de 487Hz. Cette différence passe à 3194Hz et 2707Hz quand le groupe SP est comparé aux groupes T et AP.

6.2.3.3 Pour le phonème [ʃ]

Avec prothèses, la moyenne du ZCR est de 6476Hz, et l'écart-type de 1229Hz pour 217 répétitions.

Sans prothèses, la moyenne passe à 3890Hz, et l'écart-type est de 1726Hz pour 212 répétitions.

Concernant les témoins, la moyenne est de 6909Hz et l'écart-type de 634Hz pour 99 répétitions.

Statistique	Nb. D'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
zcr Prothèse-AP	217	2044,000	9044,000	6476,276	1229,320
zcr Prothèse-SP	212	67,000	7800,000	3890,358	1725,887
zcr Prothèse-T	99	4289,000	7867,000	6908,899	633,667

Tableau 54 : Statistiques descriptives du ZCR pour le [ʃ], données par XLSTAT

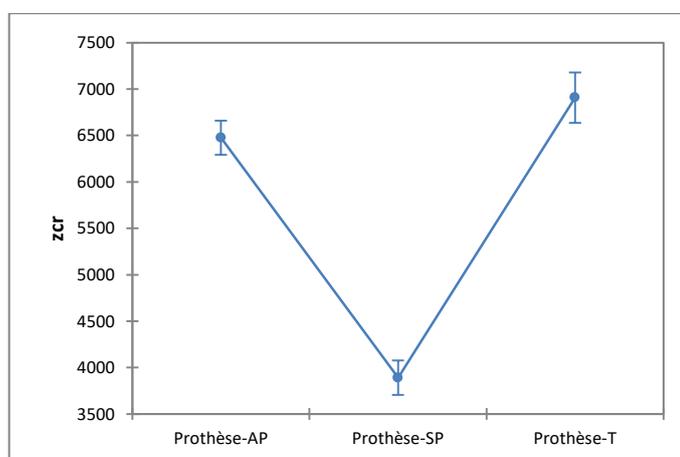


Figure 48 : Graphique des moyennes du ZCR pour le [ʃ], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T vs SP	3018,540	18,019	2,344	< 0,0001	Oui
T vs AP	432,622	2,592	2,344	0,026	Oui
AP vs SP	2585,918	19,459	2,344	< 0,0001	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 55 : Résultats du test de Tukey du ZCR pour le [ʃ], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, données par XLSTAT

Du point de vue statistique, il existe bien une différence significative entre les 3 groupes. Comme précédemment, cette différence est tout de même bien plus faible entre les groupes T et AP avec une valeur de 433Hz, alors qu'elle passe à 3018Hz entre les groupes T et SP et 2586Hz entre les groupes AP et SP.

6.2.3.4 Pour le phonème [v]

La fricative [v] a été enregistrée 564 fois avec prothèses, 507 fois sans prothèses et 248 fois chez les témoins.

La moyenne du ZCR est de 1511Hz avec prothèses et 1356Hz pour les témoins. Elle est presque divisée par deux pour le groupe sans prothèses, avec une valeur de 775Hz.

L'écart-type est de 1541Hz pour les groupes AP et T, contre 631Hz pour le groupe SP.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
zcr Prothèse-AP	564	0,000	10422,000	1511,073	1540,727
zcr Prothèse-SP	507	0,000	5533,000	774,994	630,998
zcr Prothèse-T	248	244,000	10867,000	1356,379	1540,991

Tableau 56 : Statistiques descriptives du ZCR pour le [v], données par XLSTAT

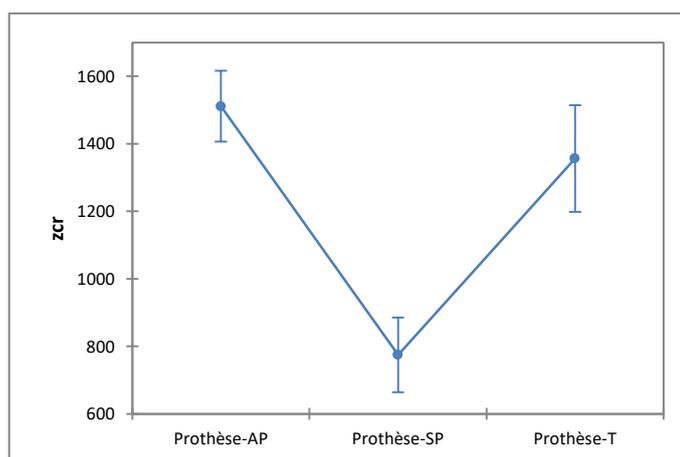


Figure 49 : Graphique des moyennes du ZCR pour le [v], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
AP vs SP	736,079	9,466	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs T	154,694	1,598	2,344	0,246	Non
T vs SP	581,385	5,905	2,344	< 0,0001	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 57 : Résultats du test de Tukey du ZCR pour le [v], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

L'ANOVA et le test de Tukey nous permettent de conclure qu'il n'existe aucune différence significative entre le ZCR moyen des groupes T et AP. Le ZCR du groupe SP est cependant statistiquement différent de celui des deux autres groupes.

6.2.3.5 Pour le phonème [z]

On relève 241 occurrences avec prothèses, 299 sans prothèses et 183 pour les témoins. Leurs ZCR respectifs sont de 5050Hz, 2761Hz et 3706Hz, et leurs écarts-types sont de 2893Hz, 2184Hz et 2522Hz.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
zcr Prothèse-AP	241	556,000	14533,000	5050,531	2893,078
zcr Prothèse-SP	299	0,000	10711,000	2761,197	2184,337
zcr Prothèse-T	183	622,000	14111,000	3705,787	2521,802

Tableau 58 : Statistiques descriptives du ZCR pour le [z], données par XLSTAT

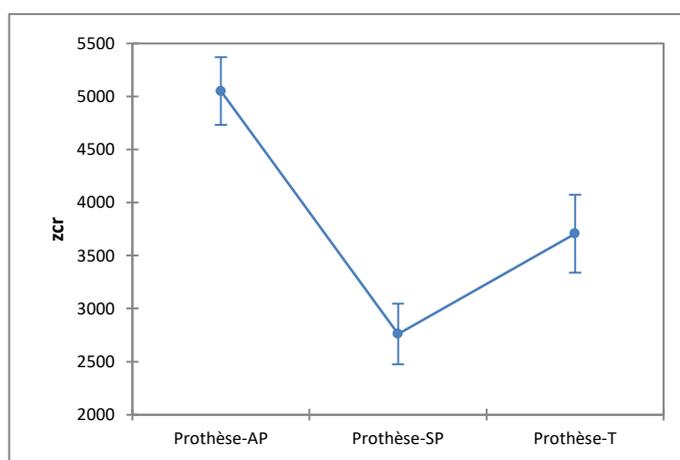


Figure 50 : Graphique des moyennes du ZCR pour le [z], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
AP vs SP	2289,334	10,476	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs T	1344,744	5,433	2,344	< 0,0001	Oui
T vs SP	944,590	3,987	2,344	0,0002	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 59 : Résultats du test de Tukey du ZCR pour le [z], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, données par XLSTAT

Le test statistique révèle que l'hypothèse alternative H1 doit être retenue, et qu'il existe une différence significative entre les trois groupes. Le ZCR reste plus bas pour les patients sans prothèses.

6.2.3.6 Pour le phonème [ʒ]

Nous comptons 629 répétitions avec prothèses, 686 sans prothèses et 245 pour les témoins. La moyenne pour le groupe SP est de 2590Hz. Elle est presque doublée pour les groupes AP et T, avec des valeurs de 5101Hz et 5158Hz. Les écarts-types sont tous équivalents, avec des valeurs de 1924Hz avec prothèses, 1808Hz sans prothèses et 1833Hz pour les témoins.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
zcr Prothèse-AP	629	133,000	9044,000	5101,141	1923,584
zcr Prothèse-SP	686	0,000	7578,000	2590,363	1807,618
zcr Prothèse-T	245	422,000	7689,000	5158,461	1833,444

Tableau 60 : Statistiques descriptives du ZCR pour le [ʒ], données par XLSTAT

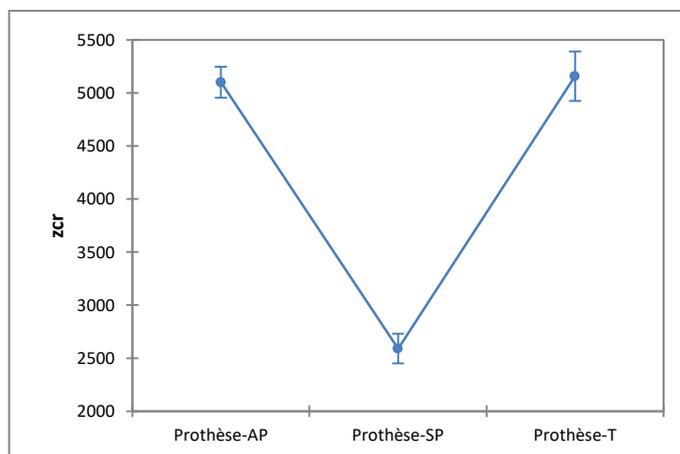


Figure 51 : Graphique des moyennes du ZCR pour le [ʒ], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T vs SP	2568,098	18,559	2,344	< 0,0001	Oui
T vs AP	57,320	0,409	2,344	0,912	Non
AP vs SP	2510,779	24,462	2,344	< 0,0001	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 61 : Résultats du test de Tukey du ZCR pour le [ʒ], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Après réalisation du test statistique, nous pouvons conclure qu'il n'existe aucune différence notable entre les ZCR moyens avec prothèses et témoin. Le ZCR sans prothèses est à l'inverse différent de ceux des deux autres groupes, et leur est nettement inférieur.

En résumé, le ZCR est systématiquement plus bas pour le groupe sans prothèses que pour les groupes avec prothèses et témoin.

Pour le [z], le ZCR est statistiquement différent entre les trois groupes, il est le plus élevé pour le groupe AP, et intermédiaire pour le groupe T.

Pour les phonèmes [f], [s] et [ʃ], si la différence statistique persiste, nous notons toutefois une tendance à l'amélioration du ZCR qui se rapproche distinctement des valeurs témoins.

Pour les fricatives [v] et [ʒ], il n'y a pas de différence significative entre les groupes témoin et avec prothèses, mais il existe bien une différence entre le groupe sans prothèses et les deux précédents.

Ainsi, le bruit de friction paraît diminué lorsque les PAT ne sont pas portées, et il augmente pour les témoins et les patients porteurs de PAT.

6.2.4 Analyse du coefficient de dissymétrie (Skewness)

Le Skewness, ou coefficient de dissymétrie, est un facteur permettant d'évaluer la dissymétrie de distribution de l'énergie d'un son. Lorsqu'il est élevé, cela indique que l'énergie est distribuée dans les basses fréquences.

Les valeurs du Skewness ont été relevées pour les fricatives [f], [s], [ʃ], [v], [z], [ʒ] prononcées dans les exercices 4 à 7 du corpus, disponible en annexe 1.

Notre hypothèse de départ est que le Skewness sera modifié pour les patients édentés sans prothèses car l'énergie serait perturbée par les modifications de la cavité buccale. Selon nous, le son, sans prothèses, devrait se situer davantage dans les basses fréquences, le chenal de constriction étant plus large. Le Skewness devrait donc, sans prothèses, être plus élevé.

A l'inverse, les Skewness des témoins et des patients avec réhabilitation prothétique devraient être plus faibles et similaires, les PAT permettant de pallier aux pertes de substances intéressant les dents, le parodonte et l'os ; le son se situant, selon nous, dans de plus hautes fréquences.

6.2.4.1 Pour le phonème [f]

377 répétitions du phonème [f] ont été isolées avec prothèses, 392 sans prothèses, et 182 chez les témoins.

La moyenne du Skewness obtenue dans chacun des cas est de 4,0, 11,1 et 1,9.

Les écarts-types ont pour valeurs 4,8, 18,9 et 1,7.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
skewness Prothèse-AP	377	-1,000	42,000	4,066	4,785
skewness Prothèse-SP	392	-1,000	179,000	11,069	18,884
skewness Prothèse-T	182	-1,000	13,000	1,863	1,665

Tableau 62 : Statistiques descriptives du Skewness pour le [f], données par XLSTAT

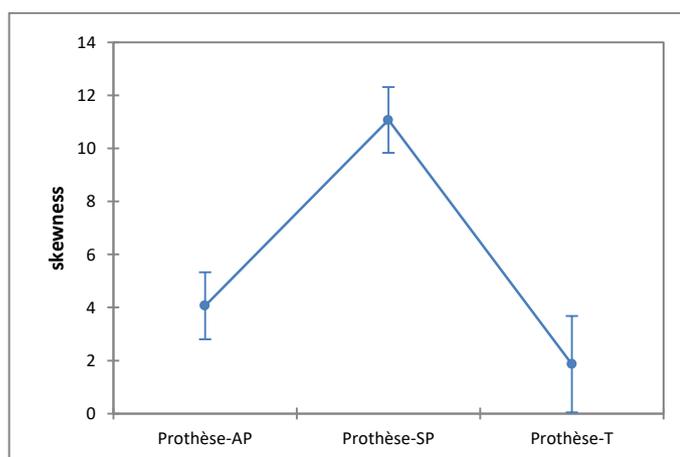


Figure 52 : Graphique des moyennes du Skewness pour le [f], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
SP vs T	9,206	8,199	2,344	< 0,0001	Oui
SP vs AP	7,003	7,755	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs T	2,204	1,950	2,344	0,125	Non
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 63 : Résultats du test de Tukey du Skewness pour le [f], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Les résultats de l'ANOVA et du Tukey nous indiquent qu'il n'y a pas de différence statistique entre les Skewness des groupes témoin et avec prothèses. En revanche, le Skewness obtenu sans prothèses est significativement différent de celui des deux autres groupes, et il leur est nettement supérieur.

6.2.4.2 Pour le phonème [s]

Pour les 1130 occurrences du phonème [s] avec prothèses, la moyenne du Skewness obtenue est de 1,2 et l'écart-type est de 2,8.

Pour les 1195 occurrences sans prothèses, la moyenne est de 3,5 et l'écart-type est de 10,5. Concernant les témoins, pour les 498 occurrences, la moyenne est de 0,9 et l'écart-type est de 1,1.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
skewness Prothèse-AP	1130	-3,000	39,000	1,177	2,777
skewness Prothèse-SP	1195	-4,000	181,000	3,465	10,517
skewness Prothèse-T	498	-2,000	6,000	0,857	1,077

Tableau 64 : Statistiques descriptives du Skewness pour le [s], données par XLSTAT

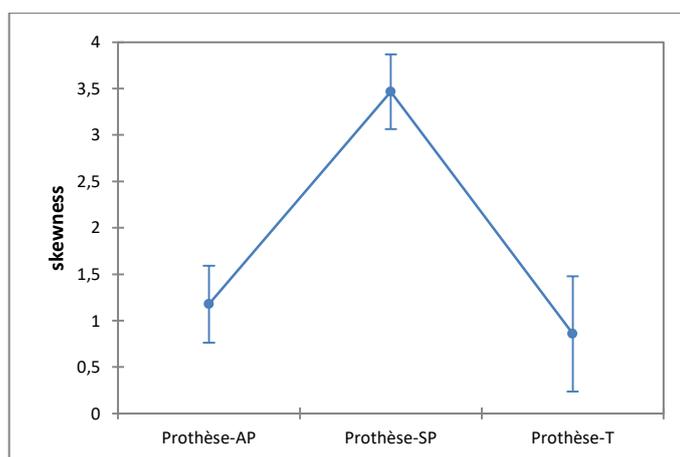


Figure 53 : Graphique des moyennes du Skewness pour le [s], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
SP vs T	2,608	6,906	2,344	< 0,0001	Oui
SP vs AP	2,288	7,789	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs T	0,320	0,839	2,344	0,679	Non
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 65 : Résultats du test de Tukey du Skewness pour le [ʃ], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

L'analyse statistique effectuée entre les différentes modalités nous permet d'affirmer qu'il existe une différence significative entre le Skewness sans prothèses lorsqu'il est comparé à ceux avec prothèses ou témoin. Mais aucune différence n'a pu être mise en exergue entre les groupes témoin et avec prothèses.

6.2.4.3 Pour le phonème [ʃ]

Les répétitions sont au nombre de 217 avec prothèses, 212 sans prothèses, et 99 témoins. Les moyennes des groupes AP et T sont proches, avec des valeurs respectives de 0,7 et 0,4. Leurs écarts-types ont de 1,4 et 0,9. La moyenne du groupe AP est très supérieure aux deux précédentes, avec une valeur de 3,2. L'écart-type st de 5,3.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
skewness Prothèse-AP	217	-2,000	7,000	0,705	1,429
skewness Prothèse-SP	212	-4,000	50,000	3,193	5,322
skewness Prothèse-T	99	-2,000	3,000	0,384	0,889

Tableau 66 : Statistiques descriptives du Skewness pour le [ʃ], données par XLSTAT

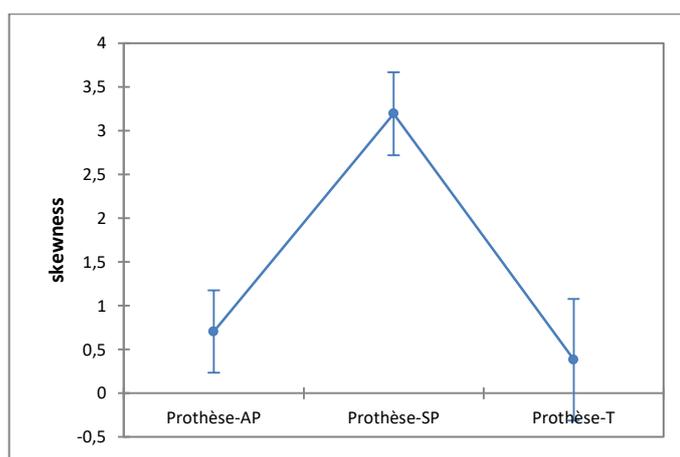


Figure 54 : Graphique des moyennes du Skewness pour le [ʃ], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
SP vs T	2,810	6,562	2,344	< 0,0001	Oui
SP vs AP	2,488	7,326	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs T	0,321	0,753	2,344	0,732	Non
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 67 : Résultats du test de Tukey du Skewness pour le [ʃ], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Le test statistique confirme ce qui était prévisible au vu des statistiques descriptives, à savoir que le Skewness sans prothèses est significativement différent de ceux sans prothèses et témoin. Inversement, il n'y a aucune différence statistique entre ces deux derniers groupes. La prothèse semble donc permettre de restaurer un Skewness proche de celui des témoins.

6.2.4.4 Pour le phonème [v]

Nous relevons 564 répétitions avec prothèses, 507 sans prothèses et 248 pour les témoins. Les moyennes sont, respectivement, de 17,8, 27,8 et 15,3, et les écarts-types sont de 15,5, 23,6 et 11,0.

La moyenne sans prothèses semble à nouveau supérieure à celles des deux autres configurations.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
skewness Prothèse-AP	564	0,000	98,000	17,821	15,530
skewness Prothèse-SP	507	1,000	183,000	27,795	23,640
skewness Prothèse-T	248	-1,000	50,000	15,323	11,004

Tableau 68 : Statistiques descriptives du Skewness pour le [v], donnés par XLSTAT

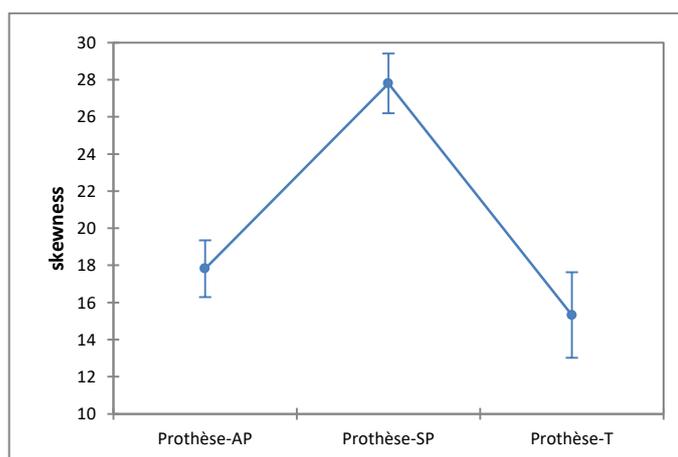


Figure 55 : Graphique des moyennes du Skewness pour le [v], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
SP vs T	12,472	8,719	2,344	< 0,0001	Oui
SP vs AP	9,974	8,828	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs T	2,498	1,776	2,344	0,178	Non
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 69 : Résultats du test de Tukey du Skewness pour le [v], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Les résultats de l'ANOVA et du Tukey révèlent une différence significative entre le Skewness sans prothèses et celui des autres groupes. Aucune différence n'a pu être démontrée entre les groupes avec prothèses et témoin.

6.2.4.5 Pour le phonème [z]

On dénombre 241 répétitions de la fricative [z] avec prothèses, 299 sans prothèses, et 183 pour les témoins. Les moyennes obtenues pour chacune des situations sont de 2,4, 6,8 et 3,3. Les écarts-types sont quant à eux de 3,1, 10,4 et 2,9.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
skewness Prothèse-AP	241	-2,000	29,000	2,402	3,059
skewness Prothèse-SP	299	-1,000	131,000	6,799	10,444
skewness Prothèse-T	183	-1,000	15,000	3,344	2,876

Tableau 70 : Statistiques descriptives du Skewness pour le [z], données par XLSTAT

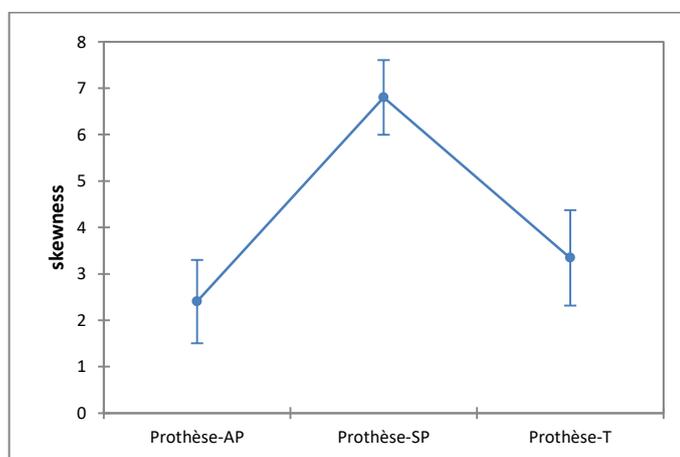


Figure 56 : Graphique des moyennes du Skewness pour le [z], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
SP vs AP	4,397	7,158	2,344	< 0,0001	Oui
SP vs T	3,455	5,188	2,344	< 0,0001	Oui
T vs AP	0,942	1,354	2,344	0,366	Non
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 71 : Résultats du test de Tukey du Skewness pour le [z], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Il n'existe aucune différence significative entre le groupe témoin et le groupe avec prothèses, pour le facteur du Skewness sur ce phonème. Comme précédemment, la moyenne pour les patients sans prothèses est nettement supérieure à celles des deux autres groupes. Les prothèses semblent donc restaurer un Skewness proche de celui des témoins, et donc proche de la normale.

6.2.4.6 Pour le phonème [ʒ]

Les statistiques descriptives nous indiquent que le phonème [ʒ] a été relevé 629 fois avec prothèses, 686 fois sans prothèses et 245 fois chez les témoins.

La moyenne sans prothèses est élevée, avec une valeur de 5,9, et de même pour l'écart-type, qui est de 8,9.

Les valeurs avec prothèses et témoins sont bien inférieures, les moyennes étant de 1,2 et 0,4, et les écarts-types de 3,4 et 1,7.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
skewness Prothèse-AP	629	-4,000	38,000	1,191	3,451
skewness Prothèse-SP	686	-2,000	109,000	5,923	8,924
skewness Prothèse-T	245	-2,000	11,000	0,453	1,690

Tableau 72 : Statistiques descriptives du Skewness pour le [ʒ], données par XLSTAT

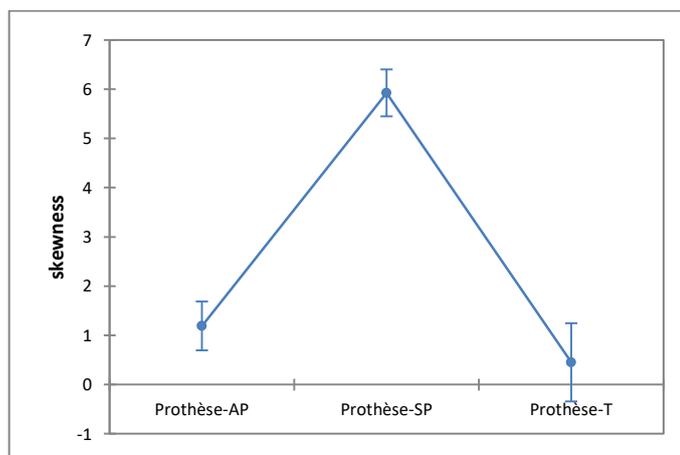


Figure 57 : Graphique des moyennes du Skewness pour le [ʒ], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
SP vs T	5,470	11,578	2,344	< 0,0001	Oui
SP vs AP	4,732	13,504	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs T	0,738	1,543	2,344	0,271	Non
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 73 : Résultats du test de Tukey du Skewness pour le [ʒ], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Il n'y a pas de différence notable entre le Skewness avec prothèses et celui des témoins. Ces deux valeurs sont en revanche statistiquement différentes et inférieures à celle des patients sans prothèses.

En résumé, le Skewness est invariablement augmenté lorsque les prothèses ne sont pas portées.

Pour l'intégralité des phonèmes étudiés, il existe une différence entre le Skewness sans prothèses et ceux avec prothèses et témoin. Mais en parallèle, il n'existe aucune différence entre le Skewness avec prothèses et celui des témoins.

Il apparaît donc que l'énergie se distribue dans les basses fréquences lorsque l'édentement n'est pas compensé, mais que l'énergie est restaurée dans des fréquences normales, et statistiquement identiques à celle des patients présentant une dentition complète, lorsque les prothèses amovibles sont portées.

Cela semble logique du fait que lorsque les prothèses, bien intégrées, sont retirées, le chenal entre la langue et le point d'articulation est plus grand : le son résultant doit donc se situer dans les basses fréquences. A contrario, lorsque les prothèses sont portées et bien assimilées, le chenal de friction est identique aux personnes dentées.

6.2.5 Analyse du coefficient d'aplatissement (Kurtosis)

Le Kurtosis, ou coefficient d'aplatissement, permet d'évaluer l'harmonie de répartition de l'énergie d'un son. Lorsqu'il est élevé, cela indique une répartition peu harmonieuse de l'énergie.

Le coefficient d'aplatissement a été relevé pour les fricatives [f], [s], [ʃ], [v], [z], [ʒ] prononcées dans les exercices 4 à 7 du corpus, disponible en annexe 1.

Pour cette expérience, l'hypothèse est que l'édentement doit induire une augmentation du Kurtosis, tandis que la réhabilitation prothétique doit permettre de rétablir un Kurtosis normal, plus bas et équivalent à celui de patient non édentés.

6.2.5.1 *Pour le phonème [f]*

Nous avons isolé 377 répétitions du phonème [f] avec prothèses, 392 sans prothèses, et 182 répétitions pour les témoins.

La moyenne du Kurtosis est très élevée sans prothèses, à 724,6, alors qu'elle est nettement plus basse pour les groupes avec prothèses et témoin, à 52,6 et 9,9.

Les écarts-types suivent la même tendance, avec pour le groupe sans prothèses une valeur de 3699,9, et pour les groupes avec prothèses et témoin, des valeurs de 166,1 et 24,4.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
kurtosis Prothèse-AP	377	0,000	1936,000	52,597	166,092
kurtosis Prothèse-SP	392	-2,000	45862,000	724,638	3699,886
kurtosis Prothèse-T	182	-2,000	258,000	9,945	24,428

Tableau 74 : Statistiques descriptives du Kurtosis pour le [f], données par XLSTAT

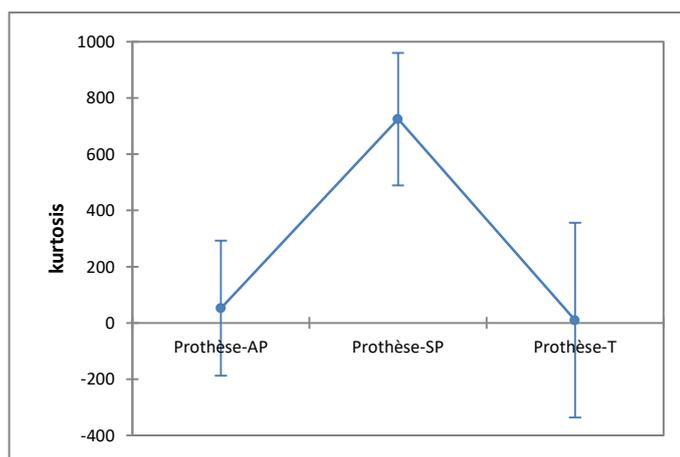


Figure 58 : Graphique des moyennes du Kurtosis pour le [f], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
SP vs T	714,693	3,350	2,344	0,002	Oui
SP vs AP	672,041	3,917	2,344	0,0003	Oui
AP vs T	42,652	0,199	2,344	0,978	Non
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 75 : Résultats du test de Tukey du Kurtosis pour le [f], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

L'ANOVA et le Tukey révèlent que l'hypothèse nulle doit être retenue dans la comparaison entre les groupes témoin et avec prothèses, il n'existe ainsi aucune différence significative entre les Kurtosis de ces deux groupes.

A l'inverse, H0 doit être rejetée pour les comparaisons du groupe sans prothèses aux groupes témoin et avec prothèses.

Le Kurtosis est donc très nettement augmenté pour les patients ne portant pas de PAT, mais le port des prothèses semble permettre d'abaisser ce facteur et de le rétablir à une valeur normale.

6.2.5.2 Pour le phonème [s]

1130 répétitions du phonème [s] ont été relevés avec prothèses, 1195 sans et 498 pour les témoins. Le Kurtosis moyen est de 14,8 pour le premier cas, contre 186,5 pour le deuxième cas, et 6,8 pour le dernier.

Le coefficient d'aplatissement paraît donc plus élevé sans les prothèses amovibles. Les écarts-types sont de 100,2, 1889,7 et 13,1.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
kurtosis Prothèse-AP	1130	-2,000	2402,000	14,833	100,204
kurtosis Prothèse-SP	1195	-1,000	44229,000	186,470	1889,679
kurtosis Prothèse-T	498	-1,000	124,000	6,791	13,092

Tableau 76 : Statistiques descriptives du Kurtosis pour le [s], données par XLSTAT

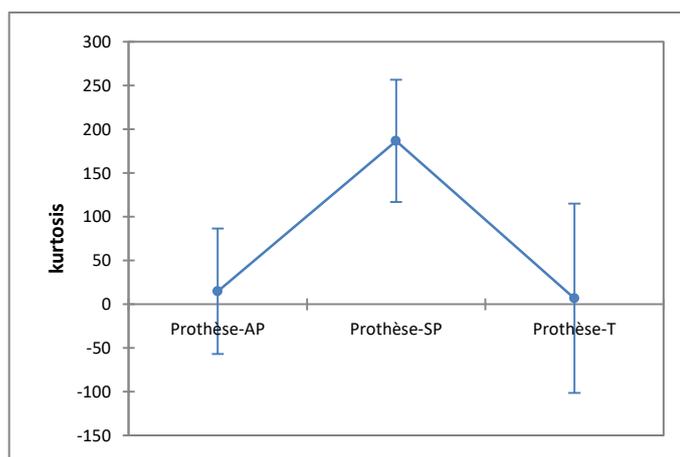


Figure 59 : Graphique des moyennes du Kurtosis pour le [s], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
SP vs T	179,679	2,736	2,344	0,017	Oui
SP vs AP	171,638	3,360	2,344	0,002	Oui
AP vs T	8,042	0,121	2,344	0,992	Non
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 77 : Résultats du test de Tukey du Kurtosis pour le [s], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Le test statistique confirme ce qui était perceptible à la lecture des statistiques descriptives, à savoir qu'il existe une différence significative entre les groupes SP et les deux autres groupes, et que le Kurtosis est nettement augmenté sans les prothèses.

Il n'y a pas de différence notable entre les groupes AP et T. La prothèse paraît donc stabiliser la répartition de l'énergie.

6.2.5.3 Pour le phonème [ʃ]

Les répétitions sont au nombre de 217 avec prothèses, 212 sans prothèses, et 99 pour les témoins. Les moyennes des groupes avec prothèses et témoin sont très proches, avec des valeurs respectives de 10,6 et 9,3, là où la moyenne du groupe sans prothèses est de 79,6. Les écarts-types des trois groupes suivent la même répartition que les moyennes, avec des valeurs de 22,1 avec prothèses, 334,0 sans prothèses et 9,6 pour les témoins.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
kurtosis Prothèse-AP	217	-1,000	194,000	10,581	22,134
kurtosis Prothèse-SP	212	-1,000	4541,000	79,618	334,054
kurtosis Prothèse-T	99	-2,000	61,000	9,303	9,580

Tableau 78 : Statistiques descriptives du Kurtosis pour le [ʃ], données par XLSTAT

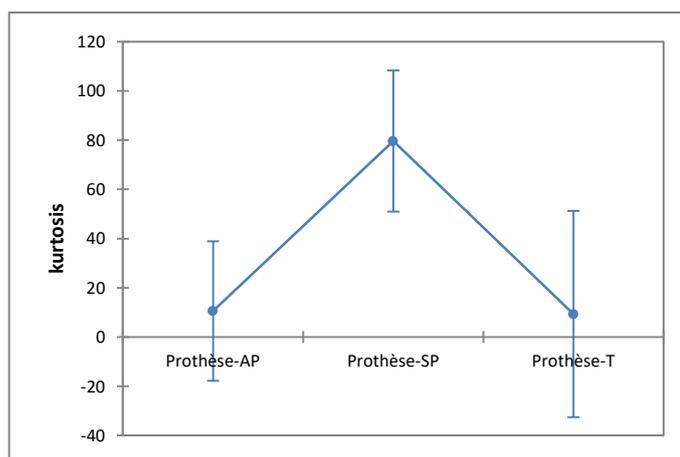


Figure 60 : Graphique des moyennes du Kurtosis pour le [ʃ], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
SP vs T	70,315	2,721	2,344	0,018	Oui
SP vs AP	69,037	3,368	2,344	0,002	Oui
AP vs T	1,278	0,050	2,344	0,999	Non
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 79 : Résultats du test de Tukey du Kurtosis pour le [ʃ], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Comme pour les phonèmes précédents, l'ANOVA et le test de Tukey concluent qu'il existe une différence significative entre le groupe SP et les groupes T et AP. Cette différence n'est pas retrouvée quand les groupes T et AP sont comparés entre eux.

6.2.5.4 Pour le phonème [v]

La fricative [v] a été prononcée à 564 reprises pour les patients porteurs de PAT, à 507 reprises pour les patients sans PAT et à 248 reprises par les témoins.

Le Kurtosis est particulièrement élevé pour le cas SP, avec une moyenne de 2111,9 et un écart-type de 4657,3.

Il est nettement plus bas pour le groupe AP, avec une moyenne de 892,8 et un écart-type de 1603,7, ainsi que pour le groupe témoin, avec des valeurs de 631,8 de moyenne et 769,8 d'écart-type.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
kurtosis Prothèse-AP	564	0,000	14277,000	892,819	1603,738
kurtosis Prothèse-SP	507	2,000	61145,000	2111,909	4657,272
kurtosis Prothèse-T	248	-1,000	3485,000	631,847	769,832

Tableau 80 : Statistiques descriptives du Kurtosis pour le [v], données par XLSTAT

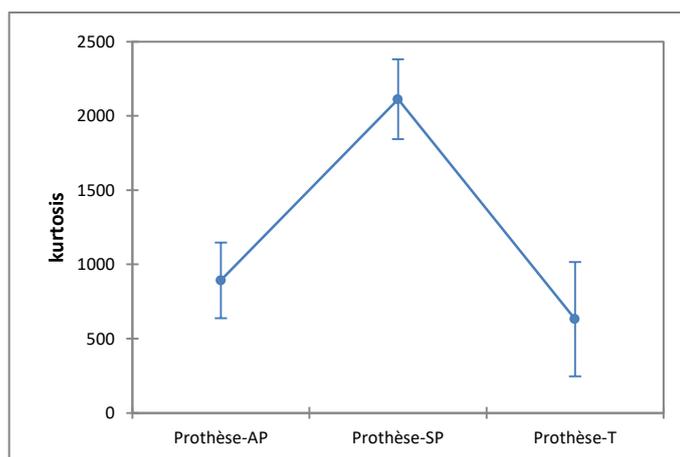


Figure 61 : Graphique des moyennes du Kurtosis pour le [v], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
SP vs T	1480,062	6,180	2,344	< 0,0001	Oui
SP vs AP	1219,090	6,445	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs T	260,972	1,108	2,344	0,509	Non
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 81 : Résultats du test de Tukey du Kurtosis pour le [v], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Les tests statistiques nous confirment qu'il existe une différence significative entre le Kurtosis sans prothèses, et les Kurtosis témoin et avec prothèses. Il n'y a inversement aucune différence statistique entre les moyennes témoin et avec prothèses.

6.2.5.5 Pour le phonème [z]

Concernant le phonème [z], nous relevons 241 occurrences avec prothèses, 299 sans prothèses et 183 chez les témoins.

Les moyennes avec prothèses et témoin sont similaires, avec des valeurs de 21,0 et 27,6, et leurs écarts-types sont de 87,2 et 61,6.

Les valeurs sans prothèses sont nettement augmentées, la moyenne étant de 267,8 et l'écart-type étant de 1927,9.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
kurtosis Prothèse-AP	241	-2,000	1224,000	21,025	87,232
kurtosis Prothèse-SP	299	-1,000	32659,000	267,823	1927,934
kurtosis Prothèse-T	183	-1,000	538,000	27,617	61,592

Tableau 82 : Statistiques descriptives du Kurtosis pour le [z], données par XLSTAT

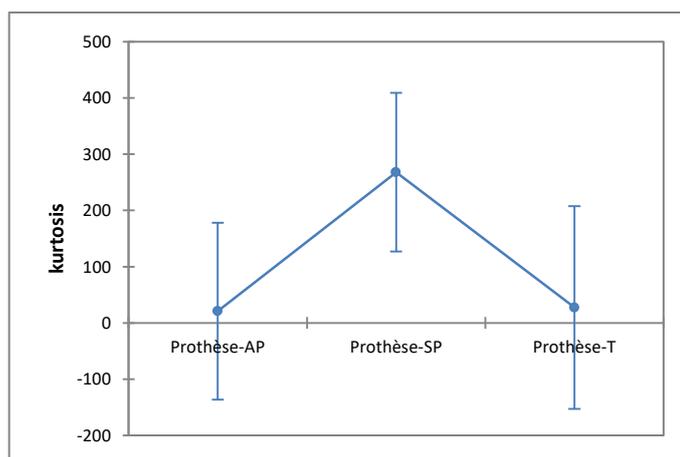


Figure 62 : Graphique des moyennes du Kurtosis pour le [z], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
SP vs AP	246,798	2,296	2,344	0,056	Non
SP vs T	240,205	2,061	2,344	0,098	Non
T vs AP	6,593	0,054	2,344	0,998	Non
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 83 : Résultats du test de Tukey du Kurtosis pour le [z], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

L'ANOVA et le Tukey nous apprennent qu'il n'existe aucune différence significative entre les trois groupes étudiés, et l'hypothèse nulle ne peut donc pas être rejetée.

On remarquera tout de même que la *p-value* entre les patients avec et sans prothèses n'est que de 0.056 et celle entre les patients sans prothèses et les témoins est inférieure à 0.1 ; alors que pour celle entre les témoins et les patients porteurs de prothèses, elle se situe à plus de 0.99. Notre première impression marquée par le fait que les moyennes des groupes T et AP sont visiblement proches, alors que celle du groupe SP est nettement augmentée peut ici être confirmée. Une véritable tendance est, ici, bien marquée.

L'importance de l'écart-type sans prothèses pourrait être une explication à l'absence de différence statistique entre les patients sans prothèses et les autres individus.

6.2.5.6 Pour le phonème [ʒ]

Pour les témoins, sur 245 répétitions, la moyenne du Kurtosis est de 8,7 et l'écart-type est de 23,8.

Pour les patients avec prothèses, et pour les 629 répétitions, la moyenne est de 25,7 et l'écart-type est de 166,4.

Pour les patients sans prothèses, les valeurs sont considérablement augmentées, avec une moyenne à 233,6 et un écart-type à 1227,1, pour 686 répétitions.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
kurtosis Prothèse-AP	629	-2,000	3116,000	25,696	166,432
kurtosis Prothèse-SP	686	-1,000	28776,000	233,582	1227,064
kurtosis Prothèse-T	245	-1,000	278,000	8,669	23,772

Tableau 84 : Statistiques descriptives du Kurtosis pour le [ʒ], données par XLSTAT

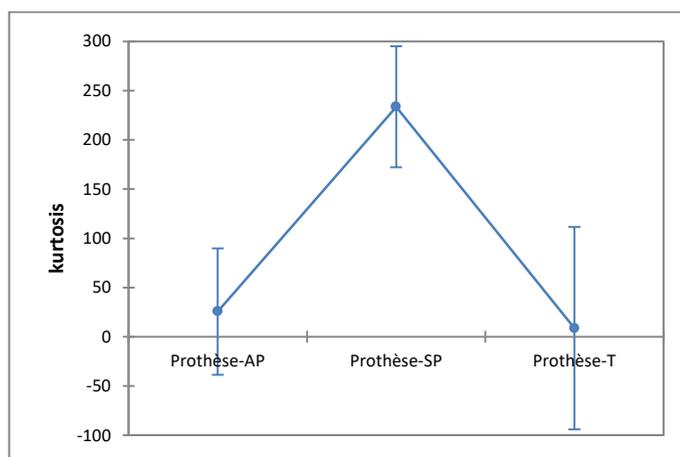


Figure 63 : Graphique des moyennes du Kurtosis pour le [ʒ], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
SP vs T	224,912	3,682	2,344	0,001	Oui
SP vs AP	207,885	4,588	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs T	17,027	0,275	2,344	0,959	Non
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 85 : Résultats du test de Tukey du Kurtosis pour le [ʒ], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Aucune différence statistique n'a pu être démontrée entre les témoins et le groupe avec prothèses. Ces deux groupes présentent une différence certaine avec le groupe sans prothèses, dont le Kurtosis est nettement augmenté.

En résumé, le Kurtosis est toujours augmenté pour les patients sans prothèses.

Pour l'intégralité des phonèmes à l'exception du [z] il existe une différence statistique entre le groupe sans prothèses et les groupes témoin et avec prothèses, sans que ces deux derniers ne diffèrent entre eux.

Pour le phonème [z], si une différence persiste entre les trois groupes, nous remarquons que la tendance suit celle des autres phonèmes, même si elle n'est pas vérifiée statistiquement du fait de l'importance des écarts-types.

Ainsi, nous sommes en mesure de conclure que, après 4 semaines de port de prothèses bien adaptées et intégrées, l'édentement perturbe la répartition de l'énergie, mais que l'harmonie de répartition est rétablie par la réhabilitation prothétique puisqu'elle est généralement équivalente à celle des témoins.

6.2.6 Analyse de la déviation standard (Sdev)

La déviation standard permet d'évaluer la diffusion de l'énergie, en comparaison à la moyenne du spectre. Lorsqu'elle augmente, cela indique que l'énergie est plus diffuse.

Elle a été relevée pour les fricatives [f], [s], [ʃ], [v], [z], [ʒ] prononcées dans les exercices 4 à 7 du corpus, disponible en annexe 1.

L'hypothèse concernant ce facteur est que la diffusion d'énergie sera perturbée lorsque l'édentement n'est pas compensé. Cette diffusion, et donc la déviation standard, devrait être stabilisée par le port des prothèses amovibles totales dans des valeurs proches des valeurs témoins.

6.2.6.1 Pour le phonème [f]

Pour les groupes AP et T, les statistiques descriptives sont relativement proches, avec des moyennes respectives à 2047Hz et 2613Hz et des écarts-types à 844Hz et 816Hz pour 377 et 182 répétitions.

La moyenne est inférieure pour le groupe SP, avec une valeur de 1376Hz, et l'écart-type est de 822Hz pour 392 répétitions.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
sdev Prothèse-AP	377	259,000	4577,000	2046,772	843,949
sdev Prothèse-SP	392	46,000	8044,000	1376,184	822,446
sdev Prothèse-T	182	599,000	4473,000	2613,049	816,504

Tableau 86 : Statistiques descriptives de la Sdev pour le [f], données par XLSTAT

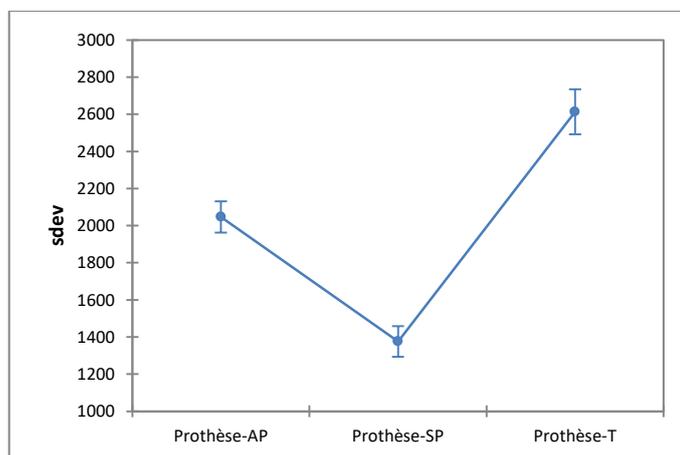


Figure 64 : Graphique des moyennes de la Sdev pour le [f], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T vs SP	1236,866	16,615	2,344	< 0,0001	Oui
T vs AP	566,278	7,559	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs SP	670,588	11,201	2,344	< 0,0001	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 87 : Résultats du test de Tukey de la Sdev pour le [f], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

L'ANOVA et le test de Tukey nous révèlent qu'il existe une différence significative entre les trois groupes étudiés.

Nous remarquons malgré tout que la moyenne du groupe avec prothèses tend à se rapprocher de celle des témoins, la différence entre ces deux groupes étant de 566Hz, tandis que la différence entre les groupes témoin et avec prothèses est de 1237Hz.

6.2.6.2 Pour le phonème [s]

Avec prothèses, la moyenne de la déviation standard est de 2217Hz, avec un écart-type de 783Hz pour 1130 répétitions.

Pour le groupe témoin, les valeurs sont du même ordre, avec une moyenne de 2311Hz et un écart-type de 880Hz pour 498 répétitions.

Sans prothèses, la moyenne est nettement diminuée, avec une valeur de 1746Hz. L'écart-type est équivalent aux groupes précédents, à 781Hz, pour 1195 répétitions.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
sdev Prothèse-AP	1130	147,000	4671,000	2216,949	782,805
sdev Prothèse-SP	1195	41,000	5546,000	1745,640	780,936
sdev Prothèse-T	498	517,000	4773,000	2311,044	880,182

Tableau 88 : Statistiques descriptives de la Sdev pour le [s], données par XLSTAT

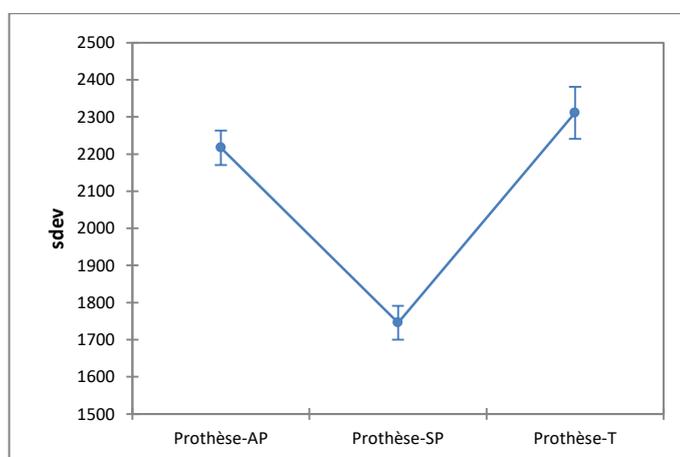


Figure 65 : Graphique des moyennes de la Sdev pour le [s], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T vs SP	565,404	13,250	2,344	< 0,0001	Oui
T vs AP	94,096	2,187	2,344	0,073	Non
AP vs SP	471,309	14,197	2,344	< 0,0001	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 89 : Résultats du test de Tukey de la Sdev pour le [s], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

L'analyse des différences entre les modalités met en exergue une différence significative entre le groupe sans prothèses et les groupes témoin et avec prothèses. A contrario, aucune différence statistique n'est relevée entre le groupe témoin et le groupe avec prothèses. La déviation standard, abaissée lorsque les prothèses ne sont pas portées, est donc rétablie à une valeur proche de celle des témoins lorsque les prothèses sont en bouche.

6.2.6.3 Pour le phonème [ʃ]

Les répétitions sont au nombre de 217 avec prothèses, 212 sans prothèses et 99 pour le groupe témoin.

Les moyennes semblent relativement proches, avec des valeurs respectives de 1189Hz, 1072Hz et 927Hz.

Il en est de même pour les écarts-types, avec des valeurs de 388Hz, 403Hz et 291Hz.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
sdev Prothèse-AP	217	329,000	2197,000	1189,382	388,239
sdev Prothèse-SP	212	103,000	2042,000	1071,943	403,032
sdev Prothèse-T	99	370,000	1928,000	927,444	291,141

Tableau 90 : Statistiques descriptives de la Sdev pour le [ʃ], données par XLSTAT

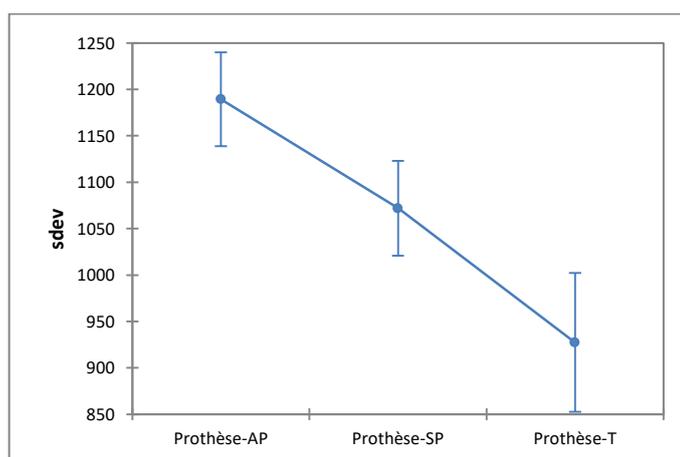


Figure 66 : Graphique des moyennes de la Sdev pour le [ʃ], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
AP vs T	261,938	5,709	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs SP	117,439	3,215	2,344	0,004	Oui
SP vs T	144,499	3,138	2,344	0,005	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 91 : Résultats du test de Tukey de la Sdev pour le [ʃ], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

L'ANOVA et le Tukey concluent que l'hypothèse H0 doit être rejetée pour les trois contrastes étudiés. Il existe donc statistiquement une différence de déviation standard entre les groupes témoin, avec prothèses et sans prothèses.

6.2.6.4 Pour le phonème [v]

Les valeurs avec prothèses et témoins sont équivalentes, avec des moyennes de 838Hz et 737Hz et des écarts-types de 713Hz et 647Hz, pour 564 et 248 répétitions.

Elles sont presque divisées par deux pour les patients sans prothèses, avec une moyenne de 438Hz et un écart-type de 343Hz pour 507 répétitions.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
sdev Prothèse-AP	564	82,000	5145,000	838,051	713,054
sdev Prothèse-SP	507	54,000	2744,000	437,856	342,885
sdev Prothèse-T	248	130,000	3476,000	736,835	647,362

Tableau 92 : Statistiques descriptives de la Sdev pour le [v], données par XLSTAT

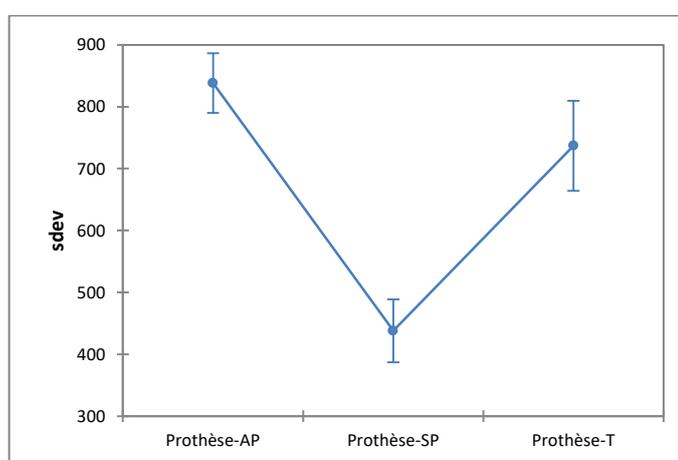


Figure 67 : Graphique des moyennes de la Sdev pour le [v], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
AP vs SP	400,195	11,192	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs T	101,217	2,274	2,344	0,060	Non
T vs SP	298,979	6,604	2,344	< 0,0001	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 93 : Résultats du test de Tukey de la Sdev pour le [v], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, données par XLSTAT

Les tests de l'ANOVA et du Tukey permettent de confirmer statistiquement ce qui avait été pressenti à la lecture des statistiques descriptives, à savoir qu'il n'y a aucune différence significative entre les groupes témoin et avec prothèses, mais que cette différence existe entre le groupe sans prothèses et les deux autres groupes.

La déviation standard a donc tendance à diminuer lors de la prononciation du [v] sans prothèses, mais augmente jusqu'à des valeurs proches des témoins quand le patient porte ses prothèses dentaires.

6.2.6.5 Pour le phonème [z]

Avec prothèses, la déviation standard moyenne est de 2066Hz, et l'écart-type de 797Hz pour 241 répétitions.

Sans prothèses, la moyenne est réduite à 1287Hz, et l'écart-type est de 740Hz pour 299 répétitions.

Concernant les témoins, la moyenne est de 1848Hz et l'écart-type de 917Hz pour 183 répétitions.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
sdev Prothèse-AP	241	224,000	4337,000	2066,095	796,841
sdev Prothèse-SP	299	57,000	3471,000	1287,251	740,282
sdev Prothèse-T	183	242,000	4786,000	1847,716	917,399

Tableau 94 : Statistiques descriptives de la Sdev pour le [z], données par XLSTAT

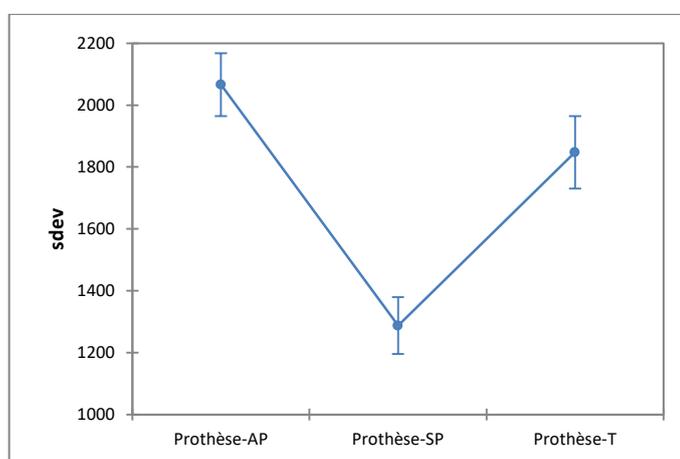


Figure 68 : Graphique des moyennes de la Sdev pour le [z], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
AP vs SP	778,845	11,149	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs T	218,380	2,760	2,344	0,016	Oui
T vs SP	560,465	7,400	2,344	< 0,0001	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 95 : Résultats du test de Tukey de la Sdev pour le [z], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

Les résultats des tests statistiques nous informent que c'est l'hypothèse alternative H1 qui doit être retenue, puisqu'il existe une différence significative entre les trois modalités étudiées.

Nous constatons néanmoins que, comme pour les phonèmes précédents, la déviation standard la plus faible est obtenue lorsque les prothèses ne sont pas portées. De même, sur une moyenne aux alentours des 2000Hz, la différence est moindre entre les groupes témoin et avec prothèses (218 Hz). Par contre, cette différence entre la modalité sans prothèses avec le groupe témoin est de 779Hz et de 560Hz avec les patients portant leurs prothèses.

6.2.6.6 Pour le phonème [ʒ]

Les moyennes des groupes avec prothèses et témoin semblent équivalentes, avec des valeurs de 1379Hz et 1233Hz pour 629 et 245 répétitions.

Sans prothèses, et pour 686 répétitions, la moyenne est inférieure aux précédentes, avec une valeur de 977Hz.

Les écarts-types des trois groupes sont similaires, avec des valeurs de 417Hz avec prothèses, 453Hz sans prothèses, et 379Hz pour les témoins.

Statistique	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type (n-1)
sdev Prothèse-AP	629	129,000	3547,000	1378,836	416,865
sdev Prothèse-SP	686	45,000	2499,000	977,439	453,485
sdev Prothèse-T	245	349,000	2033,000	1233,224	378,710

Tableau 96 : Statistiques descriptives de la Sdev pour le [ʒ], données par XLSTAT

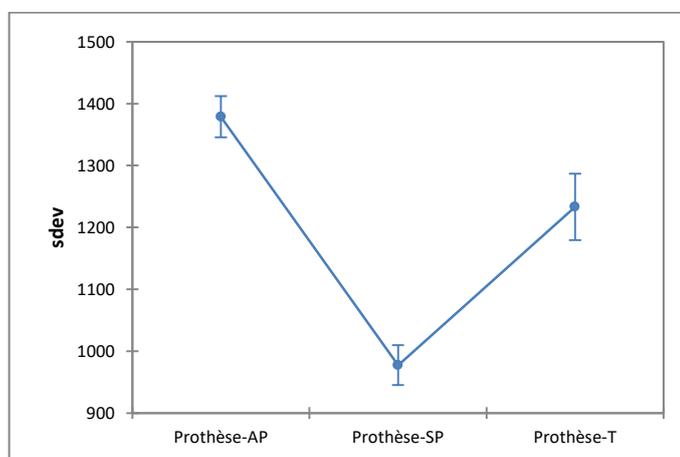


Figure 69 : Graphique des moyennes de la Sdev pour le [ʒ], avec et sans prothèses et témoin

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
AP vs SP	401,397	16,995	2,344	< 0,0001	Oui
AP vs T	145,612	4,519	2,344	< 0,0001	Oui
T vs SP	255,786	8,033	2,344	< 0,0001	Oui
Valeur critique du d de Tukey :			3,314		

Tableau 97 : Résultats du test de Tukey de la Sdev pour le [ʒ], analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%, donnés par XLSTAT

L'ANOVA et le Tukey révèlent qu'il existe une différence significative entre les trois groupes, l'hypothèse H0 doit donc être rejetée pour les trois modalités.

Comme précédemment, la déviation standard la plus faible est relevée pour les patients sans prothèses. De la même façon, la différence entre les groupes T et AP est moindre qu'entre les groupes AP et SP ou T et SP, les valeurs des différences étant respectivement de 146Hz, 401Hz et 256Hz.

En résumé, la déviation standard est plus basse pour le groupe sans prothèses que pour les deux autres groupes, pour chacun des phonèmes à l'exception du [ʃ].

Pour les phonèmes [s] et [v], il n'y a pas de différences significatives entre les groupes témoin et avec prothèses, mais cette différence existe entre le groupe sans prothèses et les deux autres groupes.

Pour les fricatives [f], [z] et [ʒ], une différence statistique a été relevée entre chacun des groupes, mais l'on remarque malgré tout que cette différence est de moindre importance entre les groupes témoin et avec prothèses que dans les deux autres configurations.

Concernant le [ʃ], il existe bien une différence significative entre les trois groupes, et c'est ici le groupe témoin qui présente la déviation standard la plus faible.

Il apparaît donc que l'énergie est moins diffuse sans prothèses lorsque les fricatives, sauf le [ʃ], sont prononcées.

Pour ces mêmes phonèmes, la diffusion a tendance à être plus proche de celle des témoins pour les patients porteurs de prothèses amovibles totales.

Concernant le [ʃ], aucune tendance n'a pu être mise en évidence.

7. DISCUSSION

Nous allons dans cette partie revenir plus en détail sur les conclusions tirées de l'analyse acoustique décrite précédemment, tant au niveau des voyelles que des consonnes, et ce pour chaque facteur étudié.

Notre but sera ici de relever les tendances apportées par l'édentement et la réhabilitation prothétique, et à poser les bases nécessaires à la réalisation d'une future étude plus complète, et sur un échantillon plus important.

Nous chercherons également à comparer la présente étude avec celles évoquées dans notre revue de littérature, lorsque les protocoles d'expérimentation présentent les similitudes requises.

7.1 Analyse des voyelles

Concernant les voyelles, notre hypothèse de départ est qu'elles ne seront pas modifiées par le port des prothèses dentaires, celles-ci étant parfaitement intégrées après 4 semaines, ni par leur retrait, la différence de volume de la cavité buccale entre ces deux situations étant limitée.

Ainsi, l'hypothèse est que le premier formant ne sera pas modifié, l'aperture ayant peu de chance d'être influencée par l'ajout ou le retrait de 2mm de résine. De même, nous estimons que le deuxième formant ne variera pas entre ces deux situations, la position antéro-postérieure de la langue n'étant à priori pas affectée par le port de la prothèse.

Si nous nous intéressons au groupe *hommes*, aucune différence statistique avec ou sans prothèses n'a pu être mise en évidence, tant au niveau du F1 que du F2, pour les cinq voyelles étudiées.

Ces similitudes ont pu être objectivées sur le triangle vocalique, mais aussi lors de l'étude acoustique.

Il est toutefois à noter que la significativité du test est moindre pour le formant [i], même si la différence statistique est bien présente, les *p-values* étant de 0,052 pour le F1 et 0,086 pour le F2. Le [i] pourrait être plus impacté que les autres voyelles du français puisqu'il s'agit de la voyelle la plus fermée et la plus antérieure de notre langue, points sur lesquels les prothèses pourraient avoir un retentissement plus important.

Ceci va dans le sens de l'étude de Petrovic (32), résumée dans le paragraphe 4.1, qui indiquait que le ratio d'énergie entre les basses et hautes fréquences du [i] était modifié, et qui mettait en cause l'épaisseur de la plaque palatine.

L'absence de différence notable entre les deux configurations, et ce pour les deux premiers formants, tend à confirmer notre hypothèse de départ. Cette inclinaison mériterait malgré tout d'être étayée par une étude future, portant sur un échantillon de même nature mais de taille plus importante.

Pour le groupe *femmes*, cette absence de différence statistique a été retrouvée pour les voyelles orales [a], [i], [o] et [u], aussi bien sur le triangle vocalique que sur l'analyse formantique.

Les *p-values* des tests menés sur ces voyelles étant légèrement supérieures à la valeur seuil, il conviendrait de mener une étude avec d'avantage de sujets afin d'améliorer la significativité et la puissance de notre test.

A l'inverse, la voyelle nasale [ã] a ses deux premiers formants nettement impactés par l'épaisseur des prothèses amovibles ou par leur retrait alors que le patient est habitué à leur présence, ce qui est visible sur le triangle vocalique comme sur le compte rendu de l'analyse acoustique.

Pour cette voyelle nasale, la moyenne du F1 a en effet tendance à être plus basse lorsque les prothèses sont portées, indiquant une réduction de l'aperture. Les prothèses paraissent donc diminuer l'aperture lors de la production de ce phonème.

Nous avons alors démontré que la perturbation du F1 étant principalement liée aux perturbations générées par l'une des cinq patientes enregistrées, qui présentait des valeurs formantiques aberrantes en comparaison aux moyennes du groupe. Lorsque les enregistrements de cette patiente ne sont plus pris en compte, la différence statistique ne subsiste pas, ce qui a pu être mis en exergue sur le triangle vocalique et lors de l'analyse acoustique.

La moyenne du F2 a quant à elle tendance à augmenter lorsque les prothèses sont en bouche, attestant d'une position plus antérieure de la langue lors de l'énonciation du [ã]. Cette différence ne peut être imputée à une seule patiente puisqu'elle demeure même lorsque ses valeurs ne sont pas retenues pour l'étude statistique.

Dans son analyse, Scarsellone (43) a souligné que les valeurs de nasalance étaient accrues lorsque les prothèses amovibles sont portées. Le [ã] étant une voyelle nasale, se pourrait-il que les fréquences de ses formants soient modifiées par une nasalance augmentée après introduction des prothèses ?

La taille de notre échantillon étant restreinte, il semble nécessaire d'approfondir notre étude en l'agrandissant pour obtenir des résultats plus probants. Il semblerait, dans le cas des voyelles nasales, pour confirmer ces résultats, intéressant d'enregistrer la nasalance et de les comparer aux valeurs acoustiques au sein de la même étude. En effet, une augmentation de la nasalité peut très bien induire l'apparition de nouveaux formants voire leur disparition ou modification par la survenue de zéros formantiques. L'antériorité ou l'aperture ne seraient pas modifiées de manière stricto sensu mais les valeurs acoustiques seraient modifiées artificiellement par cet excès d'air nasal.

En résumé, les voyelles [a], [i], [o] et [u] présentent des fréquences similaires avec et sans prothèses, pour le F1 et le F2, après 4 semaines d'adaptation et quel que soit le sexe.

Ces résultats vont dans le sens de ceux obtenus par Zakkula (45), qui avait démontré qu'il n'y avait pas de différence entre les voyelles [a], [i] et [o], même lorsque l'épaisseur de résine était augmentée de 1 à 3mm.

Nos résultats divergent au contraire de ceux de Voisin (6), qui avait constaté une augmentation de la fréquence du F1 des voyelles. Il est cependant important de noter que dans l'étude de Voisin, les sujets appareillés étaient dentés et n'avaient jamais porté de plaque palatine, et que contrairement à la présente étude, le temps d'adaptation laissé aux patients n'était que de 30 minutes maximum, contre 4 semaines dans notre cas.

En outre, l'ajout de résine dans l'expérience de Voisin allait jusqu'à 10mm, tandis que dans notre cas, seules les prothèses d'usage ayant une épaisseur de 2mm environ étaient utilisées. Il paraît donc évident que le F1 et l'aperture soient perturbés par une adjonction de 1cm de résine, ce qui équivaut tout de même à 20% de l'ouverture buccale moyenne (49), avec seulement 30min d'adaptation. Cette différence ne peut néanmoins pas être retrouvée dans les conditions d'une réhabilitation prothétique normale, ce qui est notre cas (4% de l'ouverture maximale et portées 4 semaines).

En conclusion, il n'y a pas de différence significative entre les fréquences des deux premiers formants, pour toutes les voyelles étudiées, pour les hommes.

Il n'y a pas non plus de différence entre ces facteurs pour les quatre voyelles orales, pour les femmes, même si les résultats sont plus contestables que ceux des hommes.

Les prothèses n'ont donc aucun impact sur les fréquences formantiques de ces voyelles.

La voyelle nasale [ã] présente, pour les femmes, un éloignement des F1 et F2, le premier étant diminué et le second augmenté. La cause pourrait être les contraintes générées par le volume des prothèses, ou plus simplement une augmentation du volume d'air filtré par la cavité nasale entraînant la modification des valeurs acoustiques formantiques.

Par conséquent, il faudra confirmer et approfondir les résultats obtenus par une étude de plus grande envergure, confrontant le débit d'air nasal aux valeurs acoustiques, sur un échantillon plus important et idéalement avec des enregistrements le jour de la pose des prothèses amovibles.

7.2 Analyse des consonnes

L'hypothèse de départ concernant les consonnes fricatives est que le retrait des prothèses entraîne une perturbation des fréquences, de l'énergie et du bruit de friction, puisqu'après 4 semaines le patient devrait avoir parfaitement intégré les prothèses, et adapté les points d'appuis articulatoires en fonction de celles-ci. Les facteurs qui s'y rapportent devraient donc être altérés par le retrait des prothèses, mais ils devraient retrouver des valeurs proches de celles des témoins lorsque les prothèses sont portées.

Réciproquement, il ne devrait pas y avoir de modification du voisement, généré au niveau du larynx. Les paramètres étudiés relatifs au voisement devraient donc être équivalents dans les trois configurations : témoin, avec prothèses et sans prothèses.

7.2.1 Analyse du rapport harmoniques/bruit (HNR)

Le HNR, facteur indiquant le taux de voisement d'un son, devrait selon notre hypothèse être comparable dans les trois situations étudiées.

Les résultats nous ont montré que pour le phonème [v], les HNR des trois configurations étaient analogues, ce qui est en adéquation avec notre hypothèse de départ.

Dans le cas des phonèmes [ʃ] et [ʒ], les HNR des groupes témoin et avec prothèses sont équivalents, mais celui du groupe sans prothèses diverge des deux précédents.

Il semble donc que le HNR soit ici perturbé par le retrait des prothèses dentaires lorsque le patient y est habitué. En revanche, le voisement normal est rétabli lorsqu'elles sont portées. Ce constat diverge de notre hypothèse préliminaire, et seule une prochaine étude présentant les prérequis nécessaires pourra nous permettre de confirmer ou infirmer ces résultats, et de les interpréter adéquatement.

Concernant les fricatives [f], [s] et [z], les valeurs du HNR étaient statistiquement différentes entre les témoins, les patients avec prothèses et les patients sans prothèses.

Nous avons malgré tout relevé que les valeurs moyennes des témoins et des patients avec prothèses étaient plus proches entre elles, mais qu'elles différaient toutes deux de celle des patients sans prothèses.

Il s'avère donc que, dans le cadre de notre étude, le HNR des phonèmes [f], [s] et [z] est modifié lorsque les prothèses sont ôtées, mais qu'il a tendance à se rapprocher des valeurs témoins, qui sont à priori des valeurs normales représentatives de celles de la population, lorsque les prothèses sont portées.

Cette tendance va à l'encontre de notre hypothèse de départ. Ce facteur n'ayant jamais été étudié pour les fricatives, chez des patients non pathologiques porteurs de prothèses amovibles totales, il nous est impossible de comparer nos résultats à ceux de la littérature scientifique. L'analyse du voisement pour les phonèmes sus-cités requiert donc l'acquisition de données complémentaires, ainsi qu'une étude ultérieure complémentaire pour déterminer pourquoi le voisement pourrait-être modifié par l'édentement ou le retrait des prothèses dentaires.

Pour les six fricatives étudiées, le HNR était systématiquement augmenté lorsque les prothèses étaient retirées, alors qu'il était plus bas et équivalent pour les témoins et les patients portant les prothèses. Après 4 semaines d'acclimatation aux PAT, le voisement a donc tendance pour la plupart des phonèmes à être augmenté sans prothèses, et à être « normalisé » par le port des prothèses. Autrement dit, les patients voisent plus leurs consonnes sans prothèses.

Le HNR étant un marqueur du voisement, il est important de noter qu'il sera d'avantage significatif pour les consonnes voisées telles que le [v], le [z] et le [ʒ], or les résultats pour ces phonèmes présentent des divergences. D'où, comme dit précédemment, l'intérêt d'approfondir nos résultats en les confrontant à une future étude, plus poussée.

Il serait également intéressant de comparer ces données à des enregistrements précédant la réhabilitation prothétique, pour déterminer si le HNR est perturbé par l'édentement lorsque le patient n'est pas encore habitué à ses prothèses.

7.2.2 Analyse du centre de gravité (COG)

Le centre de gravité permet d'évaluer la fréquence moyenne du spectre d'un son.

C'est un facteur primordial pour l'étude de la voix, puisqu'il nous permettra de déterminer si les prothèses stabilisent la production des phonèmes.

Notre hypothèse est que ce sera le cas une fois le patient accoutumé à ses prothèses, tandis que le fait de retirer ces prothèses devrait le perturber, le patient ne retrouvant pas les points d'appuis articulatoires habituels.

Le centre de gravité des fricatives voisées [v] et [ʒ] est équivalent pour les témoins et les patients portant leurs prothèses. A l'opposé, il est significativement abaissé lorsque les PAT ne sont pas portées.

Cette même tendance est relevée pour les fricatives non voisées [f], [s] et [ʃ], même si statistiquement, une différence demeure. Les valeurs témoin et avec prothèses étant très proches (la différence étant de 300 environ sur 3000 à 4000 pour [s] et [ʃ])

Pour ces consonnes, il apparaît donc que le COG est plus bas sans les prothèses, mais que les prothèses permettent d'améliorer, voire de stabiliser complètement la moyenne des fréquences dans des valeurs proches de celles des témoins, ce qui est en accord avec notre hypothèse de départ.

Ces résultats sont logiques puisque quatre semaines après la pose des prothèses, le patient les a parfaitement intégrées, et la position de la langue s'est adaptée en fonction de l'épaisseur de résine de la plaque palatine et de la position des dents prothétiques. Par conséquent, lorsque le patient les retire, la langue ne se repositionne pas immédiatement contre le palais, mais là où elle est habituellement en contact avec la prothèse. Sans prothèses, le chenal expiratoire est ainsi plus important et d'avantage d'air passe au travers de celui-ci, les fréquences générées sont alors basses et donc plus dans les graves, ce qui est démontré par une baisse du centre de gravité des phonèmes.

Si l'on compare ces résultats à l'étude de Voisin (6), qui avait constaté une diminution du COG des phonèmes [s] et [ʃ], liée à un abaissement de l'intensité du bruit, ceci reste cohérent : lorsque les sujets ne sont pas habitués aux prothèses, comme c'est le cas dans l'étude de Voisin, le COG diminue, et quand les patients ne sont plus habitués à parler sans leurs prothèses, le COG est réduit de la même façon. C'est donc bien la capacité d'adaptation des articulateurs qui entre en jeu, et c'est la modification des points d'appuis articulatoires qui perturbe le centre de gravité des consonnes.

Foti (41) avait, dans son étude du [s] par palatographie, constaté un phénomène permettant d'expliquer cela : après un temps d'adaptation adéquat aux prothèses, la compensation posturale progressive permet de rétablir une phonation avec prothèses similaire à celle des patients dentés, et les zones de contacts objectivées par palatographie sont équivalentes dans les deux situations.

Pour la fricative [z], nos résultats sont plus aléatoires, le centre de gravité est plus élevé avec prothèses et plus bas pour les témoins et les patients sans prothèses.

Seule une future étude sur un échantillon de patients de plus grande taille, et avec un nombre de témoins bien supérieur pourra nous permettre d'approfondir ces résultats.

La nécessité de réaliser une nouvelle étude à plus grande échelle s'impose donc à nouveau pour l'étude du centre de gravité des consonnes. Il faudra également envisager de réaliser des enregistrements sur nos patients le jour de la pose des prothèses, afin de déterminer si des phénomènes de compensations des articulateurs ne permettent pas de stabiliser le centre de gravité des consonnes sans que l'édentement ne soit lui compensé.

Ces phénomènes, s'ils sont avérés, pourraient en effet contrarier l'adaptation aux prothèses amovibles totales, si l'édentement est ancien, et devraient être pris en compte pour leur élaboration.

7.2.3 Analyse du Zero Crossing Rate (ZCR)

Le Zero Crossing Rate nous permet d'apprécier le taux de friction d'un son, en déterminant combien de fois le signal passe par zéro pour une fenêtre temporelle donnée. Nous avons donc posé l'hypothèse que ce facteur sera modifié par le retrait des prothèses auxquelles le patient s'est habitué, mais qu'avec les prothèses, le taux de friction sera rétabli dans ses valeurs normales.

Pour les phonèmes [v] et [ʒ], nous avons constaté que le taux de friction était équivalent pour les témoins et les patients portant leurs prothèses. A contrario, ce taux était diminué lorsque les prothèses n'étaient pas portées.

Les fricatives dévoisées [f], [s] et [ʃ] présentent la même tendance, même si elle n'est pas vérifiée statistiquement. Une augmentation de la taille de l'échantillon lors d'une future étude devrait nous permettre de confirmer cette tendance.

Ces résultats sont en adéquation avec l'hypothèse de départ. Les prothèses étant intégrées par le patient, lorsque le patient parle sans elles il ne retrouve pas les points d'appuis articulatoires habituels langue-prothèses, le chenal expiratoire est donc augmenté, la fuite d'air entraîne alors une hausse du souffle et par là même une réduction de l'effet de friction

nécessaire à la production correcte des fricatives. Par contre, avec les prothèses, le chenal expiratoire est sensiblement le même que celui d'un individu présentant une dentition complète, ce qui explique que le ZCR soit équivalent dans ces deux situations.

La fricative alvéolaire voisée [z] montre des résultats différents : le taux de friction est différent pour les trois groupes, témoin, avec prothèses et sans prothèses. Le ZCR le plus haut est retrouvé pour les patients porteurs de PAT, et le plus bas pour les patients ne portant pas leurs prothèses.

Ces résultats s'opposent à ceux attendus lors de la rédaction de nos hypothèses, les prothèses semblant « sur-corriger » le taux de friction de cette fricative.

Il nous faut également remarquer que les différences ou similitudes statistiques suivent la même répartition pour le ZCR que pour le COG : une amélioration statistiquement démontrée avec prothèses pour les fricatives [v] et [ʒ], une tendance à l'amélioration avec toutefois une inégalité statistique pour les fricatives dévoisées [f], [s] et [ʃ], et une « sur-correction » avec prothèses pour le [z].

Le fait d'obtenir une répartition similaire pour des facteurs différents indique une analogie entre ces deux phonèmes. Or cette analogie ne semble pas corrélée aux prothèses, puisque le [z] (dont les résultats présentent des anomalies) est une fricative alvéolaire, tout comme le [s] qui présente pourtant des résultats justifiables.

A nouveau, seule la réalisation d'une seconde étude sur un échantillon plus important pourra permettre d'éliminer de potentielles variabilités intra-groupes.

7.2.4 Analyse du coefficient de dissymétrie (Skewness)

Le coefficient de dissymétrie est utilisé pour déterminer si l'énergie est distribuée dans les basses ou les hautes fréquences, et donc si la voix est plus ou moins grave.

L'hypothèse préliminaire est que sans prothèses, la répartition d'énergie est modifiée, mais qu'avec prothèses, elle sera rétablie à la normale.

Nos résultats ont été très nets pour ce facteur : le Skewness sans prothèses étaient significativement différent de ceux témoin et avec prothèses, mais les Skewness témoin et avec prothèses étaient toujours équivalents entre eux.

De même, lorsque les prothèses sont ôtées, le coefficient de dissymétrie est systématiquement augmenté, alors qu'il est proche des valeurs témoins quand les prothèses sont portées.

L'énergie est donc distribuée dans les basses fréquences sans prothèses, en raison de l'effet de souffle qui est lié à cette situation, et la voix paraît ainsi plus grave. La cause en est également les points d'appuis habituels non retrouvés après retrait des prothèses auxquelles le patient est acclimaté.

Ces résultats sont parfaitement conformes à ceux attendus dans notre hypothèse de départ.

Le skewness n'ayant jamais été utilisé pour l'étude de la phonation chez des patients porteurs de prothèses amovibles, nos résultats n'ont pas pu être confrontés à ceux de la littérature.

Petrovic (32) avait aussi montré qu'après 30 jours, et à condition que la conception des prothèses soit correcte, le processus d'adaptation est stabilisé et la compensation faite avec prothèses est adéquate et semblable à celle d'un patient denté.

7.2.5 Analyse du coefficient d'aplatissement (Kurtosis)

Le coefficient d'aplatissement est un facteur nous permettant d'évaluer si la répartition de l'énergie est harmonieuse ou non. L'hypothèse émise dans la partie précédente était que le Kurtosis serait perturbé quand le patient ne porte pas ses prothèses, mais que l'harmonie de répartition d'énergie devrait être restaurée par la réhabilitation prothétique.

Les résultats nous ont montré que pour les fricatives [f], [s], [ʃ], [v] et [ʒ], le Kurtosis enregistré sans prothèses était différent de ceux enregistrés avec prothèses ou chez les témoins. Mais le coefficient témoin ne diffère aucunement de celui avec prothèses.

Pour la consonne [z], le Kurtosis était modifié dans les 3 configurations, mais il est important de noter qu'il était augmenté sans prothèses, mais réduit et plus proche des valeurs des témoins quand les prothèses étaient portées, suivant l'inclinaison observée pour les cinq autres phonèmes étudiés.

Pour la totalité des fricatives analysée, le coefficient d'aplatissement était accru sans prothèses, signalant une répartition de l'énergie moins harmonieuse qu'avec les prothèses. Ce déséquilibre est lié à la fuite d'air qui se produit suite à un mauvais placement des articulateurs, dû au fait que le patient cherche à positionner sa langue comme lorsque ses prothèses sont en bouche.

Quand les PAT sont portées, la répartition d'énergie est aussi homogène que celle d'un individu denté. La qualité de la voix est donc meilleure avec les prothèses dentaires, pour peu que leur conception soit adéquate et proche de l'anatomie initiale.

Le Kurtosis, comme le Skewness précédemment, n'a pas été utilisé lors d'études précédentes pour l'étude de la voix des patients porteurs de PAT, nos résultats ne peuvent donc pas être opposés à ceux d'expériences antérieures.

Il faut néanmoins manipuler ce facteur avec précaution, puisque les valeurs maximales du Kurtosis peuvent dans le cas présent atteindre 60000 pour le phonème [v], valeur 30 fois supérieure à la moyenne, et environ 45000 pour les fricatives [s] et [f], valeurs respectivement 250 et 60 fois supérieures à la moyenne.

Notre étude est donc limitée par les capacités du logiciel à analyser convenablement les données, puisque contrairement à un opérateur humain, l'ordinateur n'a pas la capacité de rejeter les valeurs aberrantes et les artéfacts.

Lors d'une prochaine étude, il pourrait être intéressant de faire appel à un test statistique permettant l'exclusion de données aberrantes, qui se démultiplieront avec l'augmentation de taille de l'échantillon étudié.

7.2.6 Analyse de la déviation standard (Sdev)

La déviation standard est un facteur statistique permettant pour les études acoustiques d'évaluer la diffusion de l'énergie d'un son.

Cette diffusion devrait, selon notre hypothèse, être perturbée par le retrait des prothèses puisque les patients présentent fréquemment une dyslalie perceptible dans ce cas de figure.

L'analyse acoustique a mis en évidence une détérioration de la déviation standard sans les prothèses lors de l'énonciation des phonèmes [s] et [v], altération vérifiée statistiquement et caractérisée par une baisse de la diffusion d'énergie.

Cette diffusion est rétablie dans ses valeurs normales avec prothèses, la déviation standard présentant une moyenne équivalente à celle des témoins.

Dans le cas des fricatives [f], [z] et [ʒ], la déviation standard est objectivement différente entre les trois configurations : témoin, avec prothèses et sans prothèses.

Néanmoins, la diffusion est toujours plus basse sans prothèses, tandis qu'avec prothèses elle tend à se rapprocher des valeurs des témoins.

Si cette inclinaison n'a pu être statistiquement vérifiée, la réalisation d'une future étude à plus grande échelle devrait nous permettre de confirmer cette tendance d'un point de vue objectif.

Quant à la consonne [ʃ], les valeurs de déviation standard sont disparates et ne suivent pas la tendance décrite précédemment, la diffusion d'énergie la moins élevée étant retrouvée pour le groupe témoin.

Ainsi, le fait que la déviation standard soit réduite pour les patients sans prothèses indique que les fréquences sont plus basses dans ce cas, en particulier à cause de la déperdition d'air qui crée un chuintement lors de la prononciation des consonnes fricatives. Ce phénomène serait dû au fait que le patient est parfaitement habitué à ses prothèses, et que le placement de la langue se ferait en fonction de l'épaisseur de résine et de la position des dents prothétiques.

Cette réduction de diffusion d'énergie pouvait être anticipée subjectivement à l'étude des spectrogrammes, comme l'illustrent ces images issues des spectrogrammes de Praat :

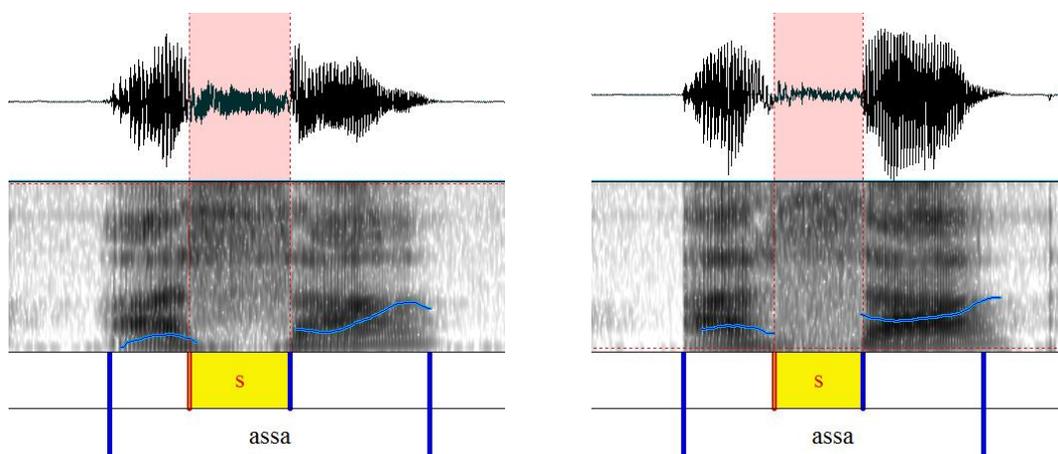


Figure 70 : Spectrogrammes issus de Praat de la consonne [s], avec prothèses à gauche, et sans prothèses à droite – Image personnelle

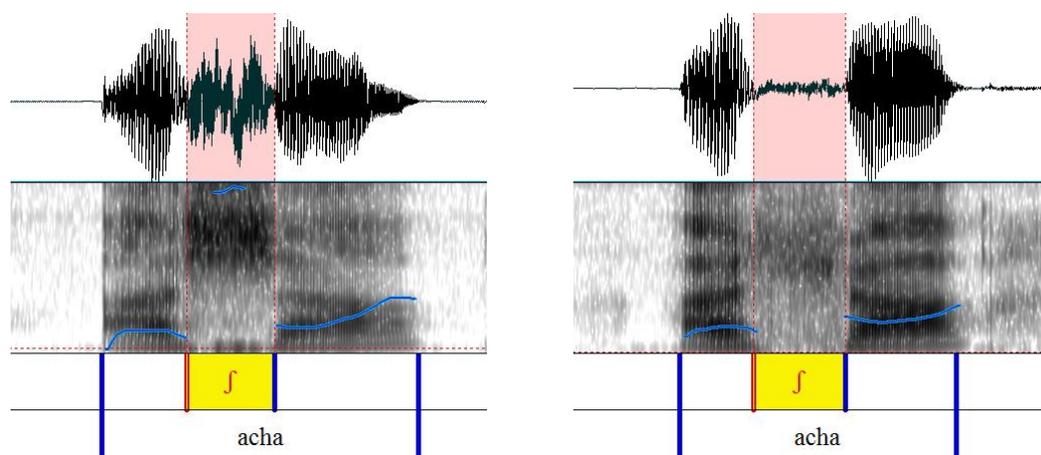


Figure 71 : Spectrogrammes issus de Praat de la consonne [ʃ], avec prothèses à gauche, et sans prothèses à droite – Image personnelle

Sur les images ci-dessus, on visualise parfaitement l'importance de la diffusion d'énergie lorsque les prothèses sont portées, alors que le spectrogramme est nettement plus plat lorsque les prothèses sont ôtées.

En résumé, l'interprétation de ces résultats nous ouvre des perspectives très encourageantes et pose des fondations solides pour la poursuite de l'étude.

Le nombre d'occurrences analysées pour chaque phonème nous permet en effet d'assurer une puissance statistique plus que décente.

La faiblesse de notre étude réside principalement dans la taille de l'échantillon et le nombre réduit de témoins. En augmentant le nombre de sujets étudiés, les tendances observées devraient être logiquement confirmées statistiquement.

Nous avons de même été limités par les capacités du logiciel, qui n'est pas en mesure de relever les données aberrantes.

Pour les études ultérieures, il faudra donc envisager le recours à un test statistique d'exclusion des données extrêmes.

Nous posions au début de l'étude le postulat que, lorsque le patient est habitué à ses prothèses, sa phonation est altérée lors de la production des fricatives quand il ne les porte pas, puisque ses points d'articulation prennent en compte le volume prothétique. Avec prothèses, nous estimions cependant que la phonation devrait être restaurée, et donc proche de celle d'un patient non édenté. Concernant les voyelles et le voisement des consonnes, nous considérons qu'ils ne devaient pas être modifiés par le port ou le retrait des prothèses amovibles totales, puisqu'ils sont dépendants de la composante laryngienne, et que l'impact des prothèses sur le volume du résonateur buccal paraît minime.

Nos résultats ont montré que le voisement des consonnes était, de façon inattendue, modifié par le retrait des prothèses, et généralement amélioré par leur port.

Les fréquences des voyelles étaient généralement semblables avec ou sans prothèses, conformément à ce que nous attendions.

Les fréquences et taux de friction, ainsi que les distributions, diffusions et harmonies de répartition de l'énergie étaient globalement altérées lorsque le patient ôte ses prothèses.

Ces facteurs sont à l'inverse très fréquemment améliorés quand les prothèses sont portées, permettant souvent d'égaliser ou tout du moins de s'approcher de ceux des témoins.

Nos hypothèses de départ sont donc majoritairement confirmées par nos résultats, et même si tous les tests statistiques ne présentent pas de résultats tranchés, ils nous permettent malgré tout de relever de très nettes tendances qui seront à confirmer lors de futures études.

8. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Notre étude acoustique a montré que les voyelles ne sont pas modifiées par l'édentement ou les prothèses amovibles totales.

A l'inverse les fricatives sont, dans la majeure partie des cas, altérées lorsque les prothèses auxquelles le patient est habitué ne sont pas portées. Le port des prothèses a tendance à améliorer cet état de fait, en stabilisant le centre de gravité de ces consonnes, ainsi que le taux de friction, le voisement et la répartition d'énergie.

Nos résultats sont en accord avec ceux de la littérature, même si peu d'études de ce type ont été menées dans le passé.

Lors de nos échanges avec les patients ayant participé à cette expérience, tous ont indiqué se sentir plus en confiance lors de la phonation quand ils portaient leur prothèses, et tous avaient l'impression de présenter des troubles de la phonation à type de zéaiement ou chuintement en l'absence des prothèses amovibles. Ces points de vue subjectifs sont confirmés par ce qui a été objectivement constaté lors de l'analyse acoustique.

Lors d'une étude ultérieure, il faudra travailler sur un échantillon plus important de patients et sur davantage de témoins. Idéalement, le nombre de témoins devra être supérieur au nombre de patients étudiés.

Il faudra également réaliser des enregistrements le jour de la pose des prothèses afin d'avoir pour point de comparaison la voix originelle, avant réhabilitation prothétique, puis à 4 semaines comme dans la présente étude, et après un temps d'adaptation plus long, à 3 ou 6 mois, pour évaluer si pour certains patients le temps d'adaptation peut être plus long.

Il pourrait aussi être intéressant de comparer cette étude à une étude du même type, mais dans laquelle les témoins seraient des patients édentés de longue date et sans réhabilitation prothétique, dans le but de déterminer si les phénomènes de compensation articulatoire sont dans ce cas suffisants pour rétablir une phonation adéquate.

De même, il faudra envisager de procéder à l'enregistrement de patients porteurs de prothèses implanto-portées, ou encore porteurs de prothèses amovibles totales avec palais métalliques. Ces types de prothèses présentant l'avantage d'être plus stables pour les premières, et plus légères et fines au niveau du palais pour les secondes, la phonation pourrait être encore meilleure qu'avec des prothèses résine conventionnelles. (50,51)

Une étude perceptive devra également venir compléter les résultats apportés par l'étude acoustique, afin de déterminer si les troubles de la phonation relevés sont décelables à l'oreille par un jury d'auditeurs.

Concernant notre protocole, il faudra prêter attention au contexte des voyelles pour la réalisation des triangles vocaliques et pour l'analyse formantique, en se concentrant sur les voyelles isolées, car les voyelles situées en contexte ont tendance à être colorées par les consonnes qui les précèdent ou les suivent.

Enfin, il sera important de procéder à l'étude des consonnes autres que les fricatives, notamment celle des occlusives. L'analyse du COG du relâchement nous permettra d'évaluer si les prothèses stabilisent le relâchement de ces consonnes, comme elles le font pour le bruit de friction des fricatives.

Et toutes ces analyses seront évidemment à comparer, autant que faire se peut, à ceux de la littérature scientifique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Stelzle F, Ugrinovic B, Knipfer C, Bocklet T, Nöth E, Schuster M, et al. Automatic, computer-based speech assessment on edentulous patients with and without complete dentures - preliminary results. *J Oral Rehabil.* 2010 Mar;37(3):209–16.
2. Broka K, Vidzis A, Grigorjevs J, Sokolovs J, Zigurs G. The Influence of the Design of Removable Dentures on Patient's Voice Quality. *Stomatologija.* 2013;15(1):20–5.
3. Kong H-J, Hansen CA. Customizing palatal contours of a denture to improve speech intelligibility. *J Prosthet Dent.* 2008 Mar;99(3):243–8.
4. Xie Q, Ding T, Yang G. Rehabilitation of oral function with removable dentures – still an option? *J Oral Rehabil.* 2015 Mar 1;42(3):234–42.
5. Vaissière J. *La phonétique* (2ème édition). Presse universitaire de France. 2011. 127 p. (Que sais-je?).
6. Voisin P-M. Contribution à l'étude de l'intégration des prothèses amovibles par une étude phonatoire. UNIVERSITÉ PARIS DIDEROT – PARIS 7; 2011.
7. Héloire N. Etude de la parole d'un patient souffrant d'une incompétence vélopharyngée acquise de manière iatrogène: Analyse fibroscopique, perceptive et acoustique. Paris III-Sorbonne nouvelle; 2013.
8. Bourgain A. Pertes de substances acquises maxillaires et mandibulaires et réhabilitation prothétique: impacts sur la phonation [Thèse d'exercice]. [France]: Université du droit et de la santé (Lille). Faculté de chirurgie dentaire; 2013.
9. Lambert M. Sur le bout de la langue: introduction au phonétisme du français. Canadian Scholars' Press; 1998. 156 p.
10. Léothaud G. *Théorie de la phonation.* Paris-Sorbonne (Paris IV); 2005.
11. Gosling JA, Harris PF, Whitmore I, Willan PLT. *Anatomie humaine: Atlas en couleurs.* De Boeck Supérieur; 2003. 400 p.
12. Gildersleeve-Neumann CE, Dalston RM. Nasalance scores in noncleft individuals: why not zero? *Cleft Palate-Craniofacial J Off Publ Am Cleft Palate-Craniofacial Assoc.* 2001 Mar;38(2):106–11.
13. SEDDAR A. *Actualités sur la voix et les maxillectomies.* UNIVERSITE PARIS VII DENIS DIDEROT; 2005.
14. Fant G. *Acoustic Theory of Speech Production: With Calculations based on X-Ray Studies of Russian Articulations.* Walter de Gruyter; 1971. 328 p.

15. Martin P. Phonétique acoustique: Introduction à l'analyse acoustique de la parole. Armand Colin; 2008. 136 p.
16. Petrović A. The use of spectrograms for speech analysis in full denture wearers. *J Oral Rehabil.* 1974 Oct 1;1(4):353–60.
17. Akpossan-Confiaç J. Comment mesurer le taux de friction, le degré de voisement et la concentration de l'énergie d'un son ? [Internet]. [cited 2016 Sep 8]. Available from: http://joh.confiaçakpossan.free.fr/SAVOIR-FAIRE_script%20analyse%20tout_Johanne%20Akpossan.pdf
18. Carrez J. Articulation de la parole et prothèse amovible complète [Thèse d'exercice]. [Lille, France]: Université du droit et de la santé; 2004.
19. Rothman R. Phonetic considerations in denture prosthesis. *J Prosthet Dent.* 1961 Mar 1;11(2):214–23.
20. Lejoyeux J. Prothèse complète. Paris, France: Maloine; 1979. 577 p.
21. Knipfer C, Riemann M, Bocklet T, Noeth E, Schuster M, Sokol B, et al. Speech intelligibility enhancement after maxillary denture treatment and its impact on quality of life. *Int J Prosthodont.* 2014 Feb;27(1):61–9.
22. Agnello JG, Wictorin L. A study of phonetic changes in edentulous patients following complete denture treatment. *J Prosthet Dent.* 1972 Feb 1;27(2):133–9.
23. Seifert E, Runte C, Riebandt M, Lamprecht-Dinnesen A, Bollmann F. Can dental prostheses influence vocal parameters? *J Prosthet Dent.* 1999 May;81(5):579–85.
24. Shaghaghian S, Taghva M, Abduo J, Bagheri R. Oral health-related quality of life of removable partial denture wearers and related factors. *J Oral Rehabil.* 2015 Jan 1;42(1):40–8.
25. Silverman SI. Dimensions and displacement patterns of the posterior palatal seal. *J Prosthet Dent.* 1971 May;25(5):470–88.
26. Pompignoli M, Doukhan DR, J-Y. Prothèse complète: 4e édition. Clinique et laboratoire. Initiatives Sante; 2015. 604 p.
27. Bilhan H, Erdogan O, Ergin S, Celik M, Ates G, Geckili O. Complication rates and patient satisfaction with removable dentures. *J Adv Prosthodont.* 2012 May;4(2):109–15.
28. Sherman H. Phonetic capability as a function of vertical dimension in complete denture wearers—a preliminary report. *J Prosthet Dent.* 1970 Jun 1;23(6):621–32.
29. Kaires AK. Palatal pressures of the tongue in phonetics and deglutition. *J Prosthet Dent.* 1957 May 1;7(3):305–17.
30. Allen LR. Improved phonetics in denture construction. *J Prosthet Dent.* 1958 Sep 1;8(5):753.
31. Baud A, Hüe O, Berteretche M-V. Doléances en prothèse complète. *EMC Odontologie.* 2007;

32. Petrović A. Speech sound distortions caused by changes in complete denture morphology. *J Oral Rehabil.* 1985 Jan;12(1):69–79.
33. Runte C, Lawerino M, Dirksen D, Bollmann F, Lamprecht-Dinnesen A, Seifert E. The influence of maxillary central incisor position in complete dentures on /s/ sound production. *J Prosthet Dent.* 2001 May;85(5):485–95.
34. Silverman MM. The whistle and swish sound in denture patients. *J Prosthet Dent.* 1967 Feb;17(2):144–8.
35. Nozaki K, Yoshinaga T, Wada S. Sibilant /s/ Simulator Based on Computed Tomography Images and Dental Casts. *J Dent Res.* 2014 Feb 1;93(2):207–11.
36. Silverman MM. Determination of vertical dimension by phonetics. *J Prosthet Dent.* 1956 Jul 1;6(4):465–71.
37. Pound E. Let /S/ be your guide. *J Prosthet Dent.* 1977 Nov 1;38(5):482–9.
38. Pound E. Utilizing speech to simplify a personalized denture service. 1970. *J Prosthet Dent.* 2006 Jan;95(1):1–9.
39. Delcambre T. Doléances de l'édenté total. Cours magistral, non publié; 2014.
40. Ichikawa T, Komoda J, Horiuchi M, Matsumoto N. Influence of alterations in the oral environment on speech production. *J Oral Rehabil.* 1995 Apr 1;22(4):295–9.
41. Foti B, Niviere C, Tavitian P, Tosello A, Bonfil JJ. Production de la consonne “S” chez l'édenté complet appareillé: études radiographiques et palatographiques. *Cah Prothèse.* 1997 Sep;(99):22 à 31.
42. Foti B, Tavitian P, Bonfil JJ. Speech intelligibility in patients with complete dentures according to the material used. *J Oral Rehabil.* 1998 Jun;25(6):479–84.
43. Scarsellone JM, Rochet AP, Wolfaardt JF. The influence of dentures on nasalance values in speech. *Cleft Palate-Craniofacial J Off Publ Am Cleft Palate-Craniofacial Assoc.* 1999 Jan;36(1):51–6.
44. Adaki R, Meshram S, Adaki S. Acoustic analysis and speech intelligibility in patients wearing conventional dentures and rugae incorporated dentures. *J Indian Prosthodont Soc.* 2013 Dec;13(4):413–20.
45. Zakkula S, B S, Anne G, Manne P, Bindu O SH, Atla J, et al. Evaluation of palatal plate thickness of maxillary prosthesis on phonation- a comparative clinical study. *J Clin Diagn Res JCDR.* 2014 Apr;8(4):ZC11-13.
46. Knipfer C, Bocklet T, Noeth E, Schuster M, Sokol B, Eitner S, et al. Speech intelligibility enhancement through maxillary dental rehabilitation with telescopic prostheses and complete dentures: a prospective study using automatic, computer-based speech analysis. *Int J Prosthodont.* 2012 Feb;25(1):24–32.

47. Pépiot E. Voix de femmes, voix d'hommes : différences acoustiques, identification du genre par la voix et implications psycholinguistiques chez les locuteurs anglophones et francophones [Internet]. Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis; 2013 [cited 2016 Sep 15]. Available from: <https://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-00821462/document>
48. Jeannin C, Perrier P, Payan Y, Dittmar A, Grosogeat B. Tongue pressure recordings during speech using complete denture. ArXiv08050744 Phys [Internet]. 2008 May 6 [cited 2015 Feb 10]; Available from: <http://arxiv.org/abs/0805.0744>
49. Masson E. L'ouverture buccale normale dans la population française adulte [Internet]. EM-Consulte. [cited 2016 Oct 20]. Available from: <http://www.em-consulte.com/article/94864/l-ouverture-buccale-normale-dans-la-population-fra>
50. Rignon-Bret C, Rignon-Bret J-M. Prothèse amovible complète, prothèse immédiate, prothèses supraradiculaire et implantaire. Rueil-Malmaison, France: Éd. CdP, Groupe Liaisons; 2002. ix+230.
51. VAN Lierde K, Browaeys H, Corthals P, Mussche P, VAN Kerkhoven E, DE Bruyn H. Comparison of speech intelligibility, articulation and oromyofunctional behaviour in subjects with single-tooth implants, fixed implant prosthetics or conventional removable prostheses. J Oral Rehabil. 2012 Apr;39(4):285–93.

ANNEXES

Annexe 1 : Protocole complet d'enregistrement

Il est effectué en deux temps : un premier avec prothèses, et un second sans prothèses.

Il est composé de 7 étapes :

- 1) Prononciation des voyelles suivantes, tenues 2 à 3 secondes, à une intensité et une hauteur confortable, 2 fois :

« a » [a]

« é » [e]

« i » [i]

« ou » [u]

« o » [o]

« in » [ɛ̃]

« on » [ɔ̃]

« an » [ɑ̃]

- 2) Lecture d'une liste de syllabes de type CV (consonne - voyelle) et VCV (voyelle - consonne - voyelle). Toutes les consonnes du français sont explorées. Le texte est lu 2 fois :

pa apa papapape

ba aba babababe

ta ata tatatate

da ada dadadade

ka aka kakakake

ga aga gagagague

fa afa fafafa

sa assa sassassasse

cha acha chachachache

va ava vavavave

za	aza	zazazaze
ja	aja	jajajaje
ma	ama	mamamame
na	ana	nananane
gna	agna	gnagnagnagne
la	ala	lalalale
ra	ara	rararare
ya	aya	yayayaye

- 3) Lecture d'une liste de phrases successives, structurées en mot - voyelle isolée - mot, où le mot est de type CV (consonne - voyelle). Toutes les voyelles du français sont étudiées, et le texte est lu 2 fois :

Lit, il a dit « i » comme dans lit.

La, il a dit « a » comme dans la.

Loup, il a dit « ou » comme dans loup.

Lot, il a dit « o » comme dans lot.

Les, il a dit « é » comme dans les.

Long, il a dit « on » comme dans long.

Lent, il a dit « an » comme dans lent.

Lin, il a dit « hein » comme dans lin.

Lu, il a dit « u » comme dans lu.

Le, il a dit « euh » comme dans le.

- 4) Lecture d'une liste de phrases successive, structurée en mot - voyelle isolée - mot, où le mot est de type CV (consonne - voyelle). 16 consonnes et 5 voyelles du français sont représentées. Le texte est lu 2 fois :

Ki, il a dit « i » comme dans « ki » trois fois.

Ka, il a dit « a » comme dans « ka » trois fois.

Coup, il a dit « ou » comme dans « coup » trois fois.

Ko, il a dit « o » comme dans « ko » trois fois.

Quand, il a dit « an » comme dans « quand » trois fois.

Gui, il a dit « i » comme dans « gui » trois fois.

Ga, il a dit « a » comme dans « ga » trois fois.
Goût, il a dit « ou » comme dans « goût » trois fois.
Go, il a dit « o » comme dans « go » trois fois.
Gand, il a dit « an » comme dans « gand » trois fois.

Lit, il a dit « i » comme dans « lit » trois fois.
La, il a dit « a » comme dans « la » trois fois.
Loup, il a dit « ou » comme dans « loup » trois fois.
Lot, il a dit « o » comme dans « lot » trois fois.
Lent, il a dit « an » comme dans « lent » trois fois.

Bout, il a dit « ou » comme dans « bout » trois fois.
Beau, il a dit « o » comme dans « beau » trois fois.
Bi, il a dit « i » comme dans « bi » trois fois.
Ba, il a dit « a » comme dans « ba » trois fois
Banc, il a dit « an » comme dans « banc » trois fois.

Mou, il a dit « ou » comme dans « mou » trois fois
Maux, il a dit « o » comme dans « maux » trois fois
Mi, il a dit « i » comme dans « mi » trois fois
Ma, il a dit « a » comme dans « ma » trois fois
Man, il a dit « an » comme dans « man » trois fois

Doux, il a dit « ou » comme dans « doux » trois fois
Dos, il a dit « o » comme dans « dos » trois fois
Dit, il a dit « i » comme dans « dit » trois fois
Da, il a dit « a » comme dans « da » trois fois
Dans, il a dit « an » comme dans « dans » trois fois

Nous, il a dit « ou » comme dans « nous » trois fois
Nos, il a dit « o » comme dans « nos » trois fois
Ni, il a dit « i » comme dans « ni » trois fois

Na, il a dit « a » comme dans « na » trois fois
Nan, il a dit « an » comme dans « nan » trois fois

Vous, il a dit « ou » comme dans « vous » trois fois
Vos, il a dit « o » comme dans « vos » trois fois
Vie, il a dit « i » comme dans « vie » trois fois
Va, il a dit « a » comme dans « va » trois fois
Van, il a dit « an » comme dans « van » trois fois

Fou, il a dit « ou » comme dans « fou » trois fois
Faux, il a dit « o » comme dans « faux » trois fois
Fi, il a dit « i » comme dans « fi » trois fois
Fa, il a dit « a » comme dans « fa » trois fois
Fan, il a dit « an » comme dans « fan » trois fois

Sous, il a dit « ou » comme dans « sous » trois fois
Sot, il a dit « o » comme dans « sot » trois fois
Si, il a dit « i » comme dans « si » trois fois
Sa, il a dit « a » comme dans « sa » trois fois
Sans, il a dit « an » comme dans « sans » trois fois

Poux, il a dit « ou » comme dans « poux » trois fois
Peau, il a dit « o » comme dans « peau » trois fois
Pie, il a dit « i » comme dans « pie » trois fois
Pas, il a dit « a » comme dans « pas » trois fois
Pan, il a dit « an » comme dans « pan » trois fois

Tout, il a dit « ou » comme dans « tout » trois fois
Tôt, il a dit « o » comme dans « tôt » trois fois
Ti, il a dit « i » comme dans « ti » trois fois
Ta, il a dit « a » comme dans « ta » trois fois
Tant, il a dit « an » comme dans « tant » trois fois

Zou, il a dit « ou » comme dans « zou » trois fois
Zoo, il a dit « o » comme dans « zoo » trois fois
Zi, il a dit « i » comme dans « zi » trois fois
Za, il a dit « a » comme dans « za » trois fois
Zan, il a dit « an » comme dans « zan » trois fois

Chou, il a dit « ou » comme dans « chou » trois fois
Chaud, il a dit « o » comme dans « chaud » trois fois
Chi, il a dit « i » comme dans « chi » trois fois
Cha, il a dit « a » comme dans « cha » trois fois
Chant, il a dit « an » comme dans « chant » trois fois

Joue, il a dit « ou » comme dans « joue » trois fois
Jeu, il a dit « o » comme dans « jeu » trois fois
Ji, il a dit « i » comme dans « ji » trois fois
Ja, il a dit « a » comme dans « ja » trois fois
Gens, il a dit « an » comme dans « gens » trois fois

Ri, il a dit « i » comme dans « ri » trois fois.
Ra, il a dit « a » comme dans « ra » trois fois.
Roue, il a dit « ou » comme dans « roue » trois fois.
Rot, il a dit « o » comme dans « Rot » trois fois.
Rang, il a dit « an » comme dans « rang » trois fois.

5) Lecture de phrases :

C'est une affaire intéressante, qu'en pensez-vous ? Il faut la faire sans aucun regret.

Elle a mal aux mains.

Papa est parti pour Paris.

Non, Bonne-Maman n'est pas montée à Miami.

Bébé, n'écoute pas papa !

Dédé est en train de téter son biberon.

Il a gagné quatre mille francs au loto.

- 6) Lecture d'un conte français de 170 mots, intitulé « Le cordonnier », d'une voix naturelle, comme s'il racontait l'histoire à des enfants :

« Dans un petit village de la montagne, il y a un pauvre cordonnier, tout vieux et tout cassé. Les villageois lui apportent des chaussures à réparer. Mais il ne travaille pas vite. Tous les soirs, il mange tout seul bien tristement.

Ce soir, il y a devant lui, un gros tas de souliers et de guêtres à recoudre. "Jamais je ne pourrais les réparer. Je suis trop âgé et trop malade..."

Près de lui, la grosse horloge fait : tic-tac, tic-tac. Le pauvre vieux, tout découragé, s'endort. Aussitôt, l'horloge s'ouvre et deux petits lutins sautent sur le plancher :

L'un s'appelle tic, l'autre s'appelle Tac.

"Rangeons les étagères, réparons les souliers, recousons le linge", dit Tic. "Préparons un gâteau, mettons du gui au plafond, changeons ces vieux rideaux" ajoute Tac.

Minuit sonne ! Les deux vaillants petits lutins rentrent dans la pendule.

Le lendemain, le pauvre cordonnier s'éveille : "ô joie ! Qui a préparé ce beau gâteau ? Qui donc a rangé la maison ?"

"Tic-Tac, Tic-Tac" dit la vieille horloge. »

- 7) Parole spontanée : le patient s'exprime librement sur son ressenti concernant son édentement, ses prothèses et leur réalisation, pendant 200 à 400 secondes.

Etude acoustique des patients porteurs de prothèses amovibles totales

PEREZ Camille.- p. 123 : ill. 168 ; réf. 51.

Domaines : Prothèse adjointe partielle et complète

Mots clés Rameau: Prothèse dentaire complète, phonétique acoustique

Mots clés FMeSH: Prothèse dentaire complète, acoustique de la voix

Lors de la phonation, la cavité buccale et tous les éléments qui la composent jouent un rôle essentiel pour la résonance et l'articulation des sons du langage.

La perte des organes dentaires risque alors d'entraîner des troubles de cette fonction, et le but des prothèses amovibles totales est de la restaurer.

Mais est-ce vraiment le cas ?

Pour tenter de répondre à cette question, et dans le but de déterminer quels sont objectivement les impacts de l'édentement et de la réhabilitation prothétique sur la phonation, une étude acoustique a été réalisée sur dix patients porteurs de prothèses amovibles totales résine d'usage, quatre semaines après la pose, avec et sans leurs prothèses. Cette étude se concentre sur l'analyse des voyelles et des consonnes fricatives, qui sont les plus altérées par les modifications apportées dans la cavité buccale.

Les conclusions tirées de cette thèse devraient ainsi permettre de poser des bases solides pour l'étude acoustique des patients édentés et porteurs de prothèses amovibles, et sensibiliser le chirurgien-dentiste à l'importance de la prise en compte de la phonation lors de la conception des prothèses.

JURY :

Président : Monsieur le Professeur Thomas COLARD

Assesseurs : Monsieur le Docteur Thierry DELCAMBRE

Monsieur le Docteur Claude LEFEVRE

Monsieur le Docteur Nicolas HELOIRE