



UNIVERSITÉ DE STRASBOURG
FACULTÉ DE MEDECINE
CENTRE DE FORMATION UNIVERSITAIRE EN ORTHOPHONIE

Mémoire présenté en vue de l'obtention du
Certificat de Capacité d'Orthophonie

**Les conséquences de la pratique d'un instrument
à vent sur la voix.**

Analyse subjective et objective de la voix de dix-neuf
instrumentistes.

Année universitaire 2018-2019

Clémence DUROUX

Présidente du jury : Dr. Elisabeth PERI-FONTAA, médecin ORL phoniatre, chargée
d'enseignements au Centre de Formation Universitaire en Orthophonie de Strasbourg

Directrice de mémoire : Mme. Francine KOSTMANN, orthophoniste

Rapporteur : Mme. Elsa BADER, Orthophoniste, chargée d'enseignement au Centre de
Formation Universitaire en Orthophonie de Strasbourg

Remerciements

Je tiens à remercier tous les membres de mon jury, qui ont accepté d'encadrer ce travail.

Je remercie le **Docteur Elisabeth Péri-Fontaa** qui me fait l'honneur de présider mon jury de soutenance.

Je remercie **Madame Francine Kostmann** d'avoir accepté d'encadrer ce travail. Merci à elle d'avoir pris de son temps pour me recevoir lorsque c'était nécessaire mais également pour ses conseils qui m'ont guidée dans l'élaboration de ce mémoire.

Je remercie **Madame Elsa Bader** pour son travail de relecture et ses remarques.

Un grand merci à mes parents pour leur patience et leur soutien durant toute la durée de mes longues études.

Merci à mes amis de Strasbourg et d'ailleurs, toujours disponibles et à l'écoute lorsque c'est nécessaire. Je remercie particulièrement Mathilde pour ses relectures et ses conseils précieux. Merci à Elodie de m'avoir accueillie dans son antre pendant mon travail de rédaction. Merci à Zibidi pour son aide et ses remarques. Merci à Elvane pour ses relectures et corrections. Merci à Bertrand pour ses explications scientifiques toujours claires et limpides et son aide sur Excel entre autres.

Je tiens également à remercier tous les instrumentistes qui ont bien voulu prendre de leur temps pour participer à ce projet et ont enchanté mes oreilles de leur musique.

Sommaire

INTRODUCTION	5
THÉORIE	6
I. LE FONCTIONNEMENT NORMAL ET PATHOLOGIQUE DE L'APPAREIL PHONATOIRE : RAPPELS	6
II. PRÉSENTATION DES DIFFÉRENTS INSTRUMENTS A VENT.	9
III. LA MOBILISATION DES STRUCTURES PHONATOIRES DANS LE JEU A L'INSTRUMENT	10
PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES	12
MÉTHODOLOGIE	14
I. POPULATION	14
II. PRÉSENTATION DU BILAN VOCAL	16
III. TRAITEMENT DES DONNEES	20
RÉSULTATS	22
I. REMARQUES GÉNÉRALES	22
II. ANALYSE OBJECTIVE	31
III. ANALYSE SPÉCIFIQUE DES RÉSULTATS DE TROIS SUJETS	37
DISCUSSION	44
I. HYPOTHÈSE UN	44
II. HYPOTHÈSE DEUX	48
III. LIMITES, INTÉRÊTS ET PERSPECTIVES DE L'ÉTUDE	51
CONCLUSION	53
BIBLIOGRAPHIE	54
ANNEXES	57
TABLE DES MATIERES	64

INTRODUCTION

Pour la pratique de leur instrument, les instrumentistes à vent sollicitent les organes impliqués dans la production vocale. Ils doivent gérer de grands volumes d'air et contrôler des pressions sous-glottiques parfois importantes. Par ailleurs, leur pratique implique des postures et gestes spécifiques, en particulier du haut du buste et des structures périlaryngées et bucco-linguo-faciales.

Les pathologies du musicien sont prises au sérieux et il existe d'ailleurs en France une clinique spécialisée¹ dans les troubles que peuvent rencontrer les musiciens au cours de leur formation ou de leur carrière musicale.

Des travaux de recherche en orthodontie ont souligné l'impact de la pratique d'un instrument à vent sur les structures oro-faciales (Lozano et Berjemo-Fenoll, 2011), et de nombreuses études ont montré que la pratique d'un instrument à vent était susceptible d'engendrer fréquemment douleurs, tensions et raideurs au niveau des organes de l'appareil vocal ou encore suscitait des difficultés à réaliser certains gestes (Debès *et al*, 2003).

Toutefois, leurs éventuelles conséquences sur la voix parlée n'ont pas fait l'objet d'un travail spécifique. Au vu des éléments cités ci-dessus, on peut cependant envisager que la pratique d'un instrument à vent est susceptible de causer des troubles affectant la production vocale : altération du timbre, forçage vocal, difficultés à gérer le débit expiratoire entre autres.

Il serait intéressant de déterminer, pour la prise en charge orthophonique des troubles vocaux chez les instrumentistes à vent, dans quelle mesure ces troubles peuvent être liés à leur pratique musicale.

Nous avons donc choisi d'étudier, dans ce travail, l'éventuel impact de la pratique de ce type d'instrument sur la voix, au moyen de bilans vocaux effectués sur un échantillon d'instrumentistes à vent.

¹ La clinique du musicien propose des rééducations spécifiques et pluridisciplinaires pour les musiciens.

THÉORIE

I. LE FONCTIONNEMENT NORMAL ET PATHOLOGIQUE DE L'APPAREIL PHONATOIRE : RAPPELS

L'appareil vocal humain ou appareil phonatoire est l'ensemble des organes et des muscles qui permettent d'émettre les sons de la parole. Il peut être comparé à un instrument à vent puisque comme lui, il est caractérisé par la production de sons via une colonne d'air qui provoque une vibration se répercutant dans des cavités de résonances. L'appareil phonatoire se compose de trois parties :

- L'appareil respiratoire constitué des poumons qui permettent la production de l'air.
- Le larynx où se situent les cordes vocales qui produisent les vibrations.
- Les cavités de résonance telles que le pharynx, la bouche et les fosses nasales qui permettent de moduler le son laryngé.

L'intégrité de toutes ces structures est nécessaire au bon fonctionnement vocal c'est pourquoi nous allons les présenter brièvement.

1) Principes de la respiration phonatoire

L'acte respiratoire comporte deux phases : la phase inspiratoire, qui permet l'entrée de l'air dans les poumons et la phase expiratoire qui engendre la sortie de l'air. Ces phases résultent de la lutte entre des forces musculaires actives et des résistances élastiques qui s'opposent à ces forces (Cornut, 2009). Dans la respiration ventilatoire, l'expiration et l'inspiration ont la même durée et la dépense d'énergie du corps est minime.

La respiration phonatoire implique un raccourcissement de l'inspiration et un allongement de l'expiration. Les expirations sont plus longues puisque c'est durant le temps expiratoire que nous produisons les sons. Les volumes d'airs mobilisés sont plus importants que pour la ventilation de repos et les pressions pulmonaires expiratoires s'élèvent. En effet, pour qu'il y ait phonation, il faut que « la pression sous-glottique surpasse la résistance causée par l'adduction des plis vocaux » (McFarland, 2009). Dans ce but, les muscles inspireurs (intercostaux externes, diaphragme) et expirateurs (abdominaux, intercostaux internes) sont mobilisés pour permettre l'élévation de la pression, la maintenir et la moduler. Ce sont ces jeux

de pression musculaire qui vont permettre d'adapter la respiration en fonction des besoins du locuteur. Le Huche et Allali (2010), évoquent trois manières de mobiliser le souffle phonatoire durant l'expiration :

- La respiration thoracique supérieure, utilisée en voix conversationnelle est produite par l'abaissement de la cage thoracique.
- La respiration thoraco-abdominale va permettre la projection vocale grâce à l'action des muscles abdominaux et du diaphragme.
- Le souffle vertébral est mis en jeu dans la voix d'appel. Il est caractérisé par une flexion de la colonne vertébrale en phonation qui entraîne une perte de verticalité.

2) Le vibreur laryngé

a) *Rappels anatomiques*

Le larynx se situe dans le cou au carrefour des voies aériennes et digestives. Une de ses principales fonctions est de maintenir ouvertes les voies aériennes en dépit des pressions négatives créées au cours de l'inspiration. Le larynx est constitué d'une armature cartilagineuse. Ces cartilages sont mobiles grâce à quatre articulations et à une musculature intrinsèque qui va permettre de jouer sur la constriction et la dilatation de la glotte. Le larynx est également mobile dans le cou grâce aux muscles extrinsèques qui le relient en haut à la base du crâne, au maxillaire inférieur et à la langue et en bas à la partie supérieure du thorax et à l'omoplate.

Il existe donc deux types de mobilité laryngée :

- Une mobilité intrinsèque qui permet le mouvement des cordes vocales.
- Une mobilité extrinsèque lui permettant de s'adapter aux circonstances de phonation (intensité et hauteur notamment).

b) *La production du son*

La vibration des cordes d'un instrument va permettre la création d'un son musical ; pour la phonation, ce sont les vibrations des cordes vocales qui sont à l'origine du son. C'est l'air expiré qui va permettre la mise en vibration des cordes et la production des sons. Pendant l'expiration phonatoire, le larynx exerce un rôle de régulateur du débit d'air tandis qu'à l'expiration simple, il remonte sous l'impulsion passive du diaphragme.

- Durant l'inspiration, le larynx est tiré vers le bas par l'abaissement du diaphragme, il s'agrandit.
- Après la prise inspiratoire, l'air vient s'accumuler sous les cordes vocales accolées.
- L'augmentation de la pression va entraîner un écartement des bords libres des cordes vocales qui permet à une petite quantité d'air de s'échapper (un puff d'air).
- Suite à ce puff d'air, la pression sous-glottique diminue et les cordes viennent s'accoler de nouveau (notamment grâce au jeu des forces de rappel élastique et au phénomène de rétroaspiration de Bernouilli).
- Le phénomène se répète, permettant la mise en vibration des cordes vocales et la création du son.

En effet, pour que les phénomènes cycliques de la vibration glottique se produisent, il est nécessaire que la pression sous-glottique atteigne un niveau minimum d'énergie : c'est le seuil de pression phonatoire. Il est de l'ordre de 2 à 4 hectopascals (hPa) avec une pression sous-glottique usuelle de 7 hPa (Péri, 2016).

3) Les résonateurs

Les résonateurs sont l'ensemble des cavités supra-glottiques traversées par le son laryngé. Ces cavités de résonance sont de taille variable suivant les individus et sont mobiles (la mâchoire, la langue, le pharynx, le larynx, le voile du palais et les lèvres). Les résonateurs permettent de moduler les caractéristiques acoustiques du son laryngé. Le timbre de la voix dépend de la manière dont s'accolent les cordes vocales mais également des caractéristiques anatomiques et de l'utilisation des cavités de résonance (Le Huche et Allali, 2010).

L'émission vocale est possible grâce à la coordination de toutes les structures évoquées plus haut (soufflerie, vibrateur, résonateurs) qui vont permettre d'équilibrer les pressions.

4) Le forçage vocal

Selon Grini, Ouaknine et Giovanni (1998), le forçage vocal correspond à « une augmentation des tensions péri-laryngées au cours de la phonation » due à un travail musculaire inapproprié. Lorsque ces tensions persistent, le dysfonctionnement vocal s'installe et le geste vocal est alors perturbé dans son ensemble. Les tensions sont principalement localisées au niveau du cou, du thorax et des muscles abdominaux. Selon Ormezzano (2000), ces tensions entraînent alors une rupture de l'ensemble des équilibres nécessaires à une voix de bonne qualité : équilibre

respiratoire, équilibre postural mais également équilibre phonorésonantiel. Lors d'un forçage, une altération vocale peut être audible mais parfois, le locuteur va ressentir des difficultés vocales sans qu'elles n'aient de conséquences acoustiques sur sa voix. Le Huche et Alalli (2010), distinguent les facteurs déclenchant le comportement de forçage (ponctuels ou prolongés) du fait desquels s'installe le cercle vicieux du forçage vocal (affections de la sphère ORL, facteurs psychologiques, toux) et les facteurs favorisant (professionnels, situations psychologiquement éprouvantes, tabac et alcool, exposition aux polluants, *etc.*).

II. PRÉSENTATION DES DIFFÉRENTS INSTRUMENTS A VENT.

Pour produire un son, il faut générer une pression au niveau respiratoire. Si le terme de *pression sous-glottique* est employé pour la parole et le chant, dans le cas des instruments à vent on parle de *pression buccale* (Cossette, 2002). Chaque instrument à vent requiert des pressions différentes.

1) Les instruments à anche (clarinette, hautbois, saxophone)

La clarinette se présente sous la forme d'un tuyau droit surmonté d'un bec. Une anche simple est placée sur le bec, c'est la partie vibrante de l'instrument. Les lèvres du musicien viennent se placer autour de l'anche et du bec sur laquelle elle est fixée. L'instrumentiste exerce une pression qui vient plaquer l'anche contre le bec. Celle-ci commence à vibrer. C'est de cette manière qu'est produit le son. (Fletcher, 2000). La pression du souffle varie entre 2 et 3 kilopascals (kPa) pour un son piano et peut aller jusqu'à 4.5 kPa pour les sons forts (Fuks et Sundberg, 1996).

Le saxophone est constitué d'un corps conique surmonté d'un bec sur lequel vient se placer une anche. C'est la vibration de l'anche au niveau de la facette du bec qui permet l'émission du son. Au saxophone alto, la pression du souffle pour un son de faible intensité est d'environ 2kPa et peut aller jusqu'à 8kPa pour les sons forts (Fletcher, 2000).

Le hautbois se caractérise par une perce conique et une anche double. L'anche est constituée de deux languettes de roseau fixées l'une à l'autre. L'ouverture au niveau de l'anche est beaucoup plus petite que celle des instruments à anche simple, la pression nécessaire pour mettre l'anche en vibration est donc beaucoup plus importante que pour la clarinette ou le saxophone (Fletcher, 2000).

2) Les cuivres (trompette, trombone, cor)

Chez les cuivres, ce sont les lèvres de l'instrumentistes qui remplacent l'anche et jouent le rôle de vibreur. Pour ce faire, les mouvements des lèvres doivent être extrêmement précis et complexes. La tension des muscles labiaux doit être finement ajustée pour faire varier la hauteur des notes. Pour un jeu de faible intensité sonore, la pression d'air requise est modérée mais elle double pour chaque saut d'octave et atteint 6kPa pour les notes aiguës. Lorsque le volume sonore est élevé, les pressions peuvent atteindre 20 kPa (Fletcher, 2000).

3) La flûte

A la flûte, le son est généré par le passage du flux d'air à travers l'ouverture. La génération d'un son nécessite un contrôle précis de la position des lèvres et de la pression du souffle. La pression du souffle est presque doublée à chaque montée d'octave et est proportionnelle à la fréquence de la note jouée. Les pressions de souffle nécessaire à la production d'un son varient de 0.2 kPa pour les notes graves à 2.5 kPa pour les notes aiguës et cela indépendamment de l'intensité. La pression d'air augmente avec la fréquence de la note.

III. LA MOBILISATION DES STRUCTURES PHONATOIRES DANS LE JEU A L'INSTRUMENT

1) La respiration durant le jeu instrumental

Lors de l'apprentissage d'un instrument à vent, on insiste particulièrement sur la gestion des techniques respiratoires. En effet, pour produire un son, le musicien doit maîtriser le mécanisme de la production sonore en exerçant un contrôle conscient et précis de la pression de son souffle (Fletcher, 2000). La respiration musicale nécessite une inspiration plus ample, mettant en jeu les muscles inspireurs accessoires et le contrôle de l'expiration. Ce contrôle est particulièrement important durant la phase d'expiration qui nécessite la mise en place d'une importante activité musculaire. Les muscles inspireurs vont freiner l'expiration pour doser le débit d'air sous-glottique (Calais-Germain et Germain 2013). De nombreuses études se sont intéressées aux mécaniques respiratoires des instrumentistes à vent sans parvenir à un réel consensus quant à leur impact sur les fonctions respiratoires (Antoniadou *et al*, 2012). Et l'étude réalisée par Cossette (2002), indique qu'il existe plusieurs modes d'activités des différents groupes musculaires respiratoires chez les flûtistes. Dans la pratique, la respiration est au

service du jeu et il n'est pas rare que le musicien soit incapable d'expliquer les phénomènes respiratoires qu'il met en jeu.

2) Le rôle du larynx dans le jeu à l'instrument

Durant le jeu à l'instrument, afin de gérer efficacement leur souffle, les musiciens exercent des mouvements pharyngo-laryngés pour produire plus aisément des sons longs, dynamiques et de hauteur stable. Des observations fibroscopiques du larynx ont été réalisées sur différentes familles d'instruments à vent dans une étude de Mukai (1989), qui montrent que la production des sons musicaux s'associe à l'adduction partielle des cordes vocales. Il semble que le rétrécissement de la glotte serve à contrôler le flux d'air. Cette observation a été confirmée chez une population d'hautboïstes par le travail de Camille Joutard (2013). Lors du jeu à l'instrument, la configuration laryngée se caractérise par une ouverture étroite de la glotte qui demeure constante et ce, quelle que soit la tâche musicale à accomplir. Cette configuration glottique est observable aussi bien chez les joueurs amateurs que chez les joueurs professionnels. Cette position des cordes vocales ne correspond ni à celles qu'elles occupent pendant la respiration durant laquelle la glotte est ouverte, ni à celles qu'elles ont en cours de phonation où les cordes vocales sont accolées. Dans l'étude de Eckley (2006), dix adultes instrumentistes à vent ont été observés sous vidéo-laryngoscopie alors qu'ils jouaient de leur instrument afin d'observer les mouvements de leur glotte, de leurs cordes vocales et de la base de leur langue. Chez tous les participants, les sons étaient réalisés par un mouvement d'adduction presque complète des cordes vocales et le contrôle et la gestion du souffle étaient reliés aux mouvements d'ouverture et de fermeture de la glotte. Plus la difficulté technique du morceau était grande, plus l'augmentation des tensions au niveau du larynx étaient importantes, allant de pair avec la constriction glottique.

L'auteur conclut que ces observations permettent de considérer les instrumentistes à vent comme des professionnels de la voix puisqu'une altération des structures glottiques entraînerait des modifications du son à l'instrument.

PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

Compte tenu de l'état des lieux que nous avons dressé dans notre partie théorique, nous pouvons légitimement nous interroger quant aux répercussions possibles de la pratique d'un instrument à vent sur la voix parlée.

A la fois de manière générale, sur les conséquences de la pratique régulière de l'instrument mais également sur les impacts immédiats que peut engendrer un jeu ponctuel.

En effet, nous avons vu que la pratique d'un d'instrument à vent requérait la gestion de débits d'air et des pressions très supérieurs à ceux mobilisés dans la parole. Nous avons également constaté que la gestion du souffle lors de la pratique d'un instrument à vent impliquait la mise en adduction presque complète des cordes vocales.

Nous nous proposons par conséquent de traiter la problématique suivante :

La pratique d'un instrument à vent peut-elle avoir des conséquences sur la voix parlée ?

HYPOTHESE 1

Les instrumentistes à vent sont plus susceptibles de souffrir de troubles vocaux que la moyenne.

- SOUS-HYPOTHESE 1A

La pratique régulière d'un instrument à vent favorise le forçage vocal.

- SOUS-HYPOTHESE 1B

La pratique régulière d'un instrument à vent est un facteur d'altération du timbre vocal.

HYPOTHESE 2

Le jeu ponctuel d'un instrument à vent a des retentissements immédiats sur la qualité vocale.

- SOUS-HYPOTHESE 2A

L'altération de la qualité vocale causée par le jeu ponctuel d'un instrument à vent peut être constatée au moyen de mesures objectives (temps maximum phonatoire, rendement vocal, fréquence fondamentale).

- SOUS-HYPOTHESE 2B

L'altération de la qualité vocale causée par le jeu ponctuel d'un instrument à vent peut être constatée par l'analyse subjective de la voix.

MÉTHODOLOGIE

I. POPULATION

1) Critères d'inclusion

Pour faire partie de l'échantillon, les sujets devaient remplir les critères d'inclusion suivants :

- Être âgé de plus de 18 ans. Cette limite d'âge a été établie de façon à ce que l'appareil vocal et respiratoire de chaque participant soit mature.
- Pratiquer son instrument depuis au moins 5 ans. Ce qui permet une connaissance de l'instrument et de sa technique, ainsi qu'une certaine expérience.
- Avoir une pratique de l'instrument de minimum deux heures par semaine.

2) Critères d'exclusion

Nous avons exclu de notre étude :

- Les personnes présentant un asthme chronique. Cette pathologie respiratoire entraîne une inflammation des voies aériennes et du larynx et fait partie des facteurs pouvant favoriser l'apparition d'une dysphonie. Elle favorise également l'hypertonie laryngée².
- Les personnes présentant une affection pulmonaire chronique telles que la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), l'insuffisance respiratoire et les pathologies respiratoires du sommeil qui impactent directement les fonctions respiratoires.

3) Mode de recrutement

Le recrutement s'est fait sur la base du volontariat. Le projet a été présenté par diffusion d'une annonce envoyée par mail à divers orchestres, conservatoires et écoles de musique de Strasbourg et de Belfort.

² « L'adduction des cordes vocales mise en place pour compenser les difficultés ventilatoires dans l'asthme s'accompagne d'un comportement hypertonique global laryngé. » (Péri-Fontaa, 2016)

Les personnes intéressées ont contacté directement l'investigatrice principale de cette étude pour prendre rendez-vous.

4) Présentation de l'échantillon

19 instrumentistes ont participé à l'étude. Leurs profils sont décrits dans le tableau ci-dessous :

Sujet	Sexe	Âge	Instrument	Nombre d'années de pratique	Fréquence de jeu (au minimum par semaine)	Prise en charge vocale orthophonique préalable
FN	F	18	Hautbois	11	21 heures	Non
MT	F	18	Trompette	8	3 heures	Non
CN	F	18	Clarinette	10	4 heures	Non
MU	F	25	Clarinette	14	2 heures	Non
TM	F	25	Clarinette	18	3 heures	Oui (forçage vocal)
DF	F	25	Cor	8	3 heures	Non
NQ	F	28	Trombone	13	14 heures	Non
MC	F	29	Trompette	20	3 heures	Non
SE	F	31	Flûte	23	3 heures	Non
BM	F	31	Flûte	23	2 heures	Non
NS	F	35	Clarinette	26	4 heures	Non
PH	F	60	Flûte	10	2 heures	Oui (nodules et varice)
FK	M	27	Trompette	21	14 heures	Non
WN	M	27	Trombone	17	14 heures	Non
TD	M	30	Trombone	21	14 heures	Non
BK	M	42	Clarinette	33	21 heures	Oui (forçage vocal)
FV	M	50	Trompette	39	21 heures	Non
NH	M	50	Saxophone	10	5 heures	Non
NU	M	53	Trombone	10	4 heures	Non

Tableau 1 : Présentation de l'échantillon

5) Déroulement des rencontres

Nous avons rencontré la majorité des sujets à leur domicile ou au conservatoire. Le bilan vocal qui a été proposé comprenait :

- Un entretien d'environ trente minutes.
- Une série d'exercices vocaux (Annexe 1) avec notamment la mesure du temps maximum phonatoire (TMP) et du rapport signal bruit S/Z.
- Une partie instrumentale d'environ dix minutes. Les instrumentistes ont réalisé un morceau facile et un second difficile, deux fois de suite.
- Une seconde prise du TMP et du rapport signal bruit afin de comparer les résultats avant et après le jeu instrumental.
- Deux questions ouvertes permettant au sujet de s'exprimer sur sa voix et sa respiration après avoir joué.

Les bilans ont duré en moyenne deux heures. Ils ont été enregistrés dans leur intégralité avec l'accord des participants afin de recueillir leurs propos de manière exhaustive et fluide.

II. PRÉSENTATION DU BILAN VOCAL

Nous avons proposé à nos sujets un bilan vocal avec des questions approfondies sur leur pratique de l'instrument. Nous leur avons également demandé d'interpréter deux morceaux de leur choix. Les étapes spécifiques de notre bilan sont développées ici et l'intégralité du bilan est présentée en annexe. (Annexe 1).

1) Anamnèse

C'est durant l'entretien que le patient se raconte sans avoir l'impression que sa voix fait déjà l'objet d'une évaluation et d'une analyse (Péri-Fontaa, 2012). Par le biais de questions à réponses ouvertes, qui permettent aux sujets de s'exprimer librement, nous leur demandons de nous parler de l'utilisation qu'ils ont de leur voix au quotidien, et s'ils peuvent rencontrer des problèmes vocaux dans certaines situations. Des questions plus spécifiques ont été posées sur

la pratique de l'instrument, le style de musique joué et les difficultés techniques³ propres à leur instrument et au type de morceau interprété.

2) Données médicales et hygiène vocale

Un manque d'hydratation, le tabagisme ainsi que la prise de certains médicaments peuvent altérer le fonctionnement vocal (Péri-Fontaa, 2016). Nous avons donc interrogé les sujets de façon précise sur leur hygiène vocale.

Cette partie du bilan nous permet d'en apprendre plus sur la santé des sujets. Nous les avons notamment questionnés sur l'éventuelle présence de tensions au niveau du dos et de la chaîne cervicale. La présence d'infections ORL fréquentes, d'allergies, de reflux gastro-œsophagien (RGO) étaient notées. Ces renseignements permettent de faire la lumière sur différents facteurs qui pourraient avoir des répercussions sur la qualité de la voix du sujet.

3) Observation du geste vocal

Le geste vocal implique le corps dans sa globalité ; une attention particulière a donc été portée sur l'attitude corporelle du patient lors de la phonation. Durant l'entretien (patient assis) et durant les exercices vocaux (patient debout), nous avons noté particulièrement la présence :

- D'une extension du cou
- D'un affaissement vertébral
- D'une asymétrie au niveau des épaules
- De tensions visibles au niveau du visage
- D'un creusement de la ceinture scapulaire lors de l'inspiration
- D'un appui asymétrique des pieds au niveau du sol avec ou sans verrouillage des genoux.

Tous ces paramètres ont également été observés lors du jeu instrumental. Leur présence va souvent de pair avec un geste vocal inadapté pouvant avoir des répercussions non négligeables sur la qualité de la voix.

³ Notamment sur la gestion de la respiration, de l'articulation, des nuances, de la vitesse d'exécution.

4) Respiration en phonation

L'observation visuelle de la respiration a constitué une étape importante de notre bilan. Elle s'est faite tout au long de la passation, durant les temps de phonation mais aussi les temps de repos.

Nous observions le geste respiratoire ainsi que la qualité de la coordination pneumophonique. Selon Ormezzano (2000), la coordination pneumophonique est le résultat d'un équilibre entre la poussée de l'air sous-glottique et la force de résistance de la glotte face à cette pression. L'équilibre entre ces deux forces conditionne la bonne réalisation de l'attaque du son et l'entretien jusqu'à son terme. En observant les sujets, nous essayons de voir quel type de respiration ils utilisent préférentiellement et de quelle manière ils prennent leur air :

- Respiration thoracique haute qui mobilise le haut de la cage thoracique.
- Respiration costo-diaphragmatique qui mobilise davantage les côtes et le diaphragme.
- Prise inspiratoire buccale.
- Prise inspiratoire nasale.

Dans un second temps, nous avons demandé à nos sujets s'ils étaient d'accord pour que nous venions observer leurs mouvements respiratoires en phonation en plaçant nos mains au niveau de leur ventre, de leur thorax, de leur dos et de leur cou durant la phonation. Tous ont accepté ces contrôles kinesthésiques. Ils avaient pour consigne de raconter leur journée ou de parler de leur film préféré durant quelques minutes pendant que nous venions placer nos mains au niveau de leur ventre, de leur thorax, de leur dos, de leurs côtes et de leur cou. Ces vérifications manuelles devant nous permettre de préciser les observations visuelles préalablement effectuées. Cette tâche a été passée une première fois avant le jeu à l'instrument et une deuxième fois après afin de comparer nos observations et d'établir s'il y avait une différence des zones mobilisées.

5) Respiration durant le jeu de l'instrument

Nous avons demandé à nos sujets de réaliser deux morceaux. Un morceau facile qu'ils maîtrisaient bien et un deuxième qui leur posait plus de problèmes techniquement. Leur première prestation a été filmée avec leur accord afin de pouvoir être analysée a posteriori. Chaque morceau a ensuite été joué une seconde fois. Durant cette deuxième partie, nous vérifiions en les touchant, la mobilité et la souplesse du ventre, des côtes, du thorax, du dos, du

cou et de la base de langue des musiciens afin de déterminer si ce que nous voyions était en corrélation avec ce que nous sentions.

6) Analyse subjective de la phonation

L'écoute est la modalité la plus directe et la plus accessible pour évaluer la qualité de la voix (Ghio, 2012). En effet, elle ne nécessite aucun dispositif particulier excepté des oreilles en bon état de marche. Nous avons donc écouté de façon attentive la voix des sujets dans les différents contextes et exercices demandés lors de la passation du bilan (Klein-Daillant, 2016) et plus particulièrement lors des situations conversationnelles, où les sujets peuvent s'exprimer plus librement et donc prêter moins d'attention à leur voix. Nous avons noté, lorsque le cas se présentait, les altérations vocales entendues en nous basant sur l'échelle perceptive GRBAS (Hirano, 1981). Pour une plus grande objectivité, nous avons fait écouter les voix des sujets à une orthophoniste ayant une formation approfondie aux pathologies vocales afin qu'elle puisse donner son avis sur les extraits entendus. Nous avons choisi systématiquement un extrait vocal d'environ 30 secondes durant l'anamnèse et un deuxième extrait de même durée provenant des deux dernières questions du bilan, afin de comparer la voix avant et après le jeu instrumental.

7) Analyse objective de la voix

Nous avons choisi d'évaluer la voix des sujets selon deux données objectives :

Le temps maximum phonatoire (TMP) : On demande au sujet de tenir à une hauteur et une intensité confortable le son [a] le plus longtemps possible. Le meilleur des trois essais, mesuré en secondes, est retenu (Ormezzano, 2016). Pour un homme le TMP moyen se situe entre vingt-cinq et trente secondes et entre quinze et vingt-cinq secondes chez la femme. (Hirano *et al.* 1968)⁴. S'il est inférieur à la normale, il indique une mauvaise coordination pneumophonatoire, ainsi qu'un défaut du contrôle de la pression sous-glottique par les forces expiratoires, entraînant une déperdition d'air au cours de la phonation. Toujours d'après Hirano *et al.* le TMP est considéré comme pathologique lorsqu'il est égal ou inférieur à 10 secondes pour les hommes comme pour les femmes.

Le rendement vocal (ou rapport S/Z) : La mesure du rendement vocal permet de comparer la durée maximale d'émission de deux constrictives, l'une sourde [s], l'autre sonore

⁴ Yves Ormezzano (2016) considère qu'une valeur normale est de l'ordre de 12 à 15 secondes.

[z] qui mobilise les cordes vocales. Un rapport normal est inférieur ou égal à 1. En cas de dysfonctionnement laryngé, la réalisation de la consonne sonore devient plus difficile et le rapport s/z augmente. Selon Gamboa *et al* (1995). et selon Eckel et Boone (1991), le rapport est supérieur à 1,4 dans 95% des cas pour les sujets présentant une pathologie vocale.

III. TRAITEMENT DES DONNEES

Les approches perceptives et objectives étant complémentaires, (Ghio, 2012), nous avons choisi d'enrichir nos données perceptives en les traitant au moyen d'un logiciel informatique.

Traitement des données avec le logiciel PRAAT

Praat est un logiciel *open source*⁵ permettant l'analyse de la voix normale et pathologique. Il a été développé à l'Institut des sciences phonétiques de l'université d'Amsterdam par P. Boersma et D. Weenink.

Il permet d'obtenir des informations sur la voix qui peuvent venir appuyer ce qui a été entendu à l'oreille. Parmi les nombreuses valeurs proposées par Praat, nous avons choisi de nous intéresser plus particulièrement à la fréquence fondamentale, au jitter, au shimmer et au rapport signal bruit.

La fréquence fondamentale⁶ (F0) : Elle se définit par le nombre des cycles vibratoires (ouverture et fermeture) par seconde. Elle est exprimée en Hertz et donne la hauteur tonale de la voix. La fréquence fondamentale dépend de la masse vibrante, de la tension des cordes vocales et de la pression d'air sous-glottique. Elle est donc un témoin direct des propriétés biomécaniques des cordes vocales, de la configuration laryngée, des forces musculaires et des pressions phonatoires mises en jeu (Leuchter, 2010). La valeur de la F0 est en moyenne de 120 Hz en voix parlée pour l'homme et de 240 Hz en voix parlée chez la femme (Vaissière, 2006).

Nous avons mesuré dans notre étude la fréquence fondamentale des participants sur des extraits vocaux d'environ vingt secondes avant et après qu'ils aient joué.

Programme informatique dont le code source est distribué sous une licence permettant à quiconque de lire, modifier ou redistribuer ce logiciel.

⁶ Pitch dans le logiciel Praat.

Le jitter (local) : Le jitter mesure le rapport entre deux moyennes : c'est le rapport entre la moyenne de la différence de durée des périodes consécutives de voisement et la moyenne des périodes. Plus simplement, c'est un indicateur de régularité de la fréquence. Il permet d'évaluer la stabilité et la régularité du vibrateur laryngé. Plus la fréquence fondamentale est élevée, moins l'augmentation du jitter est acoustiquement corrélée à l'impression de raucité. Selon le manuel de Praat, un jitter normal est inférieur à 1,04 % et augmente pour les voix pathologiques.

Le shimmer (local) : Le shimmer est le rapport entre la moyenne de la différence absolue des amplitudes consécutives et la moyenne des amplitudes. Plus simplement, le shimmer est un indicateur de régularité de l'amplitude, il indique la perturbation à court terme de l'amplitude de la fréquence fondamentale. Sur Praat, le seuil normal doit être inférieur à 3,81 %.

Le rapport harmonique/bruit (*mean harmonics to noise ratio*) : Cette mesure a été en grande partie développée par Yumoto et Gould (1982). Elle consiste à calculer la proportion de bruit dans le signal vocal. Nous pouvons considérer être en présence d'une voix pathologique pour un rapport MHNR très inférieur à 20dB.

Ces données ont été mesurées sur les meilleurs [a] du premier et du deuxième essai. Nous avons choisi d'isoler environ une seconde de voisement, en milieu d'émission sur une zone stable pour éviter les perturbations à l'attaque du son et en fin de voisement.⁷

⁷ Précisons néanmoins que plusieurs auteurs dont Revis (1999) et Orlikoff (2009), insistent sur l'importance des données recueillies sur l'attaque et la fin des sonorisations en tant qu'indicateurs pertinents d'une pathologie vocale.

RÉSULTATS

Nous avons choisi d'évoquer dans une première partie des remarques d'ordre général sur nos participants et dans une deuxième partie nous avons fait une analyse objective de la voix de l'ensemble de nos sujets. Dans une troisième partie, nous nous attarderons de façon plus approfondie sur les cas de trois patients dont les résultats nous ont semblé particulièrement intéressants pour illustrer nos propos sur les conséquences que peut avoir la pratique d'un instrument sur la voix et la respiration.

I. REMARQUES GÉNÉRALES

1) Anamnèse

Sur l'ensemble de nos sujets, sept sont des instrumentistes professionnels et douze sont des instrumentistes amateurs. Les professionnels ont une pratique musicale intensive de plusieurs heures par jour et les amateurs pratiquent leur instrument au moins deux heures par semaine en orchestre pour la plupart. La majorité des musiciens pratique leur instrument depuis au moins dix ans et joue essentiellement de la musique classique. Quatre d'entre eux jouent également de la musique jazz ou folklorique.

Aucun des sujets n'a de plainte particulière concernant sa voix, mais la moitié d'entre eux parlent de difficultés pour se faire entendre et de fatigue vocale en situation de bruit prolongée. Plusieurs participants nous indiquent également être en difficulté pour utiliser la voix projetée et la voix d'appel en signalant qu'ils l'utilisent le moins possible car on ne les entend pas. Deux de nos sujets sont enseignants à l'université et ne ressentent pas de fatigue vocale particulière pendant leurs cours. Aucun des enseignants ni des professeurs de musique ne s'échauffe vocalement avant leurs cours. Un des musiciens déclare avoir des troubles au niveau de la respiration et de la posture engendrés par la pratique de l'instrument, il a été suivi pendant deux mois par une orthophoniste pour sa voix. Un des professeurs de musique trouve que sa voix s'est aggravée depuis qu'il enseigne.

En ce qui concerne la technique propre à chaque instrument, les musiciens évoquent régulièrement l'importance de la gestion du souffle, particulièrement dans la réalisation des

nuances et de notes très aigües ou très graves. La dextérité est également évoquée car elle implique un important travail des lèvres et de la langue pour les enchaînements rapides de notes, l'exécution de grands intervalles et la réalisation des nuances.

2) Données médicales

Sujet ⁸	Infections ORL	Allergies	Asthme	RGO	Dysfonction des ATM	Troubles ⁹ / tensions posturales	Lésion vocale
FN	Non	Non	Non	Oui	Non	Oui (Scoliose)	Non
MT	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui (Scoliose)	Non
CN	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui (Scoliose)	Non
MU	Non	Non	Oui	Non	Non	Oui	Non
TM	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non
DF	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non
NQ	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non
MC	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Non
SE	Oui	Non	Oui	Non	Non	Oui	Non
BM	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui	Non
NS	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
PH	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui (Arthrose)	Oui (varice)
FK	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui (Scoliose)	Non
WN	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non
TD	Oui	Non	Non	Non	Non	Oui	Non
BK	Oui	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Non
FV	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui	Non
NH	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui (Hernie discale)	Non
NU	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non

Tableau 2 : Données médicales

Huit de nos participants font état d'infections ORL récurrentes. Ils évoquent notamment des angines et des rhinopharyngites fréquentes pouvant entraîner des périodes d'aphonie. Deux

⁸ Dans tous nos tableaux, les femmes seront présentées en jaune et les hommes en gris.

⁹ Nous avons fait la distinction entre les troubles (indiqués entre parenthèses) qui ne peuvent être induits par la pratique de l'instrument et les tensions qui peuvent être directement liées au jeu instrumental et à une posture inadéquate.

sujets souffrent de sinusites chroniques qui les empêchent de respirer correctement par le nez. Ces infections régulières de la sphère ORL peuvent impacter le bon fonctionnement vocal en entraînant des inflammations régulières du larynx et des structures qui l'entourent.

Neuf de nos sujets souffrent d'allergies notamment au pollen, aux poils de chats et aux graminées et la moitié suit un traitement antihistaminique durant les périodes d'allergie. La prise d'antihistaminique favorise la sécheresse buccale et peut de ce fait impacter directement la voix.

Sept sujets sur dix-neuf font état de reflux gastro-œsophagien (RGO). Pour deux d'entre eux, les reflux sont récurrents. Pour les autres, ils sont occasionnels. Le RGO entraîne une remontée de liquide gastrique depuis l'estomac. L'acidité du liquide vient irriter entre autres le larynx et peut avoir des répercussions sur la production vocale (Péri-Fontaa, 2016)

Trois participants souffrent d'un asthme d'effort¹⁰ et utilisent ponctuellement de la Ventoline lors d'efforts physiques. L'asthme est une affection respiratoire engendrant fréquemment des irritations de la muqueuse du larynx. La prise de traitement impacte également la phonation et peut altérer le timbre de la voix (Péri-Fontaa, 2016). Nous avons choisi de ne pas exclure ces trois sujets de notre étude car ils nous ont indiqué ne pas suivre de traitement de fond pour leur asthme et n'être que peu gênés par cette pathologie. Ils ont également signalé que la pratique de leur instrument n'avait jamais engendré de crise.

Tous ces éléments sont susceptibles d'impacter la voix, en rendant moins efficace et en fragilisant ou irritant les structures anatomiques nécessaires à une production vocale de qualité. Il est donc important de les souligner et de les prendre en compte dans le cadre de notre étude puisqu'il ne sont pas liés à la pratique de l'instrument. En revanche, ils peuvent aggraver de manière non négligeable un mauvais geste vocal ou respiratoire induit lui, par l'instrument.

Trois de nos sujets se plaignent de tensions récurrentes au niveau de l'articulation temporo-mandibulaire avec des craquements réguliers. Une dysfonction à ce niveau peut gêner l'ouverture buccale et peut également entraîner des tensions musculaires notamment laryngées et cervicales.

Cinq de nos sujets souffrent de troubles posturaux liés à une scoliose, une hernie ou de l'arthrose. Tous les autres sujets sauf un, indiquent souffrir plus ou moins régulièrement de

¹⁰ Nos sujets ont déclaré avoir un contrôle optimal de leur asthme « défini par l'absence de symptômes respiratoires et de consultations inopinées et par la normalité de la fonction respiratoire. » (Delmas et Fuhrman, 2009).

tensions dans le dos, les épaules et le cou. BK nous indique qu'un mauvais placement des pieds durant sa croissance a engendré une asymétrie posturale. Le geste vocal implique tout le corps, si des tensions ou des troubles viennent impacter la posture, la voix et la respiration peuvent également être altérées. Il est donc essentiel d'être attentif aux douleurs et aux tensions ressenties et de repérer dans quelles circonstances elles apparaissent. Nous tenons à signaler que cinq de nos sujets éprouvent des tensions après une pratique intensive de leur instrument, particulièrement au niveau des épaules et des cervicales, ce qui pourrait laisser supposer que la pratique instrumentale peut engendrer des tensions posturales ou aggraver des tensions causées par d'autres facteurs et avoir un retentissement sur la voix et la respiration.

3) Hygiène vocale

Sujet	Consommation de tabac	Hydratation
FN	Aucune	Bonne
MT	Aucune	Bonne
CN	Aucune	Bonne
MU	Occasionnelle	Insuffisante
TM	Aucune	Bonne
DF	Aucune	Insuffisante
NQ	Importante (cigarette électronique depuis 3 semaines)	Bonne
MC	Aucune	Bonne
SE	Aucune	Bonne
BM	Aucune	Bonne
NS	Aucune	Bonne
PH	Aucune	Insuffisante
FK	Aucune	Bonne
WN	Aucune	Bonne
TD	Aucune	Insuffisante
BK	Aucune consommation depuis 20 ans	Bonne
FV	Importante (arrêt du tabac depuis 1 an)	Bonne
NH	Aucune consommation depuis 10 ans	Insuffisante
NU	Aucune	Bonne

Tableau 3 : Hygiène vocale

La consommation de tabac a un effet néfaste sur les cordes vocales. La nicotine provoque entre autres un rétrécissement du calibre des vaisseaux qui entraîne au niveau de cordes vocales une

diminution de l'hydratation de la muqueuse (Péri-Fontaa, 2016). Deux sujets ont eu une consommation de tabac importante, arrêtée depuis peu.

Un manque d'hydratation au niveau de la muqueuse des cordes vocales entraîne un accroissement de la pression sous-glottique pour initier les vibrations. Celles-ci deviennent irrégulières et cela entraîne une efficacité vocale diminuée.

Cinq sujets sur dix-neuf déclarent avoir une hydratation insuffisante. Ils ne pensent pas à boire ou consomment préférentiellement du café et du thé qui ont tendance à déshydrater les muqueuses cordales. Nous avons considéré que l'hydratation était bonne lorsque les sujets déclaraient boire de l'eau régulièrement et avoir une consommation modérée d'autres boissons (notamment thé et café). La majorité des participants a déclaré avoir une consommation d'alcool modérée et ponctuelle. Il n'en a donc pas été tenu compte dans notre tableau.

Toutes ces données doivent être prises en compte car elles peuvent entraîner des troubles vocaux n'ayant pas de rapport avec la pratique de l'instrument. Ainsi, la consommation de tabac même récente a des effets non négligeables sur la fréquence fondamentale, entraînant une aggravation de celle-ci (particulièrement audible chez les femmes) et augmentant de façon significative le jitter (Gonzalez et Carpi, 2004). Le manque d'hydratation quant à lui, peut provoquer des irritations au niveau des cordes vocales qui peuvent impacter le timbre, la qualité et l'efficacité de la voix.

4) Comparaison du geste vocal en phonation et à l'instrument

a) *Remarques par groupes d'instruments*

- **A la flûte (3 sujets)** : Deux de nos flûtistes ont une épaule légèrement plus basse que l'autre. Durant les exercices vocaux, nous remarquons que l'ancrage au sol des flûtistes est symétrique et que les genoux sont souples. SE présente une légère extension du cou durant la phonation qui apparaît plus prononcée durant l'émission des sirènes et des vocalises et nous observons chez PH un creusement au niveau de la ceinture scapulaire lorsqu'elle inspire. Au niveau du jeu de l'instrument, la position de la flûte engendre un déséquilibre au niveau de la posture (du fait de la position qu'implique l'instrument) et nous constatons chez nos trois participantes un abaissement de l'épaule gauche par rapport à la droite. Le haut de leur corps est mobile avec un bon ancrage au niveau du sol. L'une d'entre elle présente cependant un léger balancement d'avant en arrière et un déplacement des points d'appui du pied gauche au pied droit.

- **Au trombone (4 sujets)** : NU adopte une posture avachie avec une accentuation de la cyphose dorsale et de la lordose cervicale durant l'entretien et nous observons durant les vocalises et les sirènes une extension du cou pour émettre les notes aigües. Nous avons remarqué chez les trombonistes pendant qu'ils jouaient, une légère asymétrie au niveau de l'épaule droite, qui tient la coulisse de l'instrument. Cette asymétrie est plus marquée lors de l'émission de sons très graves qui obligent le musicien à effectuer une importante extension du bras. L'ancrage au sol est stable et les genoux souples. Pour un des trombonistes, nous notons une légère extension du cou lors du jeu, qui n'était pas présente en phonation.
- **A la trompette (4 sujets)** : Durant la phonation, FK et MT présentent une asymétrie au niveau des épaules que nous pensons liée à leur scoliose. Pendant l'interprétation de leurs morceaux, l'asymétrie des épaules tend à s'effacer. FV engage légèrement le cou et le buste en avant lors de l'entretien et nous notons occasionnellement une élévation des épaules lors des prises inspiratoires, nous la retrouvons lorsqu'il joue de la trompette.
- **Au saxophone (1 sujet)** : Nous notons chez NH un affaissement vertébral ténu durant l'entretien. Lorsqu'il joue, un léger abaissement de l'épaule droite est visible ainsi qu'une cambrure au niveau de la région lombaire. Son cou apparaît plus épais à gauche. L'appui au sol est mobile et passe du pied droit au pied gauche.
- **Au hautbois (1 sujet)** : FN présente un abaissement de l'épaule droite durant la phonation probablement dû à sa scoliose. Cet abaissement est toujours visible pendant qu'elle joue. En dehors de cet élément, nous n'avons pas noté de remarques particulières à formuler concernant sa posture et son ancrage.
- **Au cor (1 sujet)** : CE présente une avancée du cou et du buste ainsi qu'un creux au niveau de la ceinture scapulaire en phonation. Durant les exercices vocaux, elle adopte une position beaucoup plus stable et droite. Au fur et à mesure du jeu, nous constatons un léger abaissement de l'épaule gauche de notre corniste. Elle nous explique qu'elle joue la plupart du temps assise, ce qui lui permet de se soulager un peu du poids de l'instrument.
- **A la clarinette (5 sujets)** : Une légère avancée du cou est perceptible chez MU durant l'entretien et BK présente des tensions au niveau du cou (jugulaires apparentes et implication du sterno-cléido-mastoïdien) Nous n'avons pas constaté d'asymétrie au niveau des épaules chez nos clarinettes aussi bien en phonation que durant le jeu à l'instrument. L'ancrage au sol nous a semblé stable et souple en phonation et à

l'instrument. Nous tenons à préciser cependant que deux clarinettes ont joué assis. Leur position était équilibrée et leur dos droit.

b) Remarques générales

Il nous a semblé nécessaire d'accorder une grande importance à l'observation de la posture puisque c'est un élément capital dans la qualité de la phonation. De plus, chaque instrument nécessite d'adopter une posture particulière durant le jeu qui serait susceptible d'avoir un retentissement sur la voix et son utilisation et ce, en dehors de la pratique de l'instrument. Nous avons donc accordé une attention particulière aux particularités posturales de nos sujets afin d'en tenir compte dans l'interprétation de nos résultats.

Chez une grande majorité de nos participants, nous avons noté un ancrage au sol moins stable durant les exercices en voix d'appel et en voix projetée. Plusieurs de nos sujets prenaient appui sur un pied, placé plus en avant ou se hissaient sur les pointes. Nous avons fréquemment observé, et plus particulièrement pour la voix d'appel, une extension du cou, un déplacement du haut du thorax vers l'avant ainsi qu'un enroulement des épaules. Selon Lobryau-Desnus (2016), dans le cas de la voix d'appel, le diaphragme ne peut plus réguler la pression expiratoire puisque sa mobilité est entravée par l'affaissement du thorax. C'est donc le larynx qui joue le rôle de régulateur alors même que les tensions causées par l'effort de projection vocale le limitent dans ses mouvements. Pour que l'appareil vocal puisse fonctionner dans les meilleures conditions, les notions d'équilibre et de verticalité posturale sont déterminantes (Le Huche, 2010). Durant les morceaux, l'ancrage est plus mobile et les instrumentistes changent de point d'appui. Les mouvements semblent fluides, les genoux souples et le haut du thorax est mobile ce qui permet d'utiliser au mieux les possibilités de l'appareil respiratoire pour la justesse, la stabilité du son et la libre expression musicale. Nous notons cependant que pour les morceaux plus ardu, le thorax a tendance à basculer vers l'avant ainsi que les épaules, posture qui, comme nous l'avons vu plus haut, n'est pas la meilleure pour la mobilité de l'appareil respiratoire et phonatoire puisqu'elle diminue l'amplitude thoracique et contraint l'action du diaphragme

Chez la plupart de nos instrumentistes, une tension accrue est visible au niveau du visage durant la réalisation des sirènes et des vocalises : les yeux et la tête montent vers le haut et le cou s'étire pour atteindre les aigus ce qui nuit à la souplesse et à la mobilité du larynx qui est justement recherchée lors de l'émission de fréquences élevées. A l'inverse, on observe une baisse des yeux et du menton lors de la descente des sirènes et l'émission des sons graves. Nous tenons

néanmoins à préciser que seuls quatre participants ont l'habitude de chanter en chorale et sont donc plus familiers de ce type d'exercices. Lors de l'exécution des morceaux jugés difficiles par nos sujets, nous constatons chez la plupart d'entre eux des froncements au niveau des sourcils, du front et des contractions plus importantes au niveau des joues, des lèvres et du cou.

5) Respiration en phonation

Plus de la moitié des participants présente une respiration thoracique haute. Cependant, en situation de conversation duelle, « *le souffle thoracique supérieur peut être le seul à intervenir sans que cela ne soit pathologique* » Lobryeau-Desnus (2016). La majorité des participants présente une respiration buccale. Dans le cadre d'un entretien informel en situation conversationnelle normale, respirer par la bouche permet d'obtenir rapidement une plus grande quantité, solution beaucoup plus efficace et écologique que la respiration nasale, plutôt utilisée lors de la ventilation de repos, sans phonation. En revanche, nous remarquons chez certains sujets, des inspirations bruyantes pouvant s'accompagner d'une légère montée des épaules ainsi que d'un creusement au niveau de la ceinture scapulaire. Ces différents éléments indiquent que la prise d'air n'est pas optimale puisqu'elle engendre des tensions visibles. Le mouvement d'élévation des épaules pendant l'inspiration se révèle beaucoup plus prégnant lors des exercices, notamment lors de l'émission des [a] tenus, de la voix d'appel et de la voix projetée. Néanmoins, ces exercices plus formels n'aident pas les sujets à réaliser un geste vocal naturel. Lorsque nous touchons les structures phonatoires et ventilatoires de nos sujets en situation de phonation normale (ils racontent leur journée ou parlent de leur film préféré), nous constatons une mobilisation des côtes en haut qui déplacent le sternum vers le haut et vers l'avant. Des mouvements latéraux des côtes sont également perceptibles chez certains ainsi que des mouvements au niveau du dos. De légers mouvements au niveau du diaphragme sont perceptibles chez nos sujets mais parfois de façon très ténue. Chez tous nos sujets, la respiration paraît souple en phonation, sans crispations ni blocages.

6) Respiration à l'instrument

Globalement, pendant le jeu instrumental, les structures mobilisées lors de l'inspiration phonatoire (côtes, thorax, sternum, diaphragme) restent les mêmes chez nos participants, mais les mouvements observés et sentis sont beaucoup plus importants en terme de volume. Nous notons également que les prises inspiratoires sont buccales, amples et rapides, particulièrement

lors des traits virtuoses. Nous observons chez un plus grand nombre de sujets une élévation des épaules lors de l'inspiration pendant la réalisation des morceaux. Cette respiration claviculaire n'est pas systématique et intervient plutôt lors des morceaux difficiles. Elle semble aller de pair avec une certaine tension manifestée par l'instrumentiste lors de la réalisation de traits rapides, la tenue de notes ou encore les variations de nuances. Pendant les prises inspiratoires, nous observons chez un grand nombre de nos participants un creux se former au niveau de la base du cou entre les deux extrémités sternales de la ceinture scapulaire, au-dessus du manubrium sternal.

La principale différence entre la respiration phonatoire et la respiration à l'instrument réside dans l'expiration, qui mobilise de façon importante les muscles expirateurs et le diaphragme. Nous constatons chez tous les musiciens des contractions au niveau du diaphragme et de la sangle abdominale particulièrement au niveau des obliques et des grands droits qui se contractent et se relâchent. Au toucher, nous sentons un durcissement de ses muscles notamment pour les notes tenues, puisque les muscles expirateurs permettent de maintenir les sons de façon stable et à la hauteur voulue en gérant l'écoulement de l'air de façon extrêmement fine et précise. Dans les passages plus rapides, nécessitant des notes détachées, les muscles se contractent par de petits mouvements répétés. Ils paraissent plus durs et fermes et traduisent le travail imposé à l'air expiratoire (Amy de la Bretèque, 2000).

Nous avons noté également chez tous les instrumentistes des mouvements perceptibles au niveau du larynx (montée, descente, gonflement ou rétrécissement) qui permettent l'adaptation de la pression buccale et de la vitesse d'écoulement de l'air. Le larynx intervient ici en tant qu'accélérateur de l'air (Amy de la Bretèque, 2000).

Nous tenons à préciser que les différentes mobilisations musculaires et laryngées étaient plus facilement perceptibles durant les morceaux jugés difficiles par les musiciens. Ils étaient en effet souvent plus techniques et demandaient donc un contrôle plus important des structures ventilatoires.

II. ANALYSE OBJECTIVE

1) Temps maximum phonatoire (TMP)

a) Résultats des six essais du TMP

Le TMP est donné par le meilleur résultat des trois essais, il est indiqué en rouge dans le tableau.

Sujets	a1	a2	a3	Ecart-type	a4	a5	a6	Ecart-type
FN	7	9	9	1,15	10	9	10	0,58
MT	20	23	24	2,08	19	21	25	3,06
CN	11	14	13	1,53	10	9	9	0,58
MU	10	6	7	2,08	18	14	17	2,08
TM	17	19	20	1,53	15	17	18	1,53
DF	18	20	22	2,00	16	17	19	1,53
NQ	26	22	27	2,65	27	25	29	2,00
MC	10	12	8	2,00	10	15	14	2,65
SE	12	11	13	1,00	11	11	10	0,58
BM	13	11	12	1,00	10	10	12	1,15
NS	11	12	12	0,58	14	12	11	1,53
PH	19	16	18	1,53	18	18	19	0,58
FK	23	22	22	0,58	23	21	22	1,00
WN	18	19	19	0,58	23	31	31	4,62
TD	22	20	22	1,15	27	21	NR	4,24
BK	19	19	20	0,58	13	18	17	2,65
FV	17	20	15	2,52	9	7	10	1,53
NH	13	20	19	3,79	39	41	43	2
NU	23	22	22	0,58	17	19	19	1,15

Tableau 4 : Temps maximum phonatoire

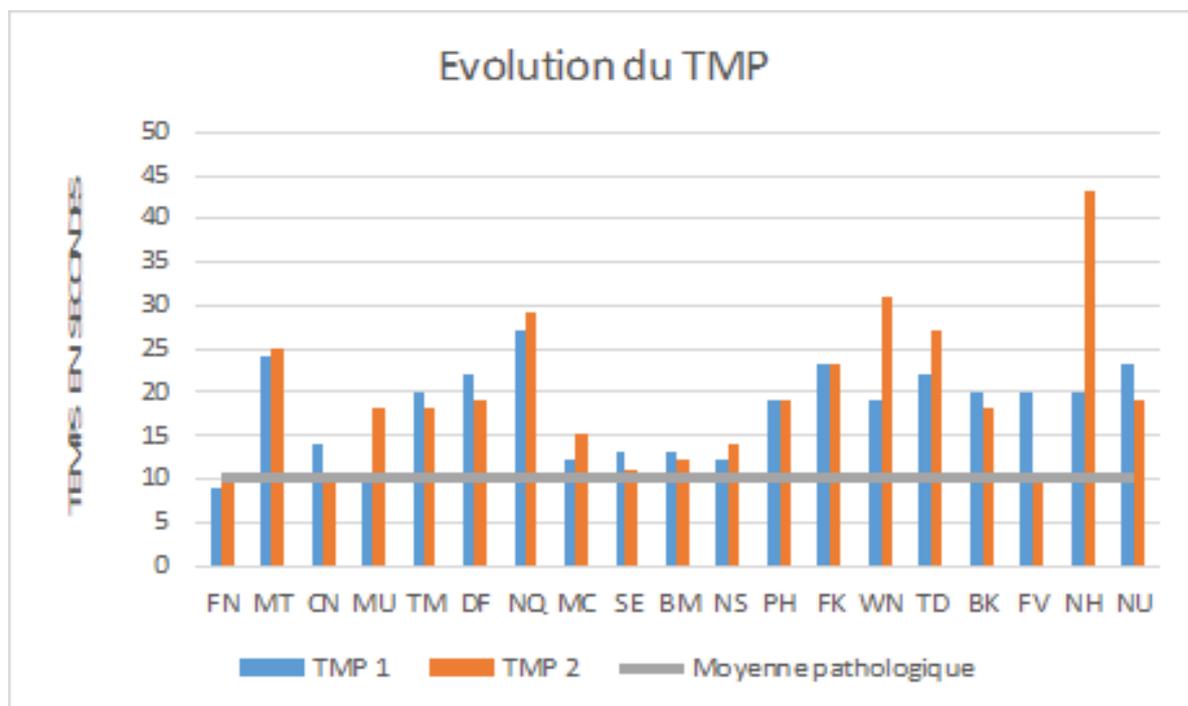
Considérant que la moyenne du TMP pour les hommes est de 25 secondes, tous les hommes sont sous la moyenne au premier essai. Au deuxième essai, quatre d'entre eux obtiennent de nouveau des scores inférieurs à la moyenne ce qui pourrait laisser penser que la pratique de l'instrument n'a pas été bénéfique sur la durée de leur émission. Pour NH en revanche, nous notons une amélioration significative du TMP au deuxième essai ; nous supposons que le fait de jouer lui a sans doute permis d'allonger d'environ vingt secondes la durée de ses [a].

Considérant que la moyenne du TMP pour les femmes est de 15 secondes, SE, MU, CN, MC, NS et FN obtiennent des résultats sous la moyenne pour le premier essai. Au deuxième essai,

quatre d'entre elles SE, CN, NS et FN restent sous la moyenne : la pratique instrumentale ne semble pas améliorer chez elles la durée du temps maximum phonatoire.

Certaines personnes sont irrégulières dans leur production, ce qui est montré par la valeur élevée de l'écart-type (supérieur à 2). Il correspond à un écart maximum de temps entre les différents essais d'un même individu de quatre secondes au moins. FN présente un temps maximum phonatoire pathologique (égal ou inférieur à dix secondes) pour les deux essais.

b) Evolution du temps maximum phonatoire



Graphique 1 : Evolution du TMP

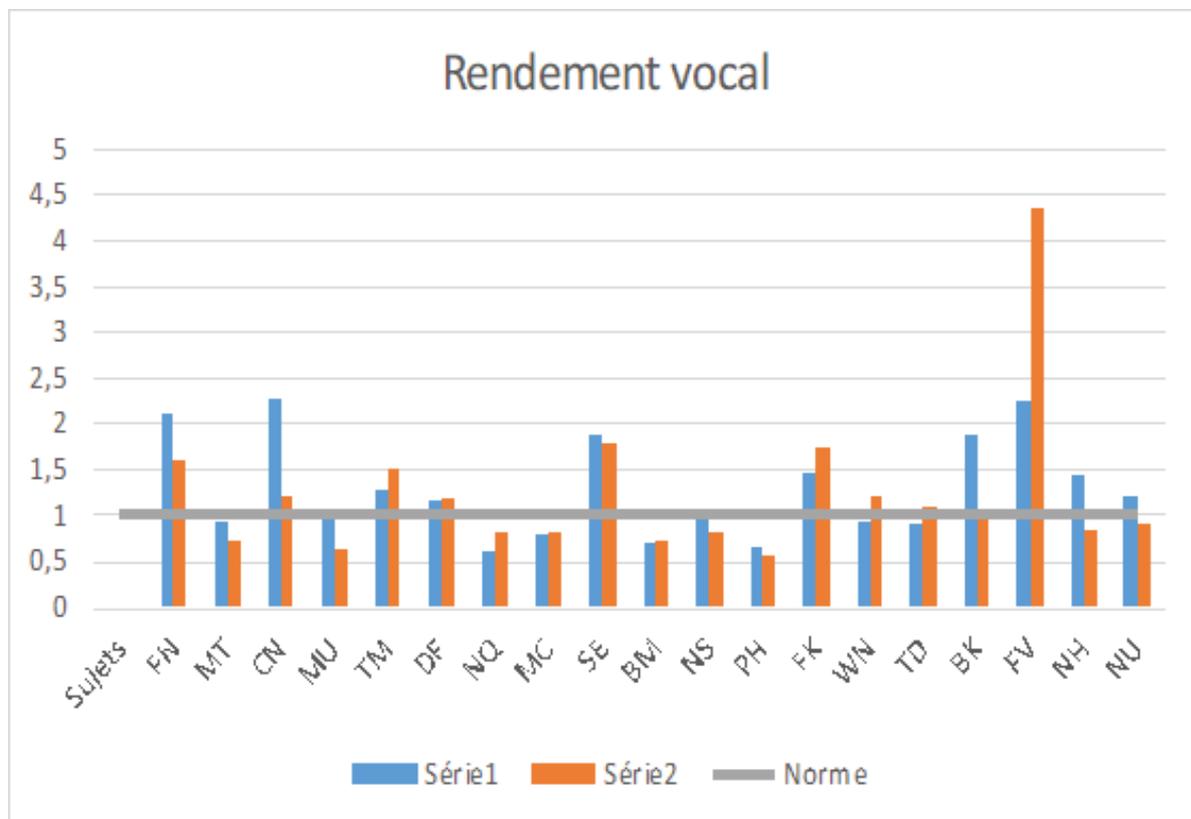
Le graphique permet de constater que huit sujets ont un TMP moins bon à l'essai 2 et parmi eux, CN et FV présentent un TMP pathologique (égal à 10 secondes). Ces résultats pourraient confirmer l'impact de la pratique instrumentale sur la phonation, en engendrant une fatigue respiratoire et musculaire, nuisant au bon fonctionnement vocal. A l'inverse, pour neuf sujets la pratique instrumentale semble améliorer la capacité à tenir la phonation. Il est difficile de trouver des corrélations pouvant expliquer de façon claire les résultats de ces deux groupes et les conséquences de la pratique instrumentale sont donc difficiles à établir. Néanmoins, nous observons qu'une majorité des sujets ayant un moins bon TMP au deuxième essai présente des particularités posturales en phonation telles qu'une élévation des épaules, une asymétrie

posturale, une extension du cou et un creusement de la base du cou lors de l'inspiration phonatoire. Nous supposons donc que le jeu à l'instrument a exacerbé ces tensions en engendrant une fatigue musculaire chez les musiciens. Cette fatigue serait à l'origine de leurs résultats moins bons.

Deux sujets ont un TMP équivalent pour chaque essai, la pratique ne semble pas influencer positivement ou négativement la capacité à tenir la phonation.

Il nous semble intéressant de préciser que CN, DF, SE, BK et NU ont trouvé leur voix de meilleure qualité au deuxième essai. Effectivement, malgré une baisse du temps maximum phonatoire, nous constatons aussi de notre côté que les voix sont plus soutenues et mieux timbrées. Ces observations ont également été confirmées lors du traitement des données sous Praat. Nous supposons que le jeu à l'instrument a permis à ces sujets de mieux gérer les pressions d'air trans-glottique et les pressions d'accolement des cordes vocales, entraînant de ce fait un meilleur équilibre du geste vocal.

2) Rendement vocal

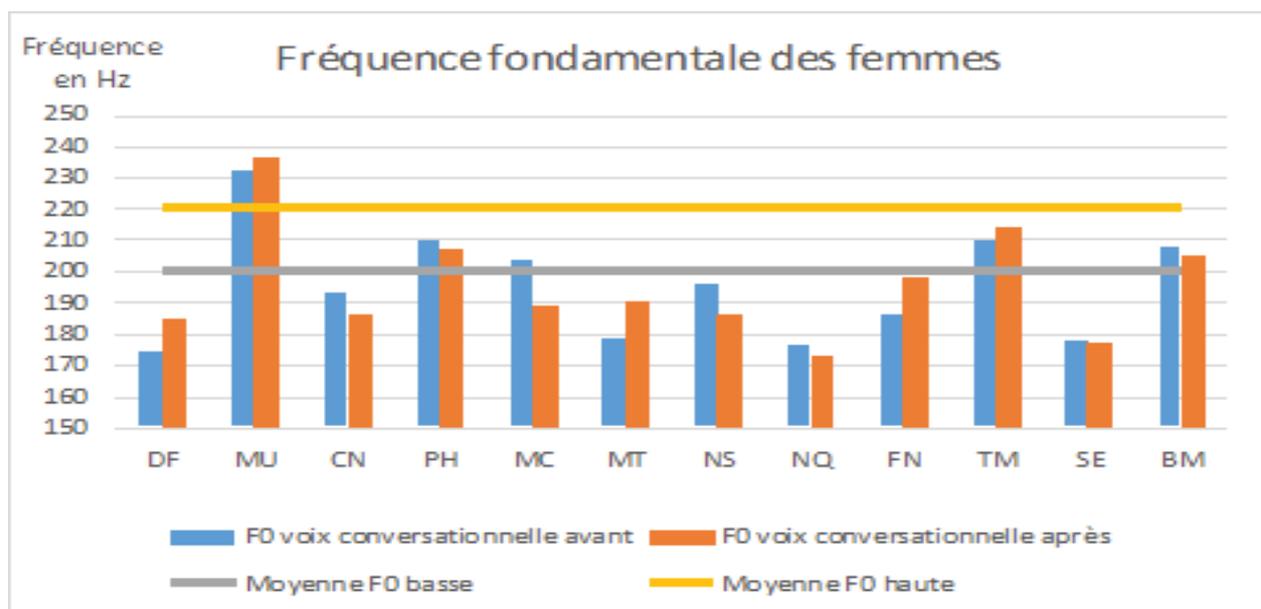


Graphique 2 : Evolution du rendement vocal

Le calcul de la différence entre l'émission d'un [s] et d'un [z] tenu montre que sept participants présentent un rendement vocal supérieur à 1 lors des deux essais proposés. Pour cinq d'entre eux, la différence avec la norme est importante et les valeurs s'approchent de 2. Chez FN, SE, FK, et FV les valeurs des deux essais sont supérieures à 1.4, ce qui pourrait indiquer la présence d'un dysfonctionnement laryngé sans que celui-ci ne soit dû à la pratique instrumentale. D'ailleurs, le rapport tend à se rapprocher de 1 au deuxième essai, ce qui pourrait laisser supposer que le jeu à l'instrument, en échauffant les structures laryngées, entraîne une vibration plus souple et efficace des cordes vocales. Dix participants sur les dix-neuf ont un rendement vocal plus efficace lors du deuxième essai. Au vu de notre échantillon restreint et de la variabilité des résultats, il est difficile d'établir un impact significatif de la pratique instrumentale sur le rendement vocal.

3) Fréquence fondamentale

a) *Fréquence fondamentale en phonation chez les femmes*



Graphique 3 : F0 chez les femmes en phonation

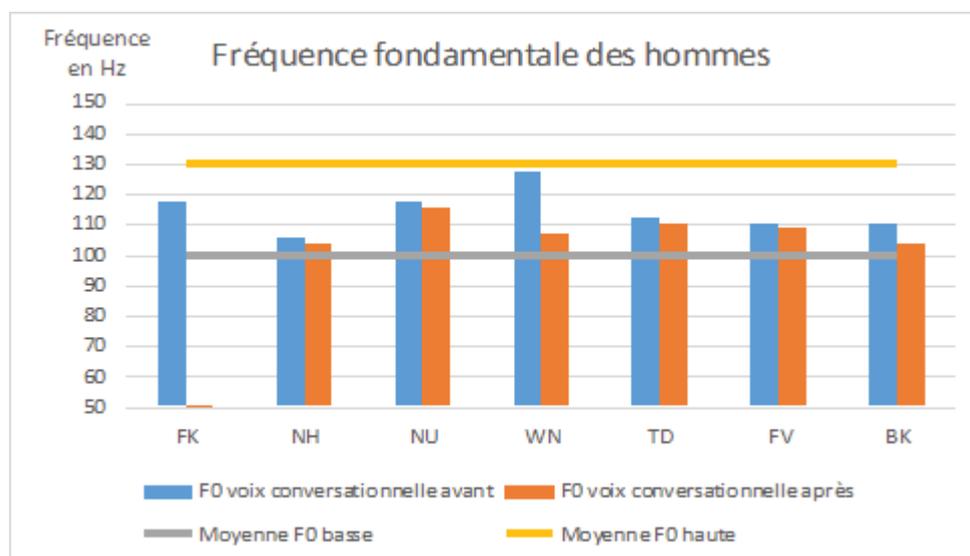
On observe chez la majorité des instrumentistes une fréquence fondamentale relativement grave. Cinq d'entre elles sont nettement en dessous de la moyenne basse. Une des cinq participantes, MQ nous a signalé une consommation de tabac importante, arrêtée depuis trois semaines lors du bilan. L'étude de Gonzalez et Carpi (2004) démontre que la consommation de

tabac entraîne une aggravation de la fréquence fondamentale. Nous pensons donc que la fréquence fondamentale basse de MQ serait due plutôt à la consommation de tabac qu'à la pratique de l'instrument. En revanche, aucune des autres femmes n'est fumeuse, ce qui pourrait laisser penser que la pratique d'un instrument à vent peut potentiellement être un facteur d'aggravation de la fréquence fondamentale.

La moitié de nos sujets présente une hausse de la fréquence fondamentale après avoir joué, l'autre moitié présente une baisse de la fréquence fondamentale. Cependant, les écarts observés entre le premier et le deuxième essai sont de l'ordre d'une dizaine de hertz et ne nous semblent pas significatifs pour déduire, lors du bilan, l'influence du jeu instrumental sur l'aggravation ou l'augmentation de la fréquence fondamentale.

A l'exception de PH, toutes nos participantes ont commencé la pratique de l'instrument à vent durant l'enfance ou l'adolescence, moment où les hormones et la croissance impactent les structures phonatoires. Il nous semble plausible d'émettre l'hypothèse que le fait de jouer un instrument à vent depuis l'enfance, pourrait avoir un effet sur l'aggravation de la fréquence fondamentale en impactant notamment la vitesse des cycles vibratoires des cordes.¹¹

b) *Fréquence fondamentale en phonation chez les hommes*



Graphique 4 : F0 chez les hommes en phonation

¹¹ Signalons cependant que beaucoup d'autres facteurs entrent en compte et peuvent influencer sur le timbre de la voix, notamment les caractéristiques vocales des proches, des problèmes ORL, des allergies à répétition.

(Nous n'avons pas pu renseigner la fréquence fondamentale de FK au deuxième essai).

Les fréquences fondamentales des hommes se situent dans la moyenne et les variations de fréquence entre le premier et le deuxième essai sont légères sauf pour WN qui présente un écart important de 20 hertz. Nous tenons cependant à préciser que WN, lors du bilan, sortait d'une journée complète de répétition. Il nous a dit être fatigué durant le bilan, ressentant particulièrement cette fatigue après avoir joué ses morceaux. Nous pensons que cette baisse importante est à mettre en lien avec une fatigue musculaire engendrée par toute une journée de pratique instrumentale, ce qui pourrait laisser supposer que le jeu à l'instrument peut être un facteur d'aggravation de la fréquence fondamentale. Plus exactement, nous nous demandons si l'intensité de la pratique instrumentale aurait pu engendrer la fatigue vocale ressentie par WN et si cette fatigue serait susceptible de provoquer la baisse de la fréquence fondamentale.

4) Analyse subjective

Tout au long de notre bilan, nous avons prêté attention aux caractéristiques vocales de nos participants puisque « *la perception auditive est la modalité première, la plus accessible pour évaluer la qualité vocale.* » (Ghio, A, 2012). Aucun de nos sujets n'a de plainte vocale. Nous avons noté plus particulièrement des éléments du timbre de certains sujets qui nous ont paru atypiques et pouvant potentiellement être des marqueurs de forçage vocal. Pour plus de fiabilité, nous avons fait écouter nos enregistrements à une orthophoniste ayant, en plus de sa formation initiale, suivi des formations professionnelles complémentaires en voix et nous sommes tombés d'accord sur les particularités du timbre de trois participants. En complément de l'analyse subjective, nous avons choisi de traiter nos données vocales à l'aide du logiciel Praat. Les résultats de tous les participants sont présentés en annexe (Annexe III) mais nous nous proposons de développer plus spécifiquement dans une troisième partie, les résultats obtenus par ces trois sujets.

III. ANALYSE SPÉCIFIQUE DES RÉSULTATS DE TROIS SUJETS

1) CN, dix-huit ans, clarinettiste

a) *Éléments d'anamnèse*

CN pratique la clarinette depuis dix ans à raison de deux à trois répétitions d'orchestre par semaine, plus une pratique personnelle de trois quarts d'heure hebdomadaires. Elle est assez réservée et parle peu. Elle nous indique que depuis qu'elle travaille avec des personnes âgées, elle se rend compte qu'on ne l'entend pas toujours très bien et elle doit régulièrement se répéter. Elle ne signale pas de problèmes de fatigue vocale.

Au niveau des antécédents médicaux, nous notons la présence d'une scoliose. CN a bénéficié d'un suivi orthophonique pendant trois ans, car une asymétrie de sa mâchoire, entraînait des douleurs cervicales. Elle doit porter une gouttière la nuit pour éviter un serrage dentaire. CN éprouve sporadiquement des douleurs aux cervicales sans savoir exactement ce qui peut les provoquer.

b) *Geste vocal*

Lors de l'entretien, CN se tient droite et ne présente pas d'élévation des épaules. En revanche, en situation de voix projetée, nous notons un ancrage pas toujours très stable. Lors de l'émission des [a] du temps maximum phonatoire, une raideur s'installe au niveau du thorax et les épaules montent lors de la prise inspiratoire. Pendant l'interprétation des morceaux à l'instrument, nous notons un appui plus prononcé au niveau de la jambe droite, le haut du corps est mobile et les genoux déverrouillés. Le geste vocal de CN nous semble adapté lors de la voix conversationnelle mais beaucoup plus rigide en voix projetée où des tensions sont perceptibles.

c) *Respiration*

CN présente une respiration buccale, avec de petites prises d'air rapides. Nous sentons de légers mouvements au niveau du diaphragme et les côtes s'élèvent sans entraîner les épaules. Durant l'exercice de voix projetée, les inspirations sont sonores et le haut du thorax est mobilisé. A l'instrument, les respirations sont plus profondes et les mouvements perçus durant la phonation sont plus amples.

d) *Analyse objective*

La voix est globalement peu timbrée, pauvre en harmoniques et la projection vocale est peu efficace. Nous notons des attaques soufflées, particulièrement durant la lecture du texte en voix projetée et la voix est également très soufflée lors des vocalises.

- ➔ **TMP** : 14 et 10 secondes. Le résultat obtenu lors du deuxième essai au TMP est pathologique.
- ➔ **Rendement vocal** : 2.28 et 1.23. Le rendement vocal s'améliore nettement au deuxième essai en se rapprochant significativement de 1.
- ➔ **F0 en phonation** : 193 Hz et 186 Hz. La fréquence fondamentale est légèrement plus basse au deuxième essai.

Sujet	Jitter 1	Jitter 2	Shimmer 1	Shimmer 2	HNR 1	HNR 2
CN	0.476	0.268	4.026	3.132	18.316	17.136

Tableau 5 : Valeurs des mesures objectives pour CN

Le temps maximum phonatoire diminue au deuxième essai mais les [a] sont de meilleure qualité ; l'attaque est moins soufflée et le son plus timbré, ce que confirme le shimmer. Cette observation est corrélée par le score du rendement vocal qui est bien meilleur à l'essai deux. Nous supposons que chez CN, la pratique de l'instrument durant le bilan a eu des effets bénéfiques sur la qualité de la voix, pourtant, celle-ci nous indique s'être sentie essoufflée après avoir joué et trouve sa voix plus grave.

Globalement, nous notons que la pratique instrumentale lors du bilan a des effets positifs sur la qualité de la voix de CN. Néanmoins, l'essoufflement ressenti par le sujet nous interpelle. La partie à l'instrument ayant duré environ dix minutes, nous nous demandons quels retentissements vocaux se seraient manifestés après une pratique de trente minutes.

2) SE trente et un an, flûtiste

a) *Éléments d'anamnèse*

SE a commencé la flûte à huit ans. Elle prend des cours une fois par semaine et joue dans un orchestre d'harmonie. Elle pratique environ deux fois par semaine en plus des cours et de l'orchestre. SN trouve sa voix peu efficace et fatigable en situation de bruit. Elle ne ressent pas de fatigue au travail car elle est en situation d'entretien duel ; elle va plutôt moduler sa voix qu'en augmenter l'intensité. Elle nous indique éprouver de grandes difficultés à parler devant une assemblée. Pour ce qui est des antécédents médicaux, SE est régulièrement sujette aux angines et est globalement fragile de la gorge selon ses termes. Elle souffre également d'un asthme d'effort¹². Depuis un accident de voiture, SE éprouve de temps en temps des maux de dos au niveau de la région lombaire. Elle s'est également luxé l'épaule droite à plusieurs reprises. La participante nous indique que depuis quelques temps, elle a tendance à serrer les dents lorsqu'elle est énervée ou anxieuse. Elle a régulièrement besoin de se racler la gorge, particulièrement le matin et le soir.

b) *Geste vocal*

Au niveau du geste vocal, nous remarquons que SE a tendance à pencher légèrement l'épaule vers son épaule gauche tandis que l'épaule droite est relevée. Nous pensons que cette élévation est due aux luxations répétées de l'épaule droite. Durant tout l'entretien, nous constatons que SE est affaissée et recroquevillée sur sa chaise (un genou relevé avec les bras passés autour). Nous ne notons pas d'élévation des épaules ni de levée thoracique. Lors de l'exercice de voix projeté, des crispations sont visibles au niveau du regard et du thorax. Durant l'interprétation des morceaux, l'ancrage nous semble bon, le haut du corps est mobile et les genoux souples (les genoux se plient durant l'émission des notes aiguës).

c) *Respiration*

Du fait de la position de SE durant l'entretien, nous ne pouvons voir de mobilisations au niveau du ventre et du diaphragme, mais nous notons une légère élévation des épaules et des prises inspiratoires hautes. Nous ne retrouvons pas ces éléments pendant le jeu instrumental ; la respiration mobilise aussi bien les côtes (vers le haut et sur les côtés) que le diaphragme et nous sentons le ventre se gonfler légèrement, néanmoins les mouvements ne sont pas très amples.

¹² *Constriction des bronches pendant et après un effort.*

Nous avons eu l'impression que SE n'était pas très à l'aise en début d'entretien et qu'elle s'est détendue progressivement ce qui s'est traduit par ce que nous avons observé au niveau de la respiration.

d) *Analyse objective*

- **TMP** :13 et 11 secondes. Les résultats au TMP sont sous la moyenne attendue et le deuxième essai se rapproche de la limite normale / pathologique.
- **Rendement vocal** : 1.83 et 1.78. Les rendements vocaux obtenus sont supérieurs à 1.4, ce qui pourrait indiquer la présence d'une pathologie vocale.
- **F0 en phonation** : 178 Hz et 177 Hz. La fréquence fondamentale est particulièrement grave pour une femme.

Sujet	Jitter 1	Jitter 2	Shimmer 1	Shimmer 2	HNR 1	HNR 2
SE	0.414	0.091	3.927	2.204	14.762	25.303

Tableau 6 : Valeurs des mesures objectives pour SE

La voix de SE paraît serrée, instable et parfois éraillée (R1 sur l'échelle GRBAS d'Hirano (1981)). La voix projetée est peu efficace et provoque des tensions. Nous notons des attaques en coup de glotte sur les [a] lors du premier essai du temps maximum phonatoire. Les attaques sont plus douces lors du deuxième essai et le timbre est beaucoup plus net. SE trouve d'ailleurs que sa voix est plus soutenue après avoir joué, qu'elle est moins serrée et retenue. Ce que nous avons entendu toutes les deux par rapport à la qualité de sa voix est confirmé par les résultats obtenus sur Praat (shimmer et HNR à l'essai 1). Nous supposons que le léger érailement et l'instabilité vocale sont en grande partie causés par une fréquence fondamentale trop basse par rapport à ce qu'elle devrait être. Cette voix grave pourrait être due à une fragilité des muqueuses, causée par les infections ORL fréquentes mais également à l'asthme. Néanmoins, la voix est plus stable, mieux timbrée et l'érailement n'est plus audible après le jeu instrumental.

Nous remarquons que la qualité vocale de la participante s'est améliorée après qu'elle a joué. Néanmoins, certains de ses scores sont susceptibles d'indiquer la présence d'un dysfonctionnement vocal ancien qui ne semble pas gêner SE.

3) FV, cinquante ans, trompettiste

a) *Éléments d'anamnèse*

FV est professeur de trompette et musicien jazz et musique actuelle. Il a commencé la trompette à douze ans sans faire le conservatoire. Il s'est réorienté en 2012 et a donc suivi un cursus en école de musique pour se perfectionner. Durant cette période, il jouait énormément pour préparer son diplôme, parfois trop, ce qu'il ressentait physiquement. Actuellement il a une pratique personnelle d'au moins trois heures par jour en plus des cours qu'il donne. FV souffre régulièrement de rhinites et plus particulièrement en période d'allergies (il ne prend aucun traitement pour ses allergies). Il a eu une consommation de tabac importante arrêtée depuis un an.

b) *Geste vocal*

En phonation, nous notons une avancée du buste et une extension du cou vers l'avant avec une montée des épaules à l'inspiration. Ces éléments sont encore plus prégnants durant la voix d'appel avec des tensions visibles au niveau du cou (jugulaires saillantes et tension des muscles sterno-cléido-mastoïdien). En voix projetée, le haut du corps se projette vers l'avant avec un appui sur le pied droit positionné en avant du pied gauche. La voix projetée nous semble peu efficace : l'intensité est moyenne et baisse au fur et à mesure de la lecture et nous observons un léger essoufflement en fin d'épreuve. Dans le jeu à l'instrument, la posture semble adaptée avec un appui symétrique sur les deux pieds, les genoux déverrouillés, le buste droit et souple. Cependant, durant l'exécution du morceau difficile, la posture se déséquilibre avec un appui plutôt sur la pointe des pieds, le haut du corps s'enroule vers l'avant et nous percevons des tensions au niveau du cou.

c) *Respiration*

FV présente une respiration thoracique haute en phonation, elle est très marquée lors de la réalisation du temps maximum phonatoire et s'accompagne d'une montée des épaules lors de l'inspiration ainsi que d'une rigidité en haut du thorax. Dans le morceau facile, la respiration thoracique reste la plus sollicitée, avec très peu de mouvement au niveau du diaphragme. En revanche, lors du morceau difficile, nous sentons nettement des contractions au niveau du diaphragme, ainsi qu'une mobilisation du dos.

d) *Analyse objective*

- ➔ **TMP** : 20 et 10 secondes. Le TMP baisse significativement entre les deux essais, avec un deuxième score pathologique.
- ➔ **Rendement vocal** : 2.3 et 4.4. Le rendement vocal est très supérieur à 1.4 pour les deux essais et il augmente significativement, signalant un dysfonctionnement vocal audible.
- ➔ **F0 en phonation** : 110 Hz et 109 Hz. La fréquence fondamentale reste stable et dans la moyenne attendue pour un homme.

Sujet	Jitter 1	Jitter 2	Shimmer 1	Shimmer 2	HNR 1	HNR 2
FV	0.373	2.501	5.207	6.166	14.806	12.0817

Tableau 7 : Valeurs des mesures objectives pour FV

La voix de FV en phonation est soufflée, nous la cotons B1 sur l'échelle GRBAS d'Hirano (1981). Cette constatation est corrélée avec les résultats obtenus sur Praat qui indique des shimmer au-dessus du score normal. De la même façon, le rapport harmonique / bruit est fortement chuté. Un léger érailement est audible lors du deuxième essai (Jitter 2.501). Au-delà de ces scores, les résultats au TMP et au rendement vocal sont nettement moins bons lors du deuxième essai. Les attaques des [a] sont très soufflées et le temps d'émission est significativement réduit. Bien que gardant à l'esprit la consommation importante de tabac du sujet arrêtée depuis un an, nous pouvons supposer au vu de ces différents résultats que pendant ce bilan, la pratique instrumentale a favorisé la baisse de la qualité vocale. FV vient confirmer cette hypothèse en indiquant qu'il remarque bien une différence dans sa voix après avoir joué qu'il trouve semblable à sa voix au réveil. Nous nous demandons également, si ces résultats ne sont pas à mettre en relation avec la pratique essentiellement jazz du sujet. En effet, les techniques¹³ propres à ce style de musique sont très différentes de celles de la musique classique et pourraient impacter davantage les structures phonatoires.

¹³ Nous pensons par exemple au lip trilling (littéralement trille des lèvres), à la recherche de saturation du son, aux notes fantômes et au growl (effet de grognement) entre autres.

Nous observons que les résultats obtenus par FV sont moins bons après qu'il a interprété ses morceaux, ce qui indiquerait une influence négative de la pratique de l'instrument sur la voix. Nous tenons à ajouter que FV a joué une vingtaine de minutes, soit le double du temps de jeu des autres participants. Nous nous demandons si la durée de la pratique de l'instrument pourrait être un facteur influant sur la fatigue vocale et donc sur la qualité de voix.

DISCUSSION

L'objectif de cette étude était d'observer les conséquences de la pratique d'un instrument à vent sur la voix parlée. Dans ce but, nous avons retenu des critères subjectifs (observation et écoute) et objectifs (mesure du TMP, du rendement vocal, de la fréquence fondamentale et analyse de paramètres acoustiques avec le logiciel Praat) d'analyse de la voix et de la respiration.

I. HYPOTHÈSE UN

Nous avons choisi de faire passer un bilan vocal à une population d'instrumentistes à vent afin de déterminer si ces musiciens seraient plus susceptibles de souffrir de troubles vocaux que la moyenne¹⁴. Afin de déterminer si la pratique d'un instrument à vent serait un facteur favorisant l'apparition d'un forçage vocal ou entretenant un forçage préexistant, nous avons observé la respiration, la posture et nous avons complété ces observations visuelles par des observations tactiles manuelles notamment au niveau du ventre, du dos et du larynx.

1) La pratique d'un instrument à vent : facteur favorisant du forçage vocal ?

Nous avons émis l'hypothèse que la pratique d'un instrument à vent serait un facteur favorisant l'apparition d'un forçage vocal.

a) *Remarques sur la respiration*

Une mauvaise gestion de la respiration peut favoriser l'apparition d'un forçage vocal. Du fait des grands volumes d'air et de la pression buccale que doivent gérer les musiciens, nous avons supposé qu'ils pourraient avoir des difficultés à diminuer et moduler les volumes d'air plus restreints nécessaires à la phonation. En effet, en situation de conversation à faible intensité telle que réalisée durant le bilan, la pression sous-glottique et les volumes d'air mobilisés pour la phonation restent relativement faibles. Nous avons observé dans la production des [a] lors de l'épreuve du temps maximum phonatoire, des attaques en coup de glotte chez un nombre important de nos sujets. Les coups de glotte sont produits lorsque les bandes ventriculaires participent à la mise en adduction des cordes vocales pour pallier le manque de contrôle de la

¹⁴ Nous déplorons de n'avoir pas pu constituer de groupe témoins, ce qui nous aurait permis de comparer nos observations et d'analyser nos résultats de manière plus fine et précise.

pression expiratoire. La fermeture de la glotte va précéder la poussée expiratoire et déclencher une attaque dure (Scotto di Carlo, 2007). Nous supposons que ces attaques sont dues à une pression expiratoire trop puissante qui va engendrer une mise en accolement brutal des cordes vocales. Il est possible que les instrumentistes à vent puissent avoir des difficultés à gérer leur pression expiratoire en phonation alors même qu'ils sont experts à gérer cette pression dans le jeu à l'instrument. Néanmoins, en l'absence de groupe contrôle, nous ne pouvons confirmer cette hypothèse.

De façon plus générale, nous avons remarqué que pour les prises inspiratoires, nos sujets mobilisaient les mêmes structures ventilatoires en phonation et à l'instrument (plutôt thoraciques pour certains, plutôt abdominales pour d'autres). Ce qui changeait lors du passage de jeu à l'instrument était l'amplitude plus importante et la durée des mouvements plus longue réalisés par ces structures. En revanche, du point de vue de l'expiration, l'utilisation du diaphragme et des muscles expirateurs (grands droits, abdominaux) était beaucoup plus prégnante afin de gérer la production des notes et des phrases musicales parfois longues. Lors de la phase expiratoire phonatoire, nous n'avons observé que des mouvements de faible amplitude au niveau du diaphragme et pas de mobilisation ou une mobilisation extrêmement ténue des muscles expirateurs. En situation d'exercice, pour l'exécution du temps maximum phonatoire notamment, nous avons remarqué que les prises inspiratoires étaient amples alors que la phase expiratoire mettait très peu en jeu les muscles expirateurs, ce qui pourrait expliquer notamment les faibles durées du temps maximum phonatoire et les attaques en coup de glotte. Nous faisons le même constat lors des exercices en voix d'appel et en voix projetée qui se révèlent peu efficaces chez une majorité de nos sujets : l'intensité de la voix diminue au fur et à mesure de la lecture et quelques sujets présentent un léger essoufflement à la fin de l'exercice. Plus de la moitié des participants indiquent lors de l'anamnèse qu'ils ont du mal à se faire entendre en situation de bruit et qu'ils se fatiguent extrêmement vite vocalement. Nous pensons que lors de ces situations, nos sujets réussissent à mobiliser de grands volumes d'air à l'inspiration sans parvenir à gérer la phase expiratoire permettant de donner à la voix son efficacité. Nous imaginons qu'en cas d'utilisation plus régulière de voix projetée, nos sujets seraient susceptibles de développer un forçage vocal, notamment car la gestion de l'expiration phonatoire n'est pas optimale.

b) Impacts posturaux

Une des caractéristiques du forçage vocal se traduit par l'apparition d'un comportement postural délétère au bon fonctionnement vocal. Nous supposons que la posture induite par l'instrument pourrait engendrer de façon plus ou moins rapide des tensions au niveau des épaules, des cervicales et du cou, ce qui aurait une répercussion sur la posture en phonation. Nous tenons à préciser que chaque instrument requiert une adaptation posturale qui lui est propre (on ne se tient pas de la même manière lorsque l'on joue de la flûte ou lorsque l'on joue de la trompette), et plusieurs travaux se sont penchés sur l'étude de la posture chez les instrumentistes à vent (Cousin, 2009 et Puech Rouquier, 2009). Nous pensons cependant qu'il serait intéressant d'étudier de façon plus exhaustive l'incidence de la posture adoptée à l'instrument sur la posture en phonation. Plusieurs musiciens ont indiqué ressentir des tensions après avoir joué un certain temps de leur instrument. Certains d'entre eux nous ont également indiqué qu'ils cessaient de jouer dès qu'ils ressentaient une gêne ou une tension. Nous avons également observé chez plusieurs sujets une posture quelque peu asymétrique en phonation, ne venant pas impacter la voix conversationnelle mais plutôt la voix projetée et la voix d'appel. Nous pensons donc que la pratique d'un instrument à vent peut avoir un impact sur la posture et retentir directement sur la phonation.

Bien que ces différents éléments semblent confirmer l'hypothèse que la pratique d'un instrument à vent pourrait favoriser l'apparition d'un forçage vocal, il nous est difficile de généraliser ces observations compte tenu du faible nombre de nos participants et de l'absence d'un groupe témoin. Les études que nous avons pu trouver sur les populations à risque de développer des troubles de la voix concernent pour une grande part la population américaine (Williams, 2003) ou se concentrent plus particulièrement sur certaines professions comme l'enseignement (INSERM, 2006) ou la profession de guide conférencier (Sanssené, 2018) et nous pensons qu'il serait intéressant d'envisager une étude de grande ampleur sur la prévalence des troubles de la voix chez les instrumentistes à vent.

2) La pratique d'un instrument à vent et ses conséquences sur le timbre de la voix

Nous avons émis l'hypothèse que les personnes pratiquant un instrument à vent de manière soutenue sont affectées par des altérations et des modifications du timbre. Pour y répondre, nous nous sommes intéressés à l'utilisation des résonateurs durant le jeu à l'instrument et à l'analyse subjective et objective des voix de nos sujets.

Durant le jeu à l'instrument, les articulateurs sont particulièrement sollicités afin d'adapter la taille mais aussi la forme des résonateurs. Nous avons observé une grande mobilité des articulateurs durant le jeu chez nos instrumentistes pour gérer les pressions et produire les sons. La mandibule est mobile, et s'abaisse pour agrandir la cavité buccale, cet abaissement provoque également une descente laryngée agrandissant la cavité du pharynx. La langue est également fortement sollicitée dans l'articulation pour produire notamment les notes piquées et le phrasé voulu. Sa position plus ou moins avancée ou reculée a une influence sur la taille du résonateur pharyngé. Le larynx, en s'élevant et s'abaissant, permet lui aussi de modifier la taille du résonateur pharyngé. De la même manière, les lèvres plus ou moins souples ou tendues, étirées ou projetées vont permettre de moduler la hauteur et l'intensité du son à l'instrument. Ainsi, nous émettons l'hypothèse que la pratique d'un instrument à vent pourrait modifier le timbre de la voix du fait de la sollicitation particulièrement importante des articulateurs dans le jeu à l'instrument. Nous nous fondons également sur le fait que le timbre de certains de nos sujets nous a interpellée. Nous avons, notamment chez les femmes, perçu des timbres riches en harmonique graves. Pour une de nos instrumentistes, nous pensons que la base de langue durant la phonation était très basse et en arrière, donnant un timbre très particulier en phonation : les [a] du temps maximum phonatoire sonnaient parfois presque comme des [o]. Chez une autre, l'orthophoniste à qui nous avons fait écouter nos extraits sonores se demandait si elle entendait une voix d'homme ou une voix de femme. Nous supposons, au vu de ces différents éléments, qu'il serait possible que la pratique d'un instrument à vent puisse modifier la structure et l'utilisation des résonateurs et avoir des répercussions sur le timbre phonatoire. Nous nous questionnons également sur l'impact de l'apprentissage d'un instrument à vent chez les enfants. En effet, c'est en période de croissance que les organes vocaux et les résonateurs se développent (allongement du tractus vocal et agrandissement des cavités pharyngées, laryngées et buccales). Il serait intéressant d'étudier quel impact peut avoir la pratique d'un instrument à vent sur le développement et l'utilisation des résonateurs chez l'enfant en comparant avec un groupe témoin ne pratiquant pas d'instrument à vent.

Concernant l'hypothèse de l'altération du timbre, nous avons, en plus de l'écoute subjective des voix, étudié des paramètres tels que le jitter, le shimmer et le rapport harmonique/bruit (*mean harmonics to noise ratio*) des voix de nos sujets à l'aide du logiciel Praat. Nous n'avons pas remarqué, à quelques exceptions près, d'altération du timbre après l'interprétation des morceaux. Cependant, chez nos sujets présentant des résultats inférieurs à la moyenne

attendue¹⁵ (léger érailement ou présence de souffle), la pratique instrumentale a amélioré leurs résultats. Ces résultats ne sont pas significatifs mais nous envisageons que la pratique d'un instrument à vent pourrait avoir un impact positif sur la voix en cas d'altération du timbre. Paradoxalement, pour un de nos sujets, les résultats ont significativement chuté après l'interprétation des morceaux. Nous pensons que c'est la durée de son temps de jeu, plus importante d'environ quinze minutes que celles des autres instrumentistes, qui a provoqué cette accentuation de l'altération du timbre. De façon étonnante, il semblerait que chez ce sujet, la pratique de l'instrument a majoré une altération déjà présente. Nous obtenons ici des résultats totalement contradictoires que nous pouvons difficilement expliquer mais qu'il nous semble intéressant de souligner.

II. HYPOTHÈSE DEUX

Une épreuve instrumentale a été proposée durant le bilan afin de prendre des mesures avant et après la réalisation des morceaux dans le but de déterminer si le jeu ponctuel d'un instrument à vent peut avoir des retentissements immédiats sur la qualité vocale et plus particulièrement sur le temps maximum phonatoire, sur le rendement vocal, sur la fréquence fondamentale et sur le timbre.

1) Retentissements sur le temps maximum phonatoire (TMP)

Pour la majorité des participants, nous obtenons des résultats stables entre l'essai un et l'essai deux (hausse ou baisse du TMP de cinq secondes maximum) indiquant que la pratique d'un instrument n'aurait que peu d'effet sur la durée de l'émission vocale.

MU, WN et NH augmentent chacun leur TMP de plus de cinq secondes entre l'essai un et l'essai deux ce qui tendrait à prouver que pour ces sujets, la pratique d'un IAV aurait un effet bénéfique sur le temps maximum phonatoire. C'est-à-dire que la gestion du souffle induite par l'instrument améliorerait l'émission vocale. Seul FV présente une baisse de dix secondes du temps maximum phonatoire entre les deux essais, indiquant une moins bonne gestion de l'émission vocale après le jeu à l'instrument. Les résultats obtenus sont très variables et ne permettent pas d'établir clairement un impact positif ou négatif de la pratique de l'instrument sur la réalisation du TMP.

¹⁵ Moyenne établie par le manuel de Praat.

De manière plus générale, nous avons constaté chez environ la moitié de nos sujets des résultats inférieurs à la moyenne attendue au TMP (Hirano *et al.* 1968). Bien qu'habitué à gérer leur souffle et plus particulièrement leur expiration à l'instrument pour produire des phrases musicales parfois longues sans respirer, certains instrumentistes éprouvent des difficultés à tenir la phonation sur les [a] tenus. En effet, la production des [a] implique un voisement, une mise en vibration des cordes vocales ; vibrations qui n'interviennent pas pendant la réalisation des morceaux. Ces résultats viennent confirmer le fait que la pratique d'un instrument à vent ne permettrait pas d'assurer un contrôle plus précis et efficace de la pression sous-glottique lors de l'expiration phonatoire. Nous tenons néanmoins à modérer ces constatations par le fait que certains auteurs (Ormezzano, 2016), considèrent qu'une valeur normale du temps maximum phonatoire est comprise entre douze et quinze secondes, sans faire de distinction entre hommes et femmes.

2) Retentissements sur le rendement vocal

Pour dix participants, le rendement vocal est plus efficace après le jeu à l'instrument et pour cinq d'entre eux, l'amélioration est très nette, ce qui laisserait penser que la pratique d'un instrument à vent serait bénéfique à la production du voisement en engendrant un relâchement laryngé propice à la tenue du son et en permettant un meilleur contrôle des pressions sus et sous-glottique. Pour les autres participants en revanche, le rendement vocal est moins efficace après la réalisation des morceaux. Nous supposons que le fait de jouer d'un instrument à vent pourrait engendrer une déperdition d'air plus importante au cours de la phonation, due à l'habitude de gérer d'importantes quantités d'air à l'expiration sans émettre de sons voisés. Il se pourrait également que pour ces musiciens, une fatigue laryngée due au jeu instrumental se fasse sentir et se répercute directement sur la production du son, qui devient plus courte que la production du bruit. Au vu de ces résultats hétérogènes, il est difficile d'établir avec certitude un impact positif ou négatif du jeu de l'instrument sur le rendement vocal.

3) Retentissements sur la fréquence fondamentale (F0)

Nous n'avons pas observé une baisse ni une hausse flagrante de la fréquence fondamentale de nos sujets après qu'ils aient joué. Un seul d'entre eux a présenté une aggravation nette de sa fréquence fondamentale. Nous expliquons ce phénomène par le fait qu'il ait passé la journée entière en répétition avant de passer le bilan vocal et ressentait une fatigue importante. Il a notamment eu le besoin de s'étirer après avoir joué et s'est ébroué à plusieurs reprises pour

détendre ses lèvres et ses joues. Nous supposons donc qu'une pratique modérée de l'instrument n'a pas d'effet significatif sur la fréquence fondamentale. En revanche, il serait intéressant de prendre ces mesures auprès d'instrumentistes ayant passé plusieurs heures à jouer. Nous estimons qu'une durée prolongée de jeu aurait un impact direct sur les structures musculaires mobilisées (muscles inspiratoires et expiratoires, trapèzes, muscles du cou et de la face, muscles laryngés) entraînant à la longue une fatigue pouvant engendrer des tensions néfastes pour une production vocale de qualité, qui se traduirait par une baisse du fondamental laryngé.

4) Retentissements sur la qualité vocale

Nous avons constaté chez une grande majorité de nos participants une amélioration du timbre après le jeu à l'instrument. Ces constatations se fondent sur l'écoute de la production des [a] tenus et ont été globalement confirmées par les sujets. La plupart d'entre eux ont produit une voyelle tenue de meilleure qualité, tant du point de vue de l'attaque que du soutien. Nous avons perçu beaucoup moins d'attaques dures en coup de glotte, le son était plus clair et soutenu jusqu'à la fin de l'émission, ce qui n'était pas le cas au premier enregistrement, avant que les participants aient joué leurs morceaux. Certains sujets ont fait part d'un léger essoufflement lors de la deuxième émission des [a] tenus, dû à l'interprétation de leurs morceaux. Néanmoins, ils ont trouvé leur production meilleure. Nous nous demandons si un effet d'entraînement a pu jouer sur l'amélioration de la qualité d'émission des [a] puisque les sujets connaissaient l'exercice demandé et avaient déjà pu le réaliser à trois reprises.

Nous avons également écouté attentivement la voix conversationnelle de nos sujets après le jeu à l'instrument. En effet, il nous a semblé pertinent d'ajouter ces observations à celles constatées sur l'émission du temps maximum phonatoire. Cet exercice, intéressant pour l'analyse objective de la dysphonie, reste une épreuve peu écologique. L'obtention de mauvais résultats au TMP n'est pas forcément signe que la voix est de mauvaise qualité et peu efficace. Au niveau de la voix conversationnelle, nous n'avons pas observé une différence de qualité vocale après le jeu à l'instrument sauf pour un participant qui a joué quinze minutes de plus que les autres. Il nous a fait part d'une sensation d'essoufflement que nous avons pu constater au niveau du geste inspiratoire (inspiration claviculaire, rapide et sonore, accélération du débit). Au niveau du timbre, nous avons constaté une majoration du souffle (souffle déjà présent avant le jeu à l'instrument), particulièrement au niveau des attaques et des fins de phrases. Nous tenons à souligner que ce sujet joue essentiellement de la musique jazz et nous pensons que ce style de musique pourrait avoir plus d'impacts sur la qualité vocale que la musique classique. En effet,

la musique jazz fait appel à un certain nombre d'effets et de technique qui ne sont pas utilisés en musique classique (à l'exception peut-être des morceaux de musique contemporaine). En jazz, les musiciens sont particulièrement enclins à développer un timbre instrumental et un mode de jeu qui leur sont propres, en jouant avec les articulateurs pour modifier les cavités de résonances et obtenir une sonorité marquée, caractéristique des standards du jazz. Pour réaliser certains effets, les instrumentistes peuvent venir mettre en jeu leurs cordes vocales et leurs bandes ventriculaires (Bailly, 2009) pour obtenir un timbre éraillé et guttural à l'instrument. Au vu de ces différents éléments, nous supposons qu'une pratique intensive de l'instrument à vent serait susceptible d'avoir des retentissements sur la qualité vocale et que ces retentissements seraient variables en fonction du style de musique joué. Nous estimons qu'une étude à part entière pourrait être réalisée afin de mesurer les impacts d'une pratique instrumentale de la musique jazz sur la voix.

III. LIMITES, INTÉRÊTS ET PERSPECTIVES DE L'ÉTUDE

1) Limites

Nous regrettons le faible nombre de nos sujets qui ne nous permet pas de généraliser nos conclusions. Nous déplorons également de ne pas avoir eu la possibilité de constituer un groupe témoin de musiciens non instrumentistes à vent afin de pouvoir comparer les résultats de nos sujets à ceux des sujets du groupe contrôle. Nous aurions sans doute pu, en procédant de cette manière, dégager des tendances plus nettes.

Concernant notre bilan, nous aurions pu réduire le nombre d'épreuves proposées afin de cibler davantage ce que nous voulions montrer. De plus, un temps de passation plus court nous aurait sans doute permis de recruter un plus grand nombre de participants. Nous aurions pu également choisir de nous intéresser à un instrument ou à une famille d'instruments en particulier, afin de mieux cibler les difficultés et les contraintes liées aux techniques de chaque instrument. Nous avons conscience également de l'hétérogénéité de notre groupe du point de vue de l'âge, du nombre d'années de pratique musicale et du nombre d'heures de jeu hebdomadaire. Il aurait été intéressant d'avoir un groupe de sujets plus homogène afin de préciser nos observations.

Nous regrettons de n'avoir pas pu disposer d'une salle dédiée (et dans l'idéal d'une salle anéchoïque) pour passer nos bilans afin de pouvoir enregistrer tous nos sujets dans les mêmes

conditions sonores, ce qui nous aurait permis d'obtenir des enregistrements de meilleure qualité et plus fiables, notamment lors de l'analyse des données sur Praat. Nous aurions souhaité également posséder un matériel plus adapté pour effectuer nos enregistrements, notamment un micro sur pied afin de standardiser nos prises de mesures. Cela nous aurait permis de calculer la distance de nos sujets par rapport au micro lors de la passation des épreuves pour la reproduire à l'identique et de façon systématique.

Il aurait été intéressant d'effectuer cette étude en binôme afin de mettre en commun les observations et les analyses effectuées pour une plus grande précision et fiabilité des résultats.

2) Intérêts

Nous avons conscience que notre étude présente de nombreux biais, néanmoins il nous semble avoir soulevé certains points intéressants et peu étudiés concernant notre population d'instrumentistes à vent, notamment sur la gestion de la respiration à l'instrument et les impacts du jeu sur la voix. Nous espérons que ce sujet donnera lieu à d'autres travaux venant compléter et préciser les observations que nous avons décrites.

Nous espérons également avoir sensibilisé les sujets que nous avons rencontrés sur l'utilisation de leur voix et de leur respiration. La plupart d'entre eux étaient surpris d'envisager que la pratique de leur instrument pouvait potentiellement avoir des conséquences sur leur voix et ils ont montré de l'intérêt à en apprendre plus sur le fonctionnement et la physiologie respiratoire et phonatoire.

3) Perspectives

Cette étude appelle de nombreuses investigations complémentaires afin d'observer et d'analyser de manière plus approfondie les conséquences de la pratique instrumentale sur la voix et la respiration.

Nous avons évalué dans ce travail la voix et la respiration de façon globale sur un nombre de sujets restreints. Une analyse plus spécifique de certains critères sur un groupe plus important permettrait d'apporter davantage de précisions sur les changements vocaux impliqués par la pratique des instruments à vent comme le souligne l'intervention menée par Peyret, Amy de la Bretèque et Pillot-Loiseau en juin 2017.

CONCLUSION

Ce travail nous a permis de mettre en évidence certains points-clé quant au retentissement de la pratique d'un instrument à vent sur la voix.

Contrairement à ce que nous attendions au début de cette étude, la pratique d'un instrument à vent peut, pour certains sujets, avoir un impact positif sur la qualité vocale, tout particulièrement en ce qui concerne le timbre et la fréquence fondamentale.

Pour d'autres sujets au contraire, la pratique de l'instrument à vent s'avère, de manière immédiate comme sur le long terme, avoir des conséquences délétères sur la qualité vocale.

Ces résultats très hétérogènes ne nous permettent pas d'identifier les raisons de telles différences entre les sujets de notre échantillon, mais ouvrent le champ à des travaux plus spécifiquement ciblés sur une famille d'instruments à vent, sur un type d'épreuve vocale, ou s'appuyant sur une population plus large et plus homogène. Il serait intéressant pour la clinique orthophonique de déterminer la pertinence de sensibiliser les instrumentistes à vent aux risques de troubles vocaux induits par leur pratique musicale, mais également de leur proposer des séances de respiration et de détente pour qu'ils prennent conscience et sentent avec plus de précision les structures qu'ils mobilisent et mettent en jeu tant dans le jeu à l'instrument que dans la voix de tous les jours.

Nous regrettons de ne pouvoir aboutir à des conclusions valides du point de vue scientifique compte tenu du faible nombre de nos sujets. Néanmoins, nous pensons qu'il serait intéressant de poursuivre, de compléter et d'enrichir le travail que nous avons entrepris en étudiant par exemple l'impact de la pratique d'un instrument à vent sur la voix des enfants ou en se concentrant sur l'étude d'un seul instrument. Il serait également pertinent de réaliser des études au long cours permettant de constater des résultats plus systématiques en voyant plusieurs fois les instrumentistes lors de plusieurs évaluations et durant une période plus importante.

BIBLIOGRAPHIE

Antoniadou, M. Michaelidis, V. et Tsara, V. (2012). Lung function in wind instrument players. In *Pneumon* 25(2) : 180-183.

Bailly, L. (2009). *Interaction entre cordes vocales et bandes ventriculaires en phonation : exploration in-vivo, modélisation physique, validation in-vitro*. Acoustique [physics.class-ph]. Université du Maine, 2009.

Boersma, P et Weenink, D. (2019). Praat : doing phonetics by computer. <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>

Calais-Germain, B. et Germain, F. (2013). *Anatomie pour la voix*. Desiris

Cornut, G. (2009). *La voix, Que sais-je?* Paris: 8^{ème} éd. Presses universitaires de France.

Cossette, I. (2002). *Mécanique respiratoire des flûtistes professionnels*. *Revue des Maladies Respiratoires*. 19(2), (pp 197-206). Cousin, C. (2009). *Respiration juste et posture saine : deux point qui ne font qu'un*. <https://www.kine-des-musiciens.com/kine-musiciens-presse/article-basson.pdf>

Debès, L. Schneider, MP et Malchaire, J. (2003). *Les troubles de santé des musiciens*. In *Médecine du travail & ergonomie*, Vol 40(3).

Delmas, MC et Fuhrman, C. (2009). *L'asthme en France : synthèse des données épidémiologiques descriptives*. *Revue des Maladies Respiratoires* n°27, (pp 151-159).

Eckel, F et Boone, D. (1981). *The S/Z Ratio as an indicator of laryngeal pathology*. *Journal of Speech and Hearing Disorders*. 46(2), (pp 147-149).

Eckley, A. (2006). *Glottic configuration in winds instruments players*. *Brazilian journal of Otorhinolaryngology* 72 (1) (pp.45-47).

Fletcher, NH. (2000). *The physiological demands of wind instrument performance*. *Acoustics Australia*, 56 – Vol.28.

Fucks, L et Sundberg, J. (1996.) *Blowing pressures in reed woodwind instruments*. *TMH-QSPR*, 37(3). (pp 41-56).

Gamboa, FJ, Nieto, A, Del Palacia, AJ *et al.* (1995). *S/Z ratio in glottic closure defects*. *Acta Otorrinolaringologica Espanola*. 46(1). (pp 45-48).

- Ghio, A. (2012). *Bilan instrumental de la dysphonie*. In Garrel, R, Amy de la Bretèque B et Brun, V. *La voix parlée et la voix chantée*. (pp 69-104). Sauramps Médical.
- Gonzales, J. et Carpi, A. (2004). *Early effects of smoking on the voice : A multidimensional study*. Medical Science Monitor, 10(12) :CR649-56.
- Grini, M., Ouaknine, M., & Giovanni, A. (1998). *Modifications posturales et segmentaires du forçage vocal*. Revue de laryngologie, otologie et rhinologie (119), pp. 253-258.
- INSERM (dir.). (2006). *La voix : ses troubles chez les enseignants*. Rapport. Paris : Les éditions Inserm, 2006, XII, 331p. (Expertise collective).
- Joutard, C. (2013). *Etude comparative du hautbois et de la voix sur le plan physiologique*. Mémoire de master 2 du Conservatoire National Supérieur de Musique et de Danse de Lyon.
- Le Huche, F. et Allali, A. (2010). *La voix, Tome 1 : anatomie et physiologie des organes de la voix et de la parole*. 4^{ème} éd. Paris : Elsevier Masson.
- Le Huche, F. et Allali, A. (2010). *La voix, Tome 2, pathologie vocale d'origine fonctionnelle*, 3^{ème} éd. Paris : Elsevier Masson.
- Lobryeau-Desnus, C. (2016). *Posture et rééducation vocale*. In Klein-Daillant, C. *De la voix parlée au chant* (pp 113-126). Klein-Daillant.
- Lozano, FJR. Et Berjemo-Fenoll, A. (2011). *Orofacial problems in musicians : a review of the literature*. In Medical Problems of performing artists 26(3) : (pp150-156).
- Mcfarland, D. et Netter, FH. (2009). *L'anatomie en orthophonie parole, déglutition et audition atlas commencé 2^{ème} édition*. Elsevier-Masson.
- Mukai, S. (1989). *Laryngeal movements during wind instruments play*. In Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho. 92(2) : 260-270.
- Ormezzano, Y. (2000). *Le guide de la voix*, Paris. Odile Jacob.
- Ormezzano, Y. (2016). *Evaluation phoniatrique de la voix parlée*. In Klein-Daillant, C. *De la voix parlée eu chant* (pp. 17-28). Klein-Daillant.
- Péri-Fontaa, E. (2016). *Hydratation, alimentation, prise médicamenteuse, tabac et autres toxiques : quels effets sur la voix ?* In Klein-Daillant, C. *De la voix parlée au chant* (pp. 361-372). Klein-Daillant.

Péri-Fontaa, E. (2016) : *La fonction respiratoire du larynx et ses troubles*. In Klein-Dallant, C. *De la voix parlée au chant* (pp 393-406). Klein-Dallant.

Péri-Fontaa, E. (2016). *Modélisation de la vibration vocale*. La voix... Les voix. Site de ressources sur la voix. Dr Elisabeth Péri-Fontaa, ORL phoniatre. http://phoniatriestrasbourg.free.fr/Site_6/Modelisation_CV.html

Peyret, C., Amy De La Breteque, B., Pillot-Loiseau, C. *Les changements vocaux impliqués par la pratique des instruments à vent*. Journées de Phonétique Clinique, Paris, 29 et 30 juin 2017. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01566232/file/ResumePeyretP8.pdf>

Puech Rouquier, AC. (2009). *Influence d'un traitement ostéopathique sur la qualité du son des instrumentistes*. Mémoire de fin d'étude. Institut Supérieur d'Ostéopathie de Lyon.

Sanssené, C. (2018). *Etude épidémiologique transversale des troubles de la voix chez les guides-conférenciers en France métropolitaine*. Mémoire de fin d'étude en orthophonie. Faculté de médecine de Toulouse Rangueil.

Scotto Di Carlo, N. (2007). *Les dysfonctionnements de la voix chantée*. Travaux Interdisciplinaires du Laboratoire Parole et Langage d'Aix-en-Provence (TIPA), Laboratoire Parole et Langage, 2007, 26, (pp. 157-183). Hal-00313773.

Vaissière, J. (2006). *La phonétique*. Paris : Presses Universitaires de France.

Williams, NR. (2003). *Occupational groups at risk of voice disorders : a review of the literature*. Occupational Medicine 2003, 53 (pp 456-460).

Yumoto, E et Gould, J. (1982). *Harmonics-to-noise ratio as an index of hoarseness*. Journal of the Acoustical Society of America 71, 1544.

ANNEXES

ANNEXE I : BILAN VOCAL

Nom / Prénom	Date
Date de naissance	Âge
Téléphone	
Mail	
Profession	

I. ANAMNESE

Pratique de l'instrument (depuis quand, fréquence de la pratique, concerts, style de musique)

Technique de l'instrument ; présence de difficultés ? Quel travail pour quelle technique ?
(forte, piano, pizzicati, vitesse, lenteur ...)

Utilisation voix au quotidien / au travail / usage intensif / utilisation voix dans le bruit / chant / cris / intensité.

« Comment trouvez-vous votre voix ? Comment la décririez-vous ? »

« Votre voix vous pose-t' elle problème ? Si oui dans quel contexte ? »

« Trouvez-vous que votre voix est différente après avoir joué longtemps ? »

Fatigue vocale ? (excès vocaux répétés, ponctuels ? Dans quelles situations?)

ATCD médicaux : infections ORL, RGO, asthme, essoufflement, allergies respiratoire,

problèmes de dos, de cou, hormonaux, intervention chirurgicale (hors Orl) , intubation, traitements post opératoires.

Grossesse / accouchement

Hygiène vocale

Tabac

Alcool

Hydratation

Alimentation / digestion

Audition (presbyacousie dans l'entourage ?)

Dysphonie ou voix « particulières » dans l'entourage

Poussière, craie, produit irritant (peinture, bricolage)

Humidité/ Sécheresse (air conditionné)

Tempérament : tonique, stressé, nerveux/ hypotonique...

Médicaments pris actuellement

Divers

Éventuelles difficultés personnelles, familiales ou professionnelles (stress, anxiété?)

Sommeil ? (Ronflement, serrage des dents, apnées)

Alimentation et digestion

Pratique d'un sport

Hemmage / toux / expectorations / mucosités

Douleurs et tensions péri-laryngées, dorsales, cervicales, ATM.

Langue (où est-elle au repos?)

Ouverture buccale (vérifier avec 3 doigts)

Port de semelles orthopédiques ? Prise en charge kiné et/ou ostéo ?

II. OBSERVATION DU COMPORTEMENT VOCAL

Posture satisfaisante ? Affaissement vertébral ? Hauteur des épaules ? Extension du cou ?

Aspect hypertonique / hypotonique ?

Tensions corporelles ?

Crispation du cou ? Gonflement veines ?

Observation comportement verbal

Débit, rythme, intonation, fluidité du discours, articulation

III. OBSERVATION DE LA RESPIRATION

Respiration au repos (observation)

Respiration en phonation (observation par contrôle kinesthésique)

Vous allez me raconter votre journée ou votre film préféré. Si vous êtes d'accord, je vais venir vous toucher au niveau du ventre, des épaules, du thorax, du dos, du cou pour voir ce qui bouge.

Respiration à l'instrument

La première fois l'instrumentiste est observé visuellement et filmé.

La deuxième fois, ses mouvements sont observés par contrôle kinesthésique.

IV. EXERCICES

TMP

Pouvez-vous réaliser un « a » qui dure le plus longtemps possible à une hauteur confortable pour vous ? Faites-le trois fois en prenant le temps de respirer entre chaque production.

Rapport signal / bruit : S/Z

Pouvez-vous réaliser un S tenu le plus longtemps possible ?

Même chose mais cette fois sur un Z tenu le plus longtemps possible.

Jours de la semaine

Pouvez-vous me réciter les jours de la semaine du lundi au dimanche une première fois avec une voix faible mais pas chuchotée, une deuxième fois avec une voix normale et une troisième avec une voix forte ?

Voix projetée

Maintenant vous aller lire un texte (Annexe II) en imaginant que vous êtes dans un grand amphithéâtre. La salle est remplie et les gens du dernier rang doivent vous entendre aussi bien que ceux du premier rang.

Voix d'appel :

Vous allez imaginer que vous êtes dans une rue très passante, avec beaucoup de voitures. Sur le trottoir opposé, vous apercevez votre ami Paul que vous n'avez pas vu depuis longtemps. Vous l'appellez de façon à ce qu'il se retourne et vous aperçoive.

Voix chantée

Sirènes sur « a » « ou »

Vocalises (3ces et 5tes)

Chant : Bon anniversaire + un chant au choix.

V. JEU A L'INSTRUMENT

« Jouez-moi un morceau qui vous semble facile, dans lequel vous vous sentez à l'aise ».

« Jouez-moi un morceau technique, qui vous semble difficile, plus délicat à interpréter »

Observation : posture / tensions / respiration

Maintenant je vais vous demander de jouer à nouveau ces deux morceaux et si vous êtes d'accord, je vais venir vous toucher au niveau du ventre, des épaules, du thorax, du dos, du cou pour voir ce qui bouge.

« Avez-vous-observé des changements dans votre voix, votre respiration après avoir joué ? »

« Que pensez-vous faire du point de vue de la respiration quand vous jouez ? »

ANNEXE II

Détruire la misère **Discours à l'Assemblée nationale législative**

(Extrait)

Victor Hugo

9 juillet 1849

Je ne suis pas, Messieurs, de ceux qui croient qu'on peut supprimer la souffrance en ce monde, la souffrance est une loi divine, mais je suis de ceux qui pensent et qui affirment qu'on peut détruire la misère.

Remarquez-le bien, Messieurs, je ne dis pas diminuer, amoindrir, limiter, circonscrire, je dis détruire. La misère est une maladie du corps social comme la lèpre était une maladie du corps humain ; la misère peut disparaître comme la lèpre a disparu

Détruire la misère ! Oui, cela est possible. Les législateurs et les gouvernants doivent y songer sans cesse ; car, en pareille matière, tant que le possible n'est pas le fait, le devoir n'est pas rempli.

La misère, Messieurs, j'aborde ici le vif de la question, voulez-vous savoir où elle en est, la misère ? Voulez-vous savoir jusqu'où elle peut aller, jusqu'où elle va, je ne dis pas en Irlande, je ne dis pas au moyen-âge, je dis en France, je dis à Paris, et au temps où nous vivons ?

Annexe III

Participants	Jitter /a/ Essai 1	Jitter /a/ Essai 2	Shimmer /a/ Essai 1	Shimmer /a/ Essai 2	HNR (dB) 1	HNR (dB) 2
FN	0,282	0,276	3,812	3,723	17,275	15,729
MT	0,147	0,16	2,085	2,136	25,726	26,154
CN	0.476	0.268	4.026	3.132	18.316	17.136
MU	0,215	0,215	3,525	3,077	17,555	18,114
TM	0,522	0,711	3,961	3,721	16,973	17,683
DF	0,211	0,095	2,608	3,377	18,07	27,816
NQ	0,237	0,28	2,098	2,627	17,565	18,635
MC	0,215	0,179	2,541	3,702	23,053	24,061
SE	0.414	0.091	3.927	2.204	14.762	25.303
BM	0,31	0,345	2,51	3,09	21	19
NS	0,465	0,242	2,083	2,027	22,498	23,007
PH	0,119	0,056	1,233	2,501	16,265	25,799
FK	0,354	0,237	3,031	3,671	16,473	15,915
WN	0,348	0,181	2,565	3,085	19,428	18,329
TD	0,085	0,053	2,401	3,159	25,412	24,044
BK	0,136	0,256	2,187	2,634	18,092	16,973
FV	0.373	2.501	5.207	6.166	14.806	12.0817
NH	0,163	0,084	2,219	2,313	17,012	21,935
NU	0,269	0,246	3,72	3,163	15,366	16,328

Tableau 8 : Valeur des mesures jitter, shimmer et HNR pour les sujets

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	5
THÉORIE	6
I. LE FONCTIONNEMENT NORMAL ET PATHOLOGIQUE DE L'APPAREIL PHONATOIRE : RAPPELS	6
1) Principes de la respiration phonatoire	6
2) Le vibrateur laryngé	7
a) Rappels anatomiques	7
b) La production du son	7
3) Les résonateurs	8
4) Le forçage vocal	8
II. PRÉSENTATION DES DIFFÉRENTS INSTRUMENTS A VENT.	9
1) Les instruments à anche (clarinette, hautbois, saxophone)	9
2) Les cuivres (trompette, trombone, cor)	10
3) La flûte	10
III. LA MOBILISATION DES STRUCTURES PHONATOIRES DANS LE JEU A L'INSTRUMENT	10
1) La respiration durant le jeu instrumental	10
2) Le rôle du larynx dans le jeu à l'instrument	11
PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES	12
MÉTHODOLOGIE	14
I. POPULATION	14
1) Critères d'inclusion	14
2) Critères d'exclusion	14
3) Mode de recrutement	14
4) Présentation de l'échantillon	15
5) Déroulement des rencontres	16
II. PRÉSENTATION DU BILAN VOCAL	16
1) Anamnèse	16
2) Données médicales et hygiène vocale	17
3) Observation du geste vocal	17
4) Respiration en phonation	18
5) Respiration durant le jeu de l'instrument	18
6) Analyse subjective de la phonation	19
7) Analyse objective de la voix	19
III. TRAITEMENT DES DONNEES	20
RÉSULTATS	22
I. REMARQUES GÉNÉRALES	22
1) Anamnèse	22

2)	Données médicales	23
3)	Hygiène vocale	25
4)	Comparaison du geste vocal en phonation et à l'instrument	26
a)	Remarques par groupes d'instruments	26
b)	Remarques générales	28
5)	Respiration en phonation	29
6)	Respiration à l'instrument	29
II.	ANALYSE OBJECTIVE	31
1)	Temps maximum phonatoire (TMP)	31
a)	Résultats des six essais du TMP	31
b)	Evolution du temps maximum phonatoire	32
2)	Rendement vocal	33
3)	Fréquence fondamentale	34
a)	Fréquence fondamentale en phonation chez les femmes	34
b)	Fréquence fondamentale en phonation chez les hommes	35
4)	Analyse subjective	36
III.	ANALYSE SPÉCIFIQUE DES RÉSULTATS DE TROIS SUJETS	37
1)	CN, dix-huit ans, clarinettiste	37
a)	Eléments d'anamnèse	37
b)	Geste vocal	37
c)	Respiration	37
d)	Analyse objective	38
2)	SE trente et un an, flûtiste	39
a)	Eléments d'anamnèse	39
b)	Geste vocal	39
c)	Respiration	39
d)	Analyse objective	40
3)	FV, cinquante ans, trompettiste	41
a)	Eléments d'anamnèse	41
b)	Geste vocal	41
c)	Respiration	41
d)	Analyse objective	42
	DISCUSSION	44
I.	HYPOTHÈSE UN	44
1)	La pratique d'un instrument à vent : facteur favorisant du forçage vocal ?	44
a)	Remarques sur la respiration	44
b)	Impacts posturaux	46
2)	La pratique d'un instrument à vent et ses conséquences sur le timbre de la voix	46
II.	HYPOTHÈSE DEUX	48
1)	Retentissements sur le temps maximum phonatoire (TMP)	48
2)	Retentissements sur le rendement vocal	49
3)	Retentissements sur la fréquence fondamentale (F0)	49
4)	Retentissements sur la qualité vocale	50
III.	LIMITES, INTÉRÊTS ET PERSPECTIVES DE L'ÉTUDE	51
1)	Limites	51
2)	Intérêts	52
3)	Perspectives	52

CONCLUSION	53
BIBLIOGRAPHIE	54
ANNEXES	57
ANNEXE I : BILAN VOCAL	57
I. ANAMNESE	57
II. OBSERVATION DU COMPORTEMENT VOCAL	58
III. OBSERVATION DE LA RESPIRATION	59
IV. EXERCICES	59
V. JEU A L'INSTRUMENT	60
ANNEXE II	62
ANNEXE III	63
TABLE DES MATIERES	64

RÉSUMÉ

Introduction. Pour la pratique de leur instrument, les instrumentistes à vent sollicitent les organes impliqués dans la production vocale. Ils doivent gérer de grands volumes d'air et contrôler des pressions sous-glottiques parfois importantes. Par ailleurs, leur pratique implique des postures et gestes spécifiques du corps tout entier, en particulier du haut du buste et des structures périlaryngées et buco-linguo-faciales. L'objectif de ce travail était de déterminer si la pratique d'un instrument à vent a des conséquences sur la voix.

Méthode. Nous avons fait passer un bilan vocal à 19 instrumentistes à vent. Nous avons comparé nos résultats avant et après la réalisation de deux morceaux à l'instrument.

Résultats. La pratique d'un instrument à vent semble avoir un impact positif sur la qualité vocale chez certains sujets, particulièrement en ce qui concerne le timbre et la fréquence fondamentale. Pour d'autres sujets au contraire, la pratique de l'instrument à vent paraît avoir de manière immédiate comme sur le long terme, des conséquences délétères sur la qualité vocale.

Conclusion. Les résultats très hétérogènes obtenus ne permettent pas d'identifier clairement les impacts de la pratique d'un instrument à vent sur la voix mais ouvrent le champ à d'autres travaux plus spécifiques.

Mots-Clefs : Instruments à vent – Voix – Bilan

ABSTRACT

Introduction. For the practice of their instrument, the wind instrumentalists solicit the organs involved in vocal production. They have to manage large volumes of air and control sometimes significant subglottic pressures. In addition, their practice involves specific postures and gestures of the whole body, in particular from the top of the bust and perilaryngeal and buco-linguo-facial structures. The objective of this work was to determine if the practice of a wind instrument has consequences for the voice.

Method. We gave a vocal assessment to 19 wind instrumentalists. We compared our results before and after performing two pieces on the instrument.

Results. The practice of a wind instrument seems to have a positive impact on the vocal quality in certain subjects, particularly with regard to the timbre and the fundamental frequency. For other subjects, on the contrary, the practice of the wind instrument seems to have immediate and long-term harmful consequences on voice quality.

Conclusion. The very heterogeneous results obtained do not clearly identify the impacts of the practice of a wind instrument on the voice but should be continued with more specific studies.

Key words : Wind instruments – Voice - Assessment