



L'OSTEOPATHIE A L'ECOUTE DU CHANT LYRIQUE

**Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme
Français d'Ostéopathe (DFO)**

Mars 2014

BOURGIS Pierre

Directeur de Mémoire : STUBBE Laurent DO

REMERCIEMENTS

Je remercie Laurent Stubbe, mon directeur de mémoire, pour ses conseils, sa patience et sa compréhension tout au long de cette étude.

Merci également au Laboratoire d'acoustique musicale de Paris (LAM) de m'avoir prêté le matériel nécessaire sans lequel l'expérimentation n'aurait pu avoir lieu.

Merci à l'Ecole Supérieure d'Ostéopathie (ESO) et plus spécifiquement aux secrétaires de clinique de m'avoir permis d'utiliser des salles quand je le souhaitais.

Merci aux chanteurs Jean-Christophe Brizard, Kévin Léro, Massery Ninon, Clémence Heurtebise, Cyrille Lerouge et Nicolas Coca d'avoir porté un intérêt à cette étude. Leur motivation fut exemplaire.

Enfin, je tiens à remercier tout particulièrement mon amie Camille Vauthrin pour ses conseils, son temps et son aide cruciale tout au long de l'étude. L'analyse des enregistrements n'aurait pas pu se faire sans elle. Un grand merci Camille.

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	5
2. MATERIEL ET METHODES.....	10
2.1. Population source	10
2.2. Critères d'éligibilité	10
2.3. Critères d'objectivation.....	10
2.4. Protocole	11
3. RESULTATS	14
3.1. Analyse exploratoire des spectrogrammes.	14
3.2. Analyse du gain dans la tessiture.	19
4. DISCUSSION.....	22
4.1. Interprétation des résultats.	22
4.2. Limites de l'étude.	23
5. CONCLUSION.....	24
REFERENCES.....	25
LISTE DES TABLEAUX.....	27
LISTE DES FIGURES.....	28
LISTE DES ANNEXES.....	29
ANNEXE I : TABLE DE PERMUTATION	30
ANNEXE II : FORMULAIRE DE CONSENTEMENT.....	31

RESUMES..... 33

1. INTRODUCTION

Dès le début de leur formation, les chanteurs lyriques apprennent à se tenir droit lors du chant¹ : les pieds enracinés dans le sol, la tête droite vers le ciel, le corps relâché, ... De même que l'inspiration ne doit pas être un effort, seule l'expiration –c'est-à-dire le chant- en est un. Pendant le chant, le chanteur de formation combine des stratégies physiologiques, y compris des ajustements qui s'opèrent entre les systèmes respiratoire, articulaire et du larynx, qui sont différents du chanteur sans formation^{2, 3, 4}.

Tout d'abord, la production vocale peut se décomposer en 3 phases :

- La production du souffle
- La mise en vibration des cordes vocales par modulation de ce souffle et la génération d'une onde acoustique
- Le filtrage, la propagation et le rayonnement de l'onde acoustique

Les poumons et la trachée jouent le rôle de moteur dans l'émission vocale en agissant comme un soufflet qui produit et contrôle la pression d'air nécessaire à la mise en vibration des cordes vocales⁵.

Le souffle est alors modulé au niveau du larynx par l'ouverture et la fermeture périodique des cordes vocales et le contact entre les cordes vocales génère une onde acoustique. La hauteur du son émis, de 90 à 120 Hz chez un homme en voix parlée, et de 150 à 300 Hz chez une femme, est liée à la fréquence du cycle d'ouverture et de fermeture des cordes vocales. Lorsque la glotte est fermée, c'est-à-dire lorsque les deux cordes vocales sont accolées, la pression sous-glottique, qui est la pression de l'air en provenance des poumons, augmente jusqu'à être supérieure à la force d'accolement des cordes vocales. La glotte s'ouvre alors sous cette pression, laissant passer de l'air. La pression sous-glottique chute alors, provoquant de nouveau l'accolement des cordes vocales.

Ce cycle d'ouverture - fermeture glottique se répète de façon périodique. En une seconde, les cordes vocales vont ainsi s'accoler et se décoller quelques centaines de fois

général par ce mouvement vibratoire des ondes acoustiques qui vont se propager dans le conduit vocal^{6,7}.

Le mouvement vibratoire des cordes vocales met en action un ensemble de muscles que l'on pourra séparer en deux catégories :

- Les muscles extrinsèques (sus- et sous-hyoïdiens), qui agissent sur la mobilité du larynx et de la mandibule (abaissement, élévation)
- Les muscles intrinsèques (thyro-aryténoïdien, inter-aryténoïdien, crico-thyroïdien, crico-aryténoïdien)

Simultanément, le rachis cervical et plus particulièrement les vertèbres C1, C2 et C4 sont en constante adaptation posturale avec l'activité de ces muscles⁸.

Parallèlement à cela, plusieurs études ont démontré que des troubles organiques ou fonctionnelles de la voix (lésions ORL, reflux, polypes, nodules, dysphonie, MAPLs, ...) sont plus présentes chez une population de chanteurs professionnels que chez une population de non-chanteurs, et cela de manière significative^{9,10,11}.

Il est important, avant de démarrer notre expérience, de bien définir certaines notions qui caractérisent le chant et dont nous serons amenés à étudier les valeurs par la suite.

1. La régulation.

Un registre pourrait se définir de la façon suivante : ce serait une étendue de notes, par conséquent définie par des hauteurs. Le timbre serait homogène à l'écoute et le son serait produit de la même manière. Les registres correspondent ainsi à différents modes vibratoires des cordes vocales¹². De manière courante, on parle de voix de tête (head voice) et de voix de poitrine (chest voice). Dans le domaine de la technique vocale, sont référencés quatre types d'émissions du son ou quatre modes vibratoires dits mécanismes laryngés^{13,14}:

– Le mécanisme 0 ou le “fry” (vocal fry register) est le registre le plus bas. Le son produit est alors très grave, se situant dans une tonalité inférieure à la voix parlée. Physiologiquement, il correspond à une fermeture incomplète de la glotte lors de la phonation laissant ainsi passer de l'air. Il en résulte ce son à basses fréquences.

– Le mécanisme I est le registre de poitrine (modal register, chest voice register). Il est le plus utilisé que ce soit en voix parlée ou chantée. Il est caractérisé par une

amplitude large des cordes vocales qui sont courtes et épaisses. L'augmentation de la hauteur engendre une tension et un amincissement des cordes vocales.

– Le mécanisme II, c'est-à-dire le registre de tête (femme), ou de fausset (homme) (falsetto register). Il correspond à la production sonore dans des fréquences supérieures au mécanisme I. L'amplitude vibratoire est faible et les cordes s'accolent sous la forme de deux lames minces.

– Le mécanisme III : registre de sifflet (whistle register). C'est le plus haut registre. Il donne donc accès à l'extrême aigu. Les cordes vocales sont tendues au maximum, avec très peu d'espace entre les deux. La voix mixte n'est pas considérée comme un registre. Néanmoins, elle permet le passage, sans rupture, entre deux mécanismes (I et II).

2. La notion de formants.

Les formants sont des zones ou régions du spectre d'un signal vocal correspondant à un maximum d'énergie, en particulier lors de la production des voyelles. On les note F1 (formant 1), F2 (formant 2), ..., en allant des basses aux hautes fréquences. En phonétique, on peut se limiter à l'étude des deux premiers formants puisqu'ils suffisent à caractériser et à identifier les voyelles prononcées. On représente alors, dans un plan, les voyelles en fonction des valeurs de F1 et de F2. L'ensemble des voyelles d'une langue se situe en général à l'intérieur d'un triangle formé par les voyelles [a], [i], [u] qu'on appelle le triangle vocalique.

3. La qualité vocale.

Dans le domaine du traitement de la parole et de la voix chantée, l'étude des qualités vocales est le sujet d'un certain nombre de recherches. Il s'agit, notamment, d'évaluer le timbre et la sonorité d'une voix donnée. Selon l'association américaine de normalisation (American Standards Association, 1960), le timbre est défini comme « l'attribut de la sensation auditive qui permet à l'auditeur de différencier deux sons de même hauteur et de même intensité et présentes de façon similaire ». Au niveau du timbre, c'est ce qu'on appelle la couleur ou la sonorité. Il faut noter que la qualité

vocale peut s'analyser de façon globale au niveau d'une phrase ou locale au niveau d'une voyelle.

Pour étudier la qualité vocale, on peut avoir recours au processus de verbalisation qui repose sur l'analyse syntaxique des propos recueillis lors de la qualification d'un stimulus sonore.

4. Dimensions perceptives et leurs corrélats acoustiques.

Dans cette section sont présentées différentes caractéristiques et dimensions perceptives du timbre de la voix, en lien avec les paramètres du signal acoustique qui leur sont corrélés.

a) Le souffle.

Le souffle (breathiness) est une notion plutôt vaste qui englobe notamment la gestion, le contrôle et la pression de l'air⁵. Il se manifeste par la présence d'une composante bruitée dans le son. Les analyses acoustiques décriraient, entre autres, un spectre pauvre en harmoniques et présentant un rapport signal à bruit (RSB) important.

b) La raucité.

La raucité (harshness ou roughness) désigne la sensation et la perception de bruit dans le signal vocal. On parle du caractère rauque de la voix. Cette qualité est beaucoup plus courante pour des voix masculines que féminines et proviendrait d'une irrégularité de l'onde glottique⁷.

c) Le vibrato et autres ornements.

Le vibrato est un caractère intrinsèque de la voix. Toutefois, il peut être plus ou moins accentué par les chanteurs par des techniques vocales. Le vibrato est perçu comme une oscillation autour d'une hauteur émise ce qui rend la ligne mélodique instable. On qualifie de son droit (straight), un son produit avec l'absence de vibrato. Au niveau acoustique, le vibrato se définit par une modulation en fréquences et en amplitudes de la fréquence fondamentale¹⁴.

d) Voix timbrée/détimbrée.

Le caractère timbre de la voix serait lié au renforcement du formant du chanteur (région de 2000Hz à 4000Hz) et aussi à la richesse spectrale dans les fréquences

moyennes⁷. Les représentations de la répartition d'énergie spectrale par bandes de fréquences confirment ces hypothèses. La voix détimbrée pourrait être assimilée à une atténuation du spectre dans la zone du formant du chanteur, la présence restreinte d'harmoniques aiguës. Le son peut alors paraître terne, aggrave ou avec la présence de souffle.

e) La brillance.

La brillance est un attribut du timbre beaucoup étudié en psycho-acoustique. Cette notion pourrait être liée à la différence d'amplitude entre les maxima des deux zones spectrales [0-2000Hz] et [2000-4000Hz]. Il faut aussi prendre en compte l'émergence du formant du chanteur certes moins caractéristique que pour la qualité de timbre de la voix. La brillance pourrait se définir comme un timbre dans l'aigu. Cela correspond à la présence d'harmoniques aiguës qui se caractérise au niveau acoustique par le centre de gravité spectral (CSG). Plus sa valeur est élevée, plus le son sera perçu comme brillant.

L'objectif de notre étude est alors de démontrer scientifiquement, par la mesure des différentes variables susnommées avec un matériel adéquat, qu'une prise en charge ostéopathique classique d'une part, puis plus spécifique aux régions productrices de la voix d'autre part, a une influence via les systèmes musculo-squelettiques et fasciales cités précédemment sur les valeurs de ces variables, c'est-à-dire sur la qualité vocale des chanteurs lyriques.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. POPULATION SOURCE

L'étude comporte 6 chanteurs lyriques professionnels ou en cours d'apprentissage en conservatoire, âgés de 20 à 30 ans. Cela inclut deux femmes dont une soprano et une mezzo-soprano ; et 4 hommes dont une basse profonde, un baryton, et deux ténors.

Il est important de signaler que parmi les 6 chanteurs, il y en a 1 pour lequel l'enregistrement sur l'exercice de la note tenue n'a pas réussi. C'est pourquoi dans les analyses vocales de celle-ci, la population sera constituée de 5 chanteurs. En revanche, pour le reste de l'étude, la population sera bien constituée de 6 chanteurs.

2.2. CRITERES D'ELIGIBILITE

Les chanteurs lyriques ont eu ou ont actuellement une formation niveau professionnel (type Conservatoire National Supérieur de Musique et de Danse de Paris, Jeune chœur de Paris, Royal Academy of London ou tout simplement chanteur lyrique professionnel).

De plus, seront exclus de l'étude les chanteurs présentant une ou des pathologies susceptibles d'interférer directement sur la voix, c'est-à-dire toutes pathologies Oto-rhino-laryngologiques (ORL) et pulmonaires.

2.3. CRITERES D'OBJECTIVATION

Ils sont au nombre de trois, à savoir :

- Le nombre d'harmoniques présents sur le spectre vocal. On établira le spectrogramme de la voix grâce aux logiciels Audacity pour les enregistrements, puis Matlab pour l'analyse de ces derniers.
- La valeur en cents de l'intervalle entre les notes les plus graves, puis les notes les plus aigues, avant et après traitement. Le cent est une unité de

mesure plus précise que l'Hertz dans l'analyse de la voix car, contrairement à celui-ci, il reste linéaire sur toute la gamme sonore et permet donc une comparaison entre les gains dans les sons graves et les gains dans les sons aigus¹⁵.

Pour toutes les mesures effectuées, nous avons utilisé :

- Une carte son M-Audio Fast track pro



Figure 1 : carte son M-Audio Fast track pro

- Un microphone Berhinger B-5, en directivité cardioïde



Figure 2 : microphone Berhinger B-5

- Un trépied afin de s'assurer d'avoir toujours la même distance entre le microphone et le chanteur pour tous les enregistrements.

2.4. PROTOCOLE

L'expérimentation se déroule durant les mois de Février et Mars 2014, à la clinique de l'Ecole Supérieure d'ostéopathie (Champs-sur-Marne).

Nous divisons en deux groupes les patients selon une table de permutation (Annexe I), de telle sorte que :

- Le groupe 1 est composé de patients subissant un traitement simulé, c'est-à-dire que l'expérimentateur mime ses techniques sans y mettre d'intention.
- Le groupe 2 est composé de patients traités en ostéopathie de la manière décrite ci-dessous.

Le traitement ostéopathique, pour chaque patient, se présente en une seule consultation d'environ 45 minutes, qui aborde à la fois le corps dans sa globalité et les zones jugées stratégiques pour la voix chez le chanteur, à savoir:

- Poumons, cotes, diaphragme considérés comme moteurs et générateurs du souffle en biomécanique acoustique ;
- Rachis cervical pour ses adaptations posturales lors du chant telles qu'elles sont décrites et mise en évidence dans « The demands of professional opera singing on cranio-cervical posture » ;
- Muscles Longs du cou en raison de leur rapport direct avec les nerfs laryngés récurrents, eux-mêmes innervant les cordes vocales ;
- Muscles sus- et sous-hyoïdiens, os hyoïde, cartilages thyroïde et cricoïde, muscles intrinsèques du larynx (crico-thyroïdien, crico-aryténoïdien, thyro-aryténoïdien et aryténoïdien) qui permettent par des mouvements de va-et-vient verticaux de composer ensemble la mobilité global du larynx et donc la génération d'une onde acoustique ;
- Mandibule, maxillaires, base du crâne : ils représentent le bout de la chaîne vocale. Leur bonne intégrité cinétique, à savoir un mouvement principal d'ouverture, permet de finaliser les derniers changements apportés au son émis. De plus, les nerfs responsables de l'innervation du larynx (Nerfs vagues) sortent du crâne par sa base (foramen jugulaire).

Les techniques ostéopathiques utilisées ont toutes pour but de potentialiser l'amplitude de mouvement physiologique des régions décrites précédemment, et ceci par diverses approches : étirement musculaire, mobilisation articulaire, fasciale, etc.

Ces zones ne sont pas forcément travaillées s'il n'y a pas nécessité à le faire. En revanche, elles sont systématiquement testées chez chaque patient du fait de leur

importance dans la genèse vocale. Nous nous inspirons également pour ces tests et techniques du livre d'Alain Piron intitulé « *Techniques ostéopathiques appliquées à la phoniatrie.* »

Les enregistrements vocaux se font deux fois chez chaque patient, tels que:

- Un premier enregistrement avant toute prise en charge. Il sert de témoin spécifique au patient correspondant pour toute la durée de l'étude ;
- Un deuxième enregistrement après la consultation ostéopathique.

La séance se déroule ainsi :

- Tout d'abord, le patient prend connaissance du formulaire de consentement puis le signe ;
- Il exerce ensuite des vocalises pour s'échauffer la voix ;
- Pour être rigoureux dans les enregistrements et pouvoir interpréter leurs résultats, nous demandons systématiquement les mêmes exercices vocaux à chaque patient et à chaque nouvel enregistrement. Ainsi le patient doit chanter une note qu'il choisit pour son confort, le plus longtemps et le plus juste possible. Nous appelons cet exercice « la note tenue ». Il doit ensuite chanter une gamme de notes continues de la plus grave à la plus aigue, en prononçant la voyelle « A ».
- Le patient est ensuite dirigé sans le savoir au hasard soit vers le groupe traité, soit vers le groupe simulé ;
- Après traitement, des nouveaux enregistrements sont effectués avec exactement les mêmes exercices qu'avant traitement;

A noter qu'un enregistrement de la salle « à vide » a été réalisé avant l'expérimentation, ceci dans le but d'isoler les possibles sources sonores, mêmes minimales, propres à la salle.

3. RESULTATS

3.1. ANALYSE EXPLORATOIRE DES SPECTROGRAMMES.

Cette analyse est réalisée à partir des enregistrements concernant l'exercice de la note tenue.

- Enregistrements du groupe simulé, avant traitement simulé (TS) :

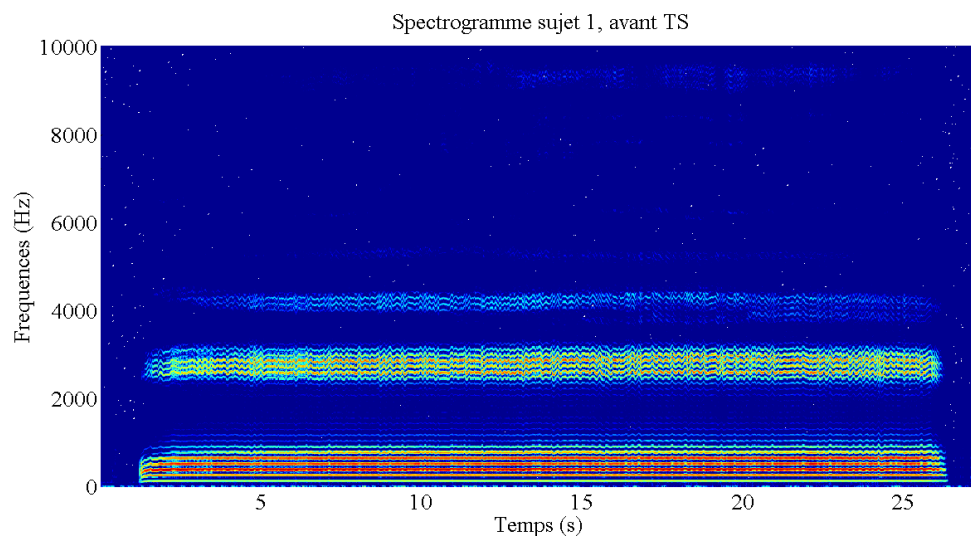


Figure 3 : Spectrogramme sujet 1, avant TS

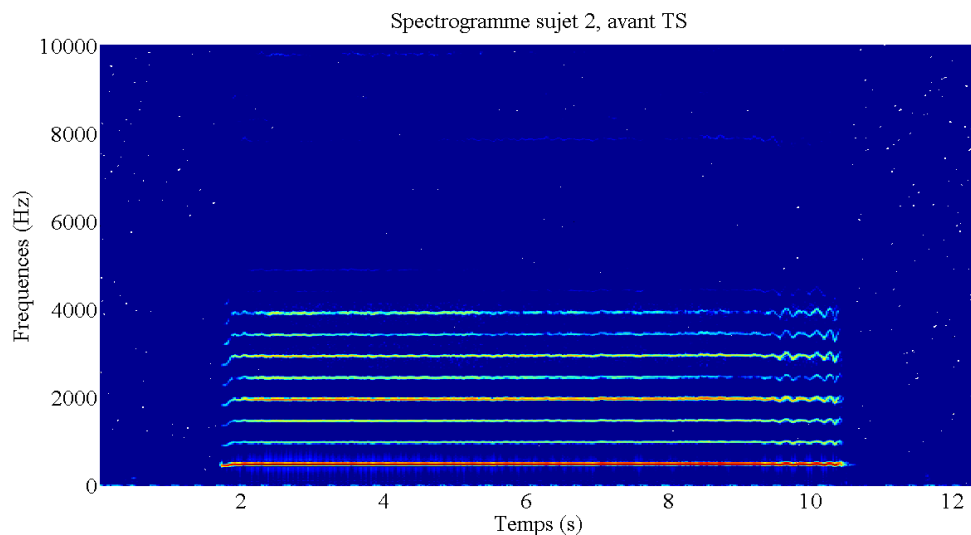


Figure 4 : Spectrogramme sujet 2, avant TS

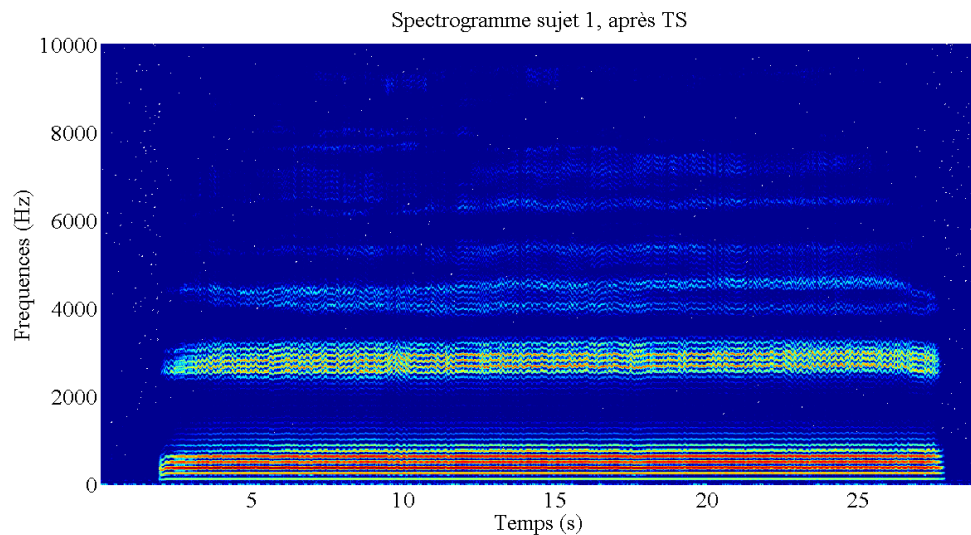
Le bleu correspond au vide sonore. Plus on tend vers des couleurs chaudes, plus le son est riche en notes de fréquences correspondantes (ordonnée), appelées

harmoniques. L'harmonique Fondamentale est en rouge : c'est la note prédominante dans le son entendu.

Pour le sujet 1 avant TS, nous distinguons deux formants principaux de 0 à 1000 Hertz et de 2100 à 3100 Hertz environ, et un troisième formant beaucoup moins riche en harmoniques aux alentours de 4000 Hertz.

Pour le sujet 2 avant TS, nous distinguons un formant composé de 8 harmoniques allant de 400 à 4000 Hertz environ.

- Enregistrements du groupe simulé, après traitement simulé (TS) :



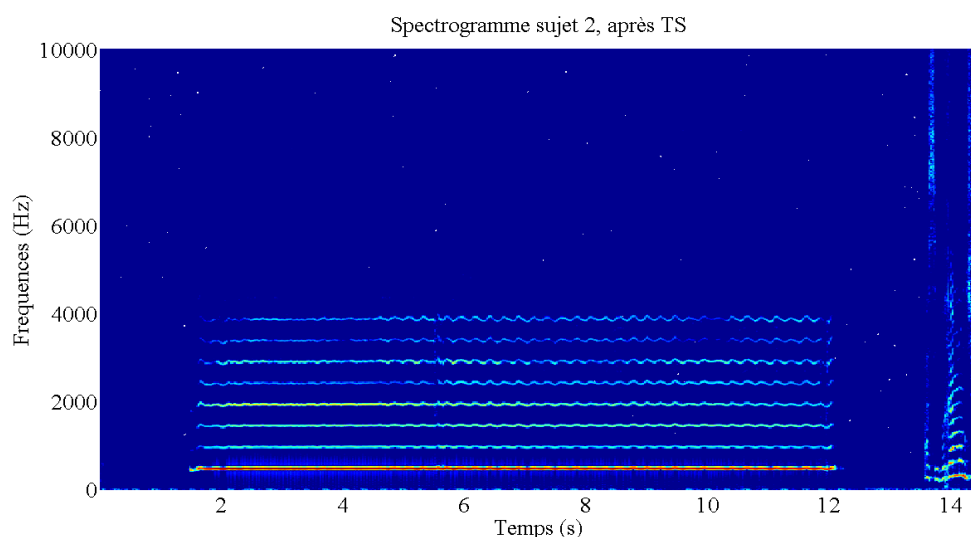


Figure 6 : Spectrogramme sujet 2, après TS

Nous constatons pour les deux sujets 1 et 2 après TS que la forme des spectrogrammes n'a peu, voire pas du tout évoluée. Nous retrouvons toujours les 8 harmoniques allant de 400 à 4000 Hertz environ pour le sujet 2. Le sujet 1 présente quelques traces d'harmoniques supplémentaires au-delà des 4000 Hertz mais elles ne sont pas assez marquées et constantes pour être significatives (nous observons en revanche toujours ses 3 formants d'origine).

- Enregistrements du groupe traité, avant traitement (T) :

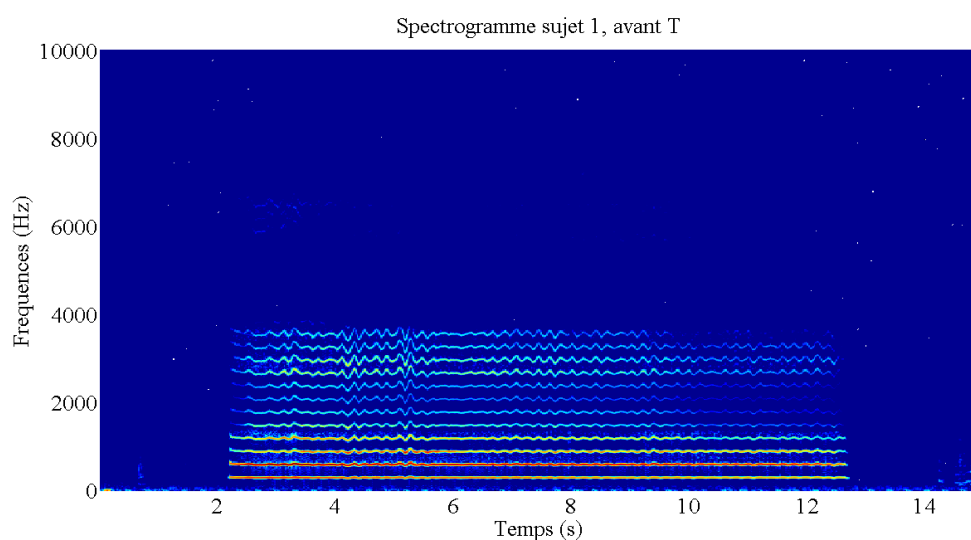


Figure 7 : Spectrogramme sujet 1, avant T

Pour le sujet 1 avant T, nous observons surtout deux formants clairs et continus composés chacun de 4 harmoniques, de 100 à 1500 Hertz environ pour le premier et de 2800 à 3700 Hertz environ pour le deuxième.

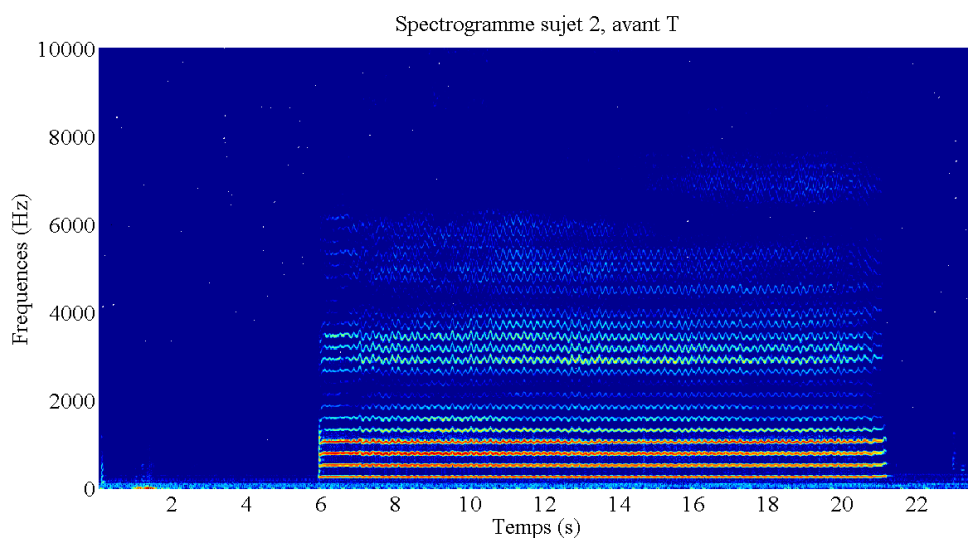


Figure 8 : Spectrogramme sujet 2, avant T

Pour le sujet 2 avant T, nous observons surtout deux formants clairs et continus composés respectivement de 6 et 4 harmoniques, de 100 à 1800 Hertz environ pour le premier, et de 3000 à 3800 Hertz environ pour le deuxième. A noter quelques harmoniques présentes de façon discontinue et faible aux alentours des 5000 Hertz.

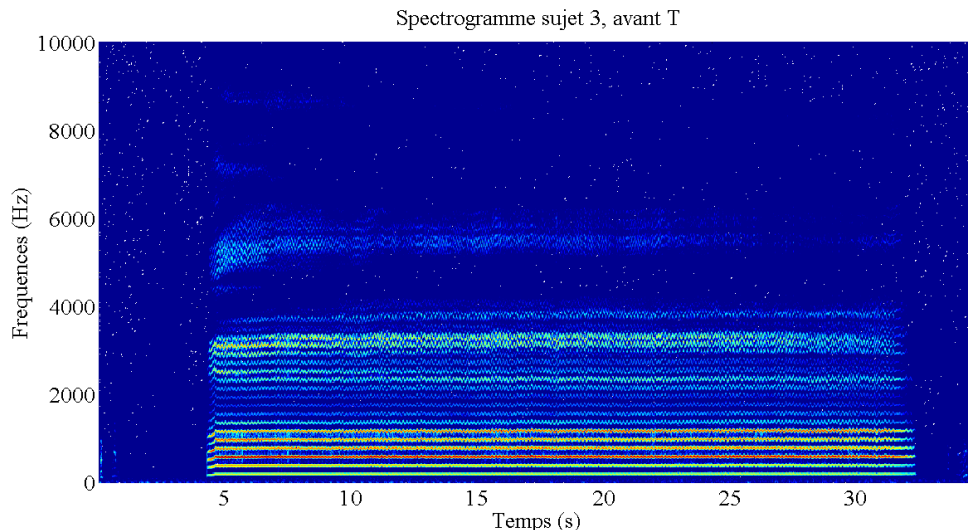


Figure 9 : Spectrogramme sujet 3, avant T

Pour le sujet 3 avant T, nous observons surtout deux formants clairs et continus composés respectivement de 7 et 6 harmoniques, de 100 à 1200 Hertz environ pour le premier, et de 2200 à 3300 Hertz environ pour le deuxième. A noter quelques harmoniques présentes en tout début d'enregistrement aux alentours de 5000-5500 Hertz mais qui disparaissent assez rapidement (dans les 10 premières secondes).

- Enregistrements du groupe traité, après traitement (T) :

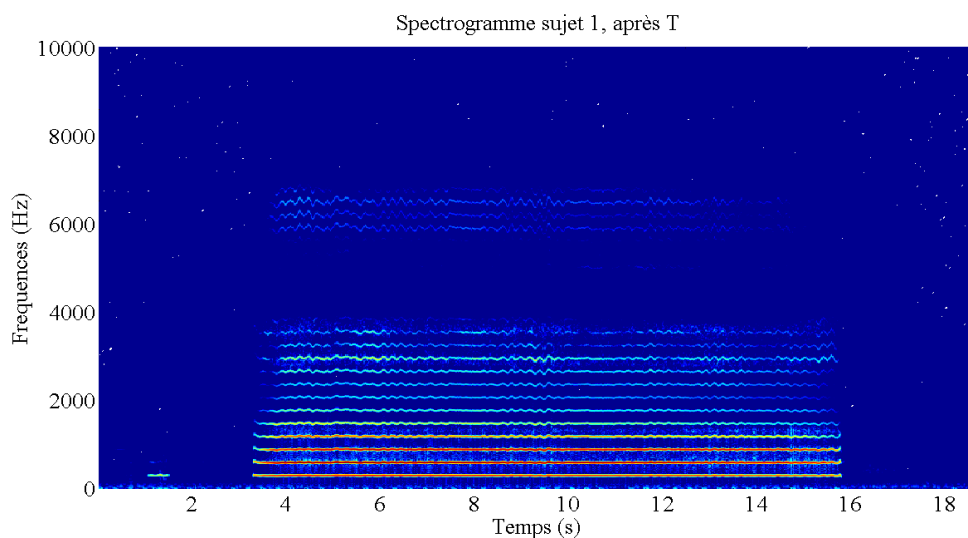


Figure 10 : Spectrogramme sujet 1, après T

Pour le sujet 1 après T, nous retrouvons les deux formants observés avant traitement composés chacun de 4 harmoniques de 100 à 1500 Hertz environ pour le premier et de 2800 à 3700 Hertz environ pour le deuxième. Mais nous pouvons observer également l'apparition d'un troisième formant qui n'existait pas au premier enregistrement, aux alentours de 6000-6500 Hertz et composé de 2 voire 3 harmoniques.

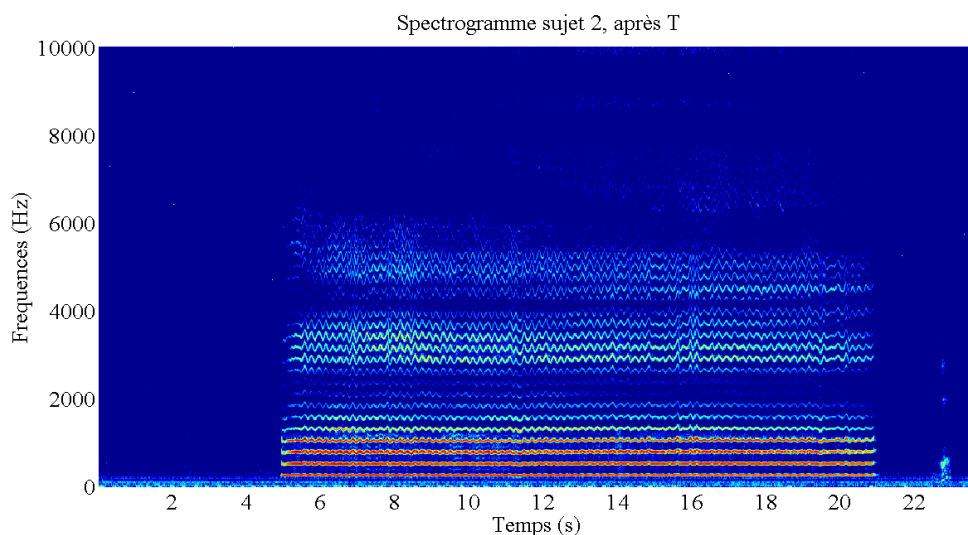


Figure 11 : Spectrogramme sujet 2, après T

Pour le sujet 2 après T, nous retrouvons les deux formants enregistrés avant T avec un peu plus d'harmoniques dans le deuxième formant de 3000 à 4000 Hertz

environ, et surtout l'apparition d'un troisième formant clair et continu composé de 4 harmoniques aux alentours de 5000 Hertz, dans la même région où l'on avait pu observer avant T quelques harmoniques discontinues et faibles.

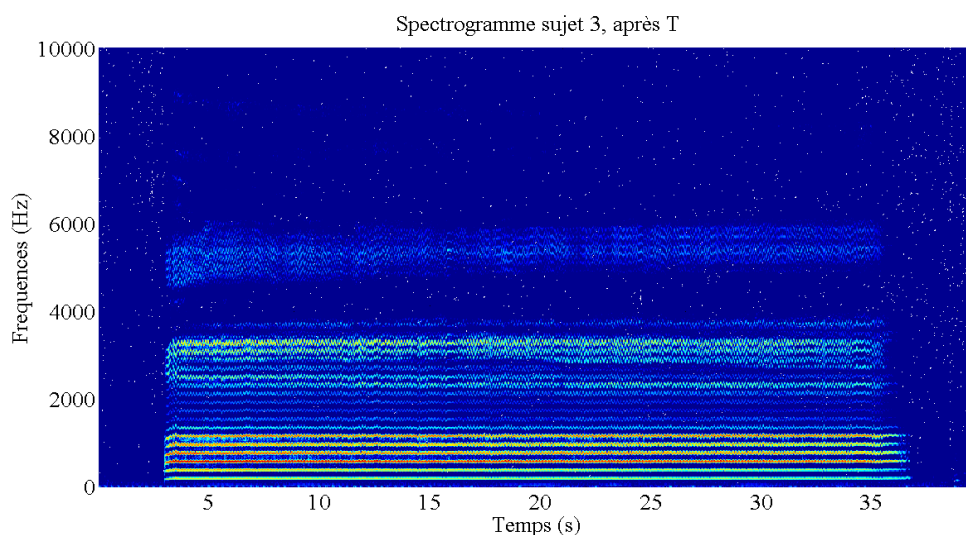


Figure 12 : Spectrogramme sujet 3, après T

Pour le sujet 3 après T, nous retrouvons les deux formants enregistrés avant T et nous pouvons remarquer que les quelques harmoniques aux alentours de 5000-5500 Hertz présentes en début d'enregistrement avant T deviennent, après T, plus claires et plus continues, voire même plus étendues allant jusqu'à 6000 Hertz pour certaines.

3.2. ANALYSE DU GAIN DANS LA TESSITURE.

Cette analyse est réalisée à partir des enregistrements concernant l'exercice de la gamme.

Nous avons utilisé la formule
$$I(cents) = \log \left(\frac{f_1}{f_2} \right) \times \frac{1200}{\log 2^{16}}$$
 dans le logiciel Matlab afin de calculer les intervalles (en cent) de la note la plus basse et de la note la plus aigue, avant et après consultation pour les deux groupes (traité et simulé) ; f_1 étant la fréquence de la note la plus grave/aigue avant consultation, et f_2 la fréquence de la note la plus grave/aigue après consultation.

Sachant que plus un son est aigu et plus sa fréquence est élevée (et inversement pour les sons graves), nous en déduisons qu'un gain dans les sons graves sera caractérisé par un intervalle de signe positif car $f_1 > f_2$. A l'inverse, un gain dans les sons aigus sera caractérisé par un intervalle de signe négatif car $f_1 < f_2$.

Nous obtenons ce tableau :

Tableau I : Analyse des intervalles hauts et des intervalles bas pour les groupes traité et simulé.

		Intervalle de la note la plus basse avant et après consultation (cent)	Intervalle de la note la plus haute avant et après consultation (cent)
TS	Sujet 1	-18	28
	Sujet 2	-11	-20
	Sujet 3	-29	-8
T	Sujet 1	-26	-96
	Sujet 2	116	-35
	Sujet 3	152	-30

Notons que 100 cent = 1 demi-ton. En-dessous de 50 cents d'intervalle (un quart de ton), la différence sonore est difficilement perceptible (surtout dans le domaine de la voix) et donc peu significative.

Nous n'observons alors aucun intervalle significatif (supérieur à 50 cents ou inférieur à -50 cents) dans le groupe avec traitement simulé (TS), que ce soit dans les notes graves ou aigues.

En revanche, nous observons pour le groupé traité (T) :

- Pour le sujet 1, un gain dans les aigus de presque un demi-ton (-96 cents) ;

- Pour le sujet 2, un gain dans les graves d'un peu plus d'un demi-ton (116 cents) ;
- Et enfin pour le sujet 3, un gain dans les graves de trois quarts de ton (152 cents).

4. DISCUSSION

4.1. INTERPRETATION DES RESULTATS.

Dans l'analyse des spectrogrammes, nous avons remarqué qu'une zone du spectre vocal est revenue à chaque fois plus riche en harmoniques chez les sujets après traitement. Cette zone se situe en moyenne autour des 6000 Hertz alors que les chanteurs en question ne sont pas du même sexe ou du même registre vocal. Tous les chanteurs traités ont décrit après le dernier enregistrement une sensation de chanter avec un son « plus plein » que ce qu'ils connaissaient avant le traitement. Est-ce cela qui se caractérise sur les spectrogrammes autour des 6000 Hertz ? La voix paraîtrait alors plus « remplie » car plus d'harmoniques ; et des harmoniques qui sont, qui plus est, dans des régions pauvres voire dépourvues d'autres harmoniques préexistantes. C'est en tout cas un phénomène que l'on ne retrouve pas dans le groupe simulé. Ce qui nous porte à croire que ce sont bien les techniques ostéopathiques qui seraient la cause de ces changements observés.

Dans l'analyse du gain de la tessiture, nous constatons qu'un gain proche ou supérieur à un demi-ton a été retrouvé chez les trois sujets du groupe traité, ce qui n'est pas le cas pour le groupe simulé. Le sujet 1 a présenté son gain dans les aigus alors que les sujets 2 et 3 l'ont présenté dans les graves. Ceci pourrait s'expliquer par le sexe des sujets. En effet, le sujet 1 est une femme, et les sujets 2 et 3 sont des hommes. Nous pouvons supposer qu'il est peut-être plus physiologiquement facile pour la femme de gagner dans les aigus, à l'inverse des hommes qui gagneront plus facilement dans les graves. Il est intéressant en revanche de constater que le gain n'a jamais été dans les graves et les aigus sur le même sujet. Pourquoi ? Est-ce le hasard de l'expérimentation ou y a-t-il un procédé physiologique suite au traitement qui pousse le chanteur à choisir, inconsciemment bien sûr, un côté ou l'autre, dans les graves ou les aigus ?

Quoi qu'il en soit, nos résultats suggèrent que la prise en charge ostéopathique porte une amélioration immédiate sur les performances vocales des chanteurs lyriques. Mais par quels biais ? Au vue des techniques utilisées, principalement musculaires ou plus généralement myo-fasciales, on peut en déduire assez directement que c'est sans doute ce relâchement musculaire, dans les zones corporelles stratégiques aux chanteurs par exemple, qui est la cause de ces résultats. Le relâchement permet la mobilité, la

souplesse de ces zones et donc une propagation et une résonnance plus importantes du son émis.

4.2. LIMITES DE L'ETUDE.

Nous avons tenté de réaliser cette étude avec le plus de rigueur possible mais certains biais et certaines limites ont pu perturber notre expérimentation.

Tout d'abord, le lieu de l'expérimentation ainsi qu'un timing trop serré n'ont pas permis d'avoir une population suffisamment importante. Pour la plupart des chanteurs lyriques, travaillant à Paris, se déplacer jusqu'à l'Ecole Supérieure d'Ostéopathie leur demandait un effort et du temps de libre. C'est également une population qui nécessite d'avoir leur confiance pour pouvoir les voir participer à l'expérimentation. Et cette confiance s'est installée au fil du temps, au fur et à mesure que les chanteurs ayant déjà participés puissent en parler autour d'eux. Malheureusement l'étude a du prendre fin début Mars, ne permettant pas de prendre en charge les chanteurs qui auraient aimé participer par la suite.

Ensuite, il y a les biais propre au déroulement de l'expérimentation. Les conditions d'enregistrement ne sont pas parfaites pour la pratique du chant lyrique : une salle petite et la proximité avec d'autres personnes non-initiées au chant lyrique ont pu gêner les chanteurs.

Le fait que l'étude soit exploratoire et non statistique est également critiquable.

Pour finir, il aurait été intéressant de réaliser cette étude sur plus d'une seule consultation et une seule journée d'enregistrement pour chaque chanteur. En effet, selon la forme physique et mentale du sujet, les enregistrements vocaux peuvent varier. Un suivi sur plusieurs semaines pour chaque chanteur aurait permis d'extraire une « constante » de leurs capacités vocales plus à même d'être comparée.

5. CONCLUSION

Le but de ce mémoire était d'apporter des explications acoustiques sur les bienfaits qu'une prise en charge ostéopathique pouvait procurer à des chanteurs lyriques.

Une amélioration du nombre d'harmoniques ainsi que de la tessiture a pu être observée.

Il nous est difficile de comparer nos résultats observés sur le spectrogramme à ceux d'autres études effectuées en ostéopathie car aucune n'a déjà utilisé ce moyen d'objectivation.

En revanche, l'amélioration de la tessiture a pu déjà être observée dans d'autres études¹⁷ et cela est confirmé malgré une autre approche de calcul.

Pendant cette étude, nous avons considéré les chanteurs lyriques comme des sportifs de haut niveau. A l'image d'un sprinter qui utilise ses muscles ischio-jambiers, le chanteur lyrique sollicite tous les jours des zones stratégiques qui sont propres à sa pratique (Cf protocole). Il est important pour l'ostéopathe d'une part de relâcher et redonner de la mobilité à ces zones, et d'autre part de conseiller les chanteurs à pratiquer eux-mêmes des exercices d'étirement de ces zones après chaque pratique du chant, comme le ferait un sprinter après son entraînement.

Cependant, la voix est un sujet complexe et la simplifier en un aspect purement mécanique n'est pas totalement honnête. C'est ce qui en fait un sujet passionnant. Elle varie au cours de la vie, mais aussi en fonction de nos émotions, de nos humeurs, de notre état de fatigue... Dans sa prise en charge, l'ostéopathe ne doit jamais oublier que l'aspect mécanique n'est qu'une petite partie des processus mis en jeu lors du chant.

Il serait intéressant de réaliser cette étude avec une population plus importante et des enregistrements espacés dans le temps afin d'observer si les changements obtenus sur les spectrogrammes sont du même ordre que dans notre étude. Cela voudrait dire qu'avec de simples mobilisations et manipulations, l'ostéopathe pourrait enrichir le spectre vocale du chanteur lyrique, et donc par conséquent enrichir sa voix !

REFERENCES

- ¹ Wilson Arboleda BM, Frederick AL. Considerations for maintenance of postural alignment for voice production. *Journal of voice*. 2008;22(1):90-99.
- ² Brattström V, Odenrick L, Leanderson R. Dentofacial morphology in professional opera singers. *Acta Odontol. Scand.* juin 1991;49(3):147-151.
- ³ Hellsing E. Changes in the pharyngeal airway in relation to extension of the head. *Eur J Orthod.* 1989;11(4):359-365.
- ⁴ Muto T, Kanazawa M. Positional change of the hyoid bone at maximal mouth opening. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* mai 1994;77(5):451-455.
- ⁵ Hirano M. Objective evaluation of the human voice: clinical aspects. *Folia Phoniatr (Basel)*. 1989;41(2-3):89-144.
- ⁶ GARNIER M. (2003), *Approche de la qualité vocale dans le chant lyrique : perception, verbalisation et corrélats acoustiques*, mémoire DEA ATIAM.
- ⁷ GARNIER M., DUBOIS D., HENRICH N., CASTELLENGO M., POITEVINEAU J. (2005), Etude perceptive et acoustique de la qualité vocale dans le chant lyrique, à paraître dans les *Cahiers du LCPE* n°8.
- ⁸ Johnson G, Skinner M. The demands of professional opera singing on cranio-cervical posture. *Eur Spine J.* 2009;18(4):562-569.
- ⁹ Franco RA, Andrus JG. Common diagnoses and treatments in professional voice users. *Otolaryngol. Clin. North Am.* 2007;40(5):1025-1061, vii.
- ¹⁰ Stojanović J, Ilić N, Stanković P, Arsenijević S, Erdevicki L, Belić B, et al. Risk factors for the appearance of minimal pathologic lesions on vocal folds in vocal professionals. *Vojnosanit Pregl.* 2012;69(11):973-977.

¹¹ Phyland D, Oates J, Greenwood K. Self-reported voice problems among three groups of professional singers. *J Voice*. 1999;13(4):602 611.

¹² Mürbe D, Roers F, Sundberg J. [Voice classification in professional singers: the influence of vocal fold length, vocal tract length and body measurements]. *HNO*. 2011;59(6):556 562.

¹³ B. Chuberre. Les registres et passages dans la voix chantée, 2000. Mémoire de phoniatrie. Université de Nantes.

¹⁴ Henrich N. Mirroring the voice from Garcia to the present day: some insights into singing voice registers. *Logoped Phoniatr Vocol*. 2006;31(1):3 14.

¹⁵ Wikipedia. Cent et savart [Internet]. Disponible sur : http://fr.wikipedia.org/wiki/Cent_et_savart. Dernière mise à jour le 06/03/2014.

¹⁶ BOUDET A. Sons graves, sons aigus: hauteur et fréquence. Une approche sensorielle et expérimentale du son (partie I) [Internet]. Disponible sur : http://www.spirit-science.fr/doc_musique/Sensation-sonore.html. Dernière mise à jour le 05/12/2005.

¹⁷ BALLERINI F. Quand le chanteur et l'ostéopathe parlent la même langue [mémoire]. [France] : ESO ; 2013. 49 p.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Analyse des intervalles hauts et des intervalles bas pour les groupes traité et simulé.	
.....	20

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : carte son M-Audio Fast track pro	11
Figure 2 : microphone Berhinger B-5	11
Figure 3 : Spectrogramme sujet 1, avant TS	14
Figure 4 : Spectrogramme sujet 2, avant TS	14
Figure 5 : Spectrogramme sujet 1, après TS	15
Figure 6 : Spectrogramme sujet 2, après TS	16
Figure 7 : Spectrogramme sujet 1, avant T	16
Figure 8 : Spectrogramme sujet 2, avant T	17
Figure 9 : Spectrogramme sujet 3, avant T	17
Figure 10 : Spectrogramme sujet 1, après T	18
Figure 11 : Spectrogramme sujet 2, après T	18
Figure 12 : Spectrogramme sujet 3, après T	19

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I : table de permutation à 9 éléments.

ANNEXE II : formulaire de consentement.

ANNEXE I : TABLE DE PERMUTATION

Table de permutation de nombres au hasard.

55671	43373	87463	97494	92288	27935	83194
41282	71129	95782	89366	17724	48573	37456
93329	88845	24616	36778	74471	73286	61222
79743	55292	16535	78519	51913	65149	29878
16965	69436	43929	51823	83332	89612	45769
64436	24681	79341	62642	29859	92428	96981
87817	12568	31298	44187	65167	54351	14317
32194	36757	68877	25951	38546	36794	52545
28558	97914	52154	13235	46695	11867	78633
74615	92229	28173	24219	24831	26548	84942
93832	11198	94954	88886	77546	53276	93821
16347	65845	61719	52563	85755	69981	36797
68284	48786	57545	96758	59977	85335	69469
41478	23934	42236	47425	63369	17854	45214
29193	79662	16461	79974	18418	92793	18355
55551	37477	85892	15132	96284	38119	57133
82929	86553	79688	31697	41693	44662	72688
37766	54311	33327	63341	32122	71427	21576
97755	99938	98617	58612	19833	31773	76655
38172	62716	41342	36243	26128	88627	89747
43427	73172	15486	62161	78517	59136	31231
59283	37589	29171	23834	35999	72341	57178
16511	56441	73723	47388	93256	66959	98912
62836	84625	52268	91756	47464	17464	12886
24964	18354	36594	85979	81681	45595	24594
85699	25267	87839	19425	64745	23282	63323
71348	41893	64955	74597	52372	94818	45469
74987	97171	92387	78535	51649	78618	29734
56112	64614	59128	24687	73761	51741	93477
49356	11848	35493	36123	26877	45385	85951
33228	52322	73869	41861	19236	39577	12812
21494	46283	27651	57312	98413	63129	61588
97545	39799	14234	69744	32522	84263	56363
62639	88555	86772	93458	87994	92494	48129
85871	23937	41515	85976	45358	16852	34645
18763	75466	68946	12299	64185	27936	77296
84686	21997	22189	51924	52628	16883	81941
99458	44878	87597	36477	38536	44677	66878
66311	68319	75755	65185	24382	51436	49786
73772	73622	38946	47269	79741	38265	35314
28934	15551	54364	78753	95865	82792	53435
37269	86463	41821	19648	47213	63551	22699
51845	99184	19432	82896	63499	27124	98262
45527	32736	93218	93512	16977	95918	77157
12193	57245	66673	24331	81154	79349	14523

ANNEXE II : FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Je soussigné(e),

Nom :

Prénom :

Tél :

Certifie :

Avoir été informé(e) oralement et par écrit des modalités (objectifs et déroulement) de l'étude "Effets d'une prise en charge ostéopathique sur la qualité vocale des chanteurs lyriques » à laquelle il m'a été proposé de participer, réalisée dans le cadre d'un mémoire de fin de cursus en ostéopathie dont l'investigateur est :

Bourgis Pierre

Téléphone : 0683604717

E-mail : pier.bourgis@hotmail.fr

étudiant en 6^{ème} année à l'Ecole Supérieure d'Ostéopathie, sous la tutelle d'un ostéopathe diplômé et donner mon accord pour participer à l'étude en tant que patient.

Avoir été informé(e) des avantages et des risques éventuels qui sont associés à cette étude et des contraintes inhérentes à la participation à cette étude.

Avoir disposé d'un délai de réflexion avant de prendre ma décision (je peux à tout moment obtenir des informations complémentaires auprès de l'investigateur).

Avoir été informé(e) qu'en cas de préjudice, l'étudiant demeurant élève de son école, cette dernière en endosse la responsabilité.

Accepter que les données enregistrées à l'occasion de cette étude soient utilisées sous couvert de l'anonymat dans le cadre exclusif de cette étude.

J'ai pris connaissance de mon droit d'accès et de rectification des informations me concernant conformément à la loi « informatique et liberté » qui s'exerce à tout moment auprès de l'investigateur.

J'accepte de participer librement à cette étude dont j'ai bien compris l'intérêt et les modalités pratiques de réalisation. A tout moment, je peux parfaitement arrêter ma participation.

Fait à....., le

Signature du patient

Signature de l'investigateur

Précédée de la mention « Lu et approuvé »

RESUMES

La pratique du chant lyrique nécessite une bonne intégrité du corps dans son ensemble. L'Ostéopathie propose d'améliorer cette intégrité du corps et de limiter les contraintes physiques lors du chant.

Ce mémoire a pour but de montrer les effets d'une prise en charge ostéopathique sur les performances vocales des chanteurs lyriques. Pour cela, la population se compose de 6 chanteurs, 4 hommes et 2 femmes, de niveau professionnel ou en cours de formation (conservatoire). Ils ont été répartis en deux groupes : un premier groupe avec traitement simulé, et un deuxième groupe avec traitement ostéopathique. Une consultation de 45 minutes environ a été pratiquée pour chacun des chanteurs.

Il s'agit d'une étude exploratoire ayant pour critères d'objectivation la tessiture et un spectrogramme de la voix de chaque chanteur. Des enregistrements vocaux ont été réalisés avant et après traitement sur le logiciel Audacity, puis analysés par le logiciel Matlab.

Les résultats montrent un gain de tessiture et un spectrogramme plus riche pour chaque chanteur du groupe traité en ostéopathie. A noter également une similitude dans les zones enrichies du spectrogramme. Une future étude avec une population plus importante permettrait de confirmer ces résultats.