

Etude comparative des stratégies respiratoires entre les chanteurs lyriques professionnels et débutants¹

A comparative study of breathing strategies in professional lyrical singers and beginners

A. Lassalle
M.-N. Grini
B. Amy de la Bretèque
M. Ouaknine
A. Giovanni
(Marseille)²

Résumé

L'apprentissage du chant lyrique nécessite de nombreuses années d'études. Il repose principalement sur la maîtrise des différents étages de l'appareil vocal : la soufflerie (les poumons), le vibrateur (les cordes vocales) et les résonateurs (cavité pharyngo-buccale). Dans cette étude, nous nous sommes intéressés essentiellement à l'utilisation du premier étage, c'est-à-dire le travail respiratoire. Lorsque l'activité sonore devient plus exigeante, la respiration devient plus soutenue et plus complexe et alors les difficultés surgissent. Les chanteurs vont résoudre ces difficultés différemment selon leur degré d'entraînement vocal et selon leur enseignement. Notre étude a comparé ces stratégies respiratoires chez des sujets sans antécédents vocaux, chanteuses professionnelles et des sujets sans antécédents vocaux, chanteuses débutantes (en premier cycle de conservatoire) lors d'une émission vocale chantée. Nous avons mesuré l'activité des muscles abdominaux grands droits, obliques externes et transverses à l'aide d'une étude électromyographique. Elle consistait à placer des électrodes de surface sur ces muscles et à enregistrer leur activité. Nous avons également étudié les déplacements de la cage thoracique à l'aide d'une étude cinématique : des ceintures à capteurs de pression, étaient placées au niveau de la zone sus-pubienne, de la zone ombilico-épigastrique et de la zone thoracique. Les expérimentations étaient réalisées en deux temps : les chanteuses exécutaient d'abord des vocalises sur [i] puis un air extrait d'un vaccaï. Les résultats obtenus ont été comparés entre les 7 chanteuses professionnelles et les 6 chanteuses débutantes. Ils ont permis de confirmer qualitativement l'existence de stratégies respiratoires différentes selon le degré d'entraînement vocal, déjà décrites dans la littérature : les chanteuses professionnelles inhibent l'activité de leurs muscles grands droits au moment de l'émission vocale chantée et utilisent principalement leurs muscles obliques externes et transverses, ce qui leur permet de garder la cage thoracique en ouverture et d'avoir un souffle expiratoire plus long. Les débutantes, au contraire, travaillent de façon intensive avec toute la portion abdominale, ce qui entraîne une fermeture de la cage thoracique. Leur gestion de l'air s'avère plus difficile, leur souffle expiratoire est raccourci. La suite de ce travail serait lors d'une étude à plus grande échelle de dégager les paramètres quantitatifs permettant de différencier de manière plus significative les stratégies des chanteuses professionnelles, de celles des débutantes.

Summary

The apprenticeship for classical singing requires years of training due to its complexity. This training is directed at the different levels of the vocal apparatus: the source of energy or air flow (lungs), the vibrator (vocal cords) and the resonators (bucco-pharyngeal cavity). For this study we have concentrated on the first level, that is, respiration. When a greater demand of vocal activity is required respiration becomes more sustained and more complex ; this is when difficulties may be observed. Singers overcome these difficulties through different strategies according to their level of vocal training. Our study compared respiratory strategies used by professional singers and singing students (first year conservatoire students) during singing tasks ; none of the subjects had any history of vocal pathology. Electromyographic analysis of muscle activity was registered for the rectus abdominals muscle, external oblique muscle and transverse muscle with surface electrodes. Kinetic analysis was used to measure thoracic cage displacement: pressure sensitive belts were placed around the pubis, the epigastric region and thorax. The subjects were asked to perform two vocal tasks: vocalization of a sustained "i" and singing of an extract of a vaccaï. Results were compared between the 7 professional singers and the 6 singing students. They allowed us to confirm the existence of distinct respiratory strategies according to the level of vocal training, as described in literature. Professional singers inhibited the activity of their rectus abdominals muscles during singing and used mostly their external oblique and transverse muscles, thus, sustaining an expanded ribcage and a longer expiratory breath. Singing students, on the other hand, worked intensively all the abdominal muscles leading to a collapse of the ribcage. Management of air was more difficult and breath was shorter. Future studies will consider a larger population sample in order to define quantitative parameters that might allow a significant differentiation of respiratory strategies between professional singers and singing students.

Mots-clés : Chant lyrique, analyse électromyographique, ceintures à capteurs de pression, stratégies respiratoires.

Key-words : Lyrical song, electromyographic study, pressure sensitive belt, breathing strategies.

1. Communication présentée lors du Congrès de la Société Française de Phoniatrie, Paris Octobre 2002.
2. CHU de la Timone (Pr M Zanaret), Fédération d'ORL et CCF, Hôpital d'Adultes de la Timone, 264, rue Saint-Pierre, F-13385 Marseille Cedex 05, France. Email : agiovann@ap-hm.fr

Article reçu : 22/01/03

Etude comparative des stratégies respiratoires entre les chanteurs lyriques professionnels et débutants, A. Lassalle et al.

INTRODUCTION

La pratique du chant lyrique repose sur la maîtrise des différents étages de l'appareil vocal. Lorsqu'on chante, le souffle provenant des poumons (soufflerie)

s'engage dans la trachée en haut de laquelle, il se heurte aux cordes vocales (vibrateur). Le son créé par la vibration des cordes va ensuite être travaillé dans la cavité pharyngo-buccale (résonateurs) pour être enfin émis. Le souffle est donc la condition nécessaire à l'émission du son et son contrôle tout le long de cette émission sonore va permettre de la mener à bien. Cette respiration source du son est souvent nommée respiration abdominale. L'emploi de ce terme peut être cause d'incompréhension car il ne correspond pas à nos notions anatomiques : les poumons ne sont pas dans l'abdomen. En fait ce terme trouve son origine dans la manière d'inspirer et d'expirer du chanteur.

Le type respiratoire qui caractérise la phonation chantée correspond en inspiration à un relâchement abdominal, entraînant par un système de vases communicants la descente du diaphragme [1], les muscles intercostaux externes vont ouvrir les côtes permettant un élargissement de la cage thoracique. Celui-ci va être aidé par la mise en action de muscles de la posture : le petit dentelé qui va permettre lui aussi une ouverture costale dans le sens latéral et les para-vertébraux qui vont allonger les vertèbres ce qui entraîne une ouverture de la cage thoracique dans le sens vertical. La quantité d'air inspiré sera ainsi plus importante, de l'ordre de 1000 à 1500 ml contre 500 ml au repos [2].

Lors de l'expiration, sous l'action des muscles obliques et transverses de l'abdomen, la paroi abdominale se rétracte et remonte lentement le diaphragme. Ces muscles sont difficilement individualisables et mobilisables par une personne non expérimentée. L'intérêt de ce mode expiratoire est de retarder la montée du diaphragme. En effet, il permet d'inhiber les muscles expirateurs intercostaux internes et d'éviter toute traction sur la cage thoracique par les muscles grands droits. Or le chanteur doit retarder le plus possible la fermeture des côtes sur l'expiration car dès que les côtes s'affaissent, la force élastique de rappel accélère la sortie de l'air, le diaphragme remonte et accélère encore la sortie de l'air. Il apparaît alors une augmentation importante de la pression sous-glottique. Le sternum et les clavicules ont tendance à descendre, à mettre en tension l'appareil suspenseur du larynx et à attirer ce dernier vers le bas. Ce type respiratoire est généralement accompagné d'une respiration thoracique inférieure avec un élargissement de la base thoracique au moment de l'inspiration suivi, en expiration, d'un rétrécissement latéral de la base thoracique [2, 3].

Watson a montré que la portion de l'abdomen la plus active lors de la phase expiratoire pendant le chant classique était la portion latérale, lieux des abdominaux obliques externes et transverses [4]. De même, Astraquillo montre dans une étude électromyographique ancienne que ce sont les muscles obliques externes qui interviennent le plus lors du chant alors que les grands droits n'ont qu'une faible activité. De plus, les mouvements de la cage thoracique semblent plus importants chez les sujets

non entraînés. Ceux-ci ont tendance à faire intervenir leurs grands droits qui ont une action directe sur la cage thoracique [5]. En enregistrant les déplacements de la cage thoracique et de l'abdomen ainsi que le rendement acoustique chez des sujets chanteurs lors d'une production vocale à haute intensité, Thorpe, montre que la projection vocale est meilleure si la cage thoracique est plus large, dans le sens latéral et si la dimension de l'abdomen augmente dans le même sens. Ce qui, suggère que le support abdominal lors de la projection vocale requiert une mise en action plus grande des muscles abdominaux [6].

Outre cette mise en jeu particulière des abdominaux, certains auteurs parlent d'une autre stratégie lors du souffle phonatoire chez le chanteur lyrique, c'est l'antagonisme diaphragme-abdominaux. Il s'agit d'une technique de chant qui consiste à conserver tout au long d'une période donnée une posture proche de celle qui prévalait au début de la phase d'inspiration du cycle respiratoire [7], c'est-à-dire un sternum modérément haut, les côtes en ouverture et le diaphragme en position basse. Les muscles inspiratoires, principalement le diaphragme, continuent leur action, ils retiennent l'air dans les poumons alors que les muscles expiratoires abdominaux essayent de le chasser. Ce contrôle respiratoire a pour objet de retarder à la fois l'affaissement des côtes et le retour du diaphragme à la forme de coupole. En d'autres termes, la musculature de l'inspiration oppose une résistance continue au mécanisme de l'affaissement respiratoire [19]. Le diaphragme se décontracterait petit à petit s'opposant à la contraction progressive des obliques externes et des transverses. On obtient ainsi une sorte d'équilibre qui permet le soutien respiratoire. Le diaphragme remonte lentement autorisant un allongement des rhèses expiratoires, ainsi qu'une précision du geste expiratoire [8].

Cet aspect de la cinématique respiratoire dans le chant lyrique ne rassemble pas tous les auteurs. Pour certains d'entre eux, seuls les abdominaux interviennent lors de la phase expiratoire. Le diaphragme n'est pas un régulateur de l'expiration, la mise en jeu de cet antagonisme permet éventuellement d'accompagner l'émission d'un son nécessitant une faible pression (mais ce n'est pas la raison de cette faible pression). En effet, "lorsque la pression de la colonne d'air doit être faible, mais stable, ainsi que le débit, si la pression abdominale est faible elle aussi, la marge de compression du contenu abdominal serait alors grande, ce qui se traduirait par une moins bonne cohésion entre la sangle et le diaphragme. Le chanteur aurait davantage de difficultés à doser le débit et la pression, et donc à former le son. Dans cette condition, on peut imaginer que la mise en action simultanée du diaphragme et de la sangle abdominale améliore la précision du contrôle expiratoire" [9].

L'objectif de notre travail était de comprendre ces notions décrites dans la littérature sur la manière utilisée par le chanteur pour contrôler son expiration, en vérifiant

si les chanteurs lyriques ont un emploi particulier de leurs abdominaux et s'il existe véritablement un bras de fer entre abdominaux et diaphragme au moment de l'émission vocale chantée. Notre hypothèse étant que les chanteurs inhibent leur muscles grands droits et contrôlent la fermeture de la cage thoracique, mais que leurs stratégies diffèrent en fonction de leur degré d'entraînement vocal et de leur enseignement.

MATERIEL ET METHODE

Sujets étudiés

Nous avons étudié l'activité des muscles abdominaux et les déplacements de la cage thoracique durant la phonation de sujets sains ($n = 7$), sans antécédents vocaux, chanteuses professionnelles, choisies dans la distribution d'un Opéra se déroulant à Marseille.

Nous avons fait de même avec des sujets chanteurs débutants choisis en premier cycle de conservatoire, sans antécédents vocaux ($n = 6$).

Tous nos sujets étaient de sexe féminin, âgés de 20 à 40 ans afin d'éviter les biais hormonaux. L'âge moyen des sujets professionnels était de 33,4 ans et celui des sujets débutants de 22,7 ans.

Critères utilisés

L'activité des muscles abdominaux a été jugée par un ensemble d'analyse électromyographique. Nous avons utilisé des électrodes de surface sèches pour adulte (ref. MF3MO1545-15) de 4.5 cm de diamètre. Nous les avons placées sur l'abdomen unilatéralement au niveau du pubis (zone d'insertion des muscles grands droits), au niveau des six dernières côtes (zone d'insertion des muscles transverses) et au niveau des huit dernières côtes (zone d'insertion des muscles obliques externes) en avant, dans le sens des fibres. Les électrodes étaient placées après que la zone de localisation a été frottée avec de l'alcool. Un gel de contact était utilisé pour améliorer la réception du signal. L'emplacement des électrodes a été décidé conformément à la littérature [Rouvière, 1960] dans le sens d'orientation des fibres. Les données étaient recueillies par un ordinateur à l'aide d'un logiciel adapté, crée dans notre laboratoire (Pétra). Chaque tracé obtenu était traité à l'aide d'un ordinateur de type PC sous un programme spécialement conçu dans notre laboratoire, le programme Signal Lab (éditeur de signal).

L'activité de la cage thoracique a été déterminée par un ensemble d'analyse cinématique. Nous avons utilisé trois ceintures à capteur de pression ajustables, fabriquées spécialement pour cette expérimentation (Sensi-Resp). Elles mesuraient 1m de long et 2.5 cm de large. Elles étaient placées au niveau de la zone sus-pubienne (notée pubis dans les légendes), de la zone ombilico-épigastrique (que nous appellerons pour plus de facilité la zone abdominale) et de la zone thoracique. Leur degré d'écartement permettait de nous renseigner sur les dépla-

cements de la cage thoracique et peut-être par déduction sur les positions approximatives du diaphragme au moment de la phonation chantée. Leur emplacement avait été décidé conformément à la littérature [11]. Les données étaient recueillies par un ordinateur à l'aide d'un logiciel adapté, crée dans notre laboratoire (Pétra). Chaque tracé obtenu était traité en différé à l'aide d'un ordinateur de type PC sous le programme Signal Lab. Toutes les courbes sont harmonisées sur l'ensemble des tracés afin d'être comparables.

La production sonore des sujets était simultanément recueillie à l'aide d'un microphone Sennheiser électrostatique (à condensateur) afin d'enregistrer la voix des sujets étudiés lors de l'expérimentation. Une carte d'acquisition acoustique permettait l'enveloppe du signal acoustique obtenu et sa mise en forme.

L'expérimentation se déroulait dans une cabine d'isolement, le sujet était placé sur un plateau indiquant l'emplacement des pieds. Ce plateau donnait la position de référence selon les normes de l'association de posturologie, c'est-à-dire talons joints, formant un angle de 30 degrés, il était situé à 1 mètre 50 du mur. Le sujet se tenait debout, les bras le long du corps.

Le sujet avait pour consignes, dans un premier temps de réaliser des vocalises sur [i] du grave vers l'aigu pendant 10 secondes avec une pause de 10 secondes entre chaque vocalise (un voyant lumineux situé lui aussi

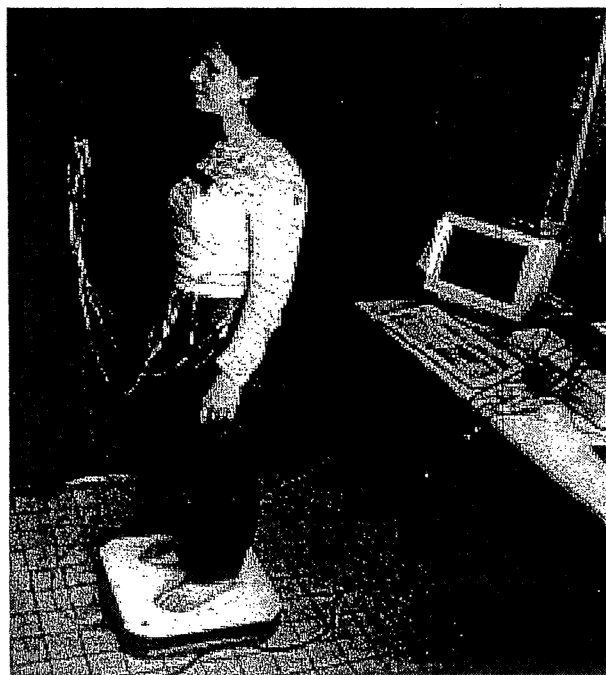
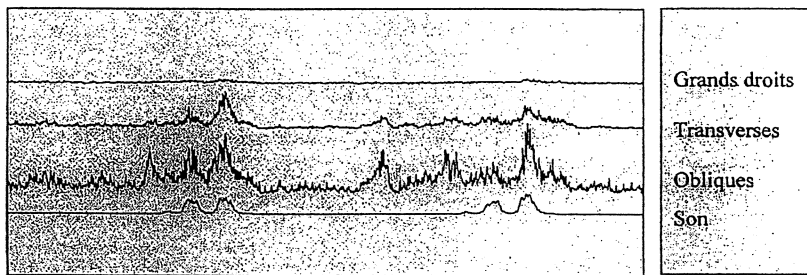


Fig. 1 : Déroulement de l'expérimentation

- ⇒ Le sujet est debout bras le long du corps sur une plate-forme
- ⇒ Des électrodes de surface sont placées sur les muscles abdominaux grands droits, obliques externes et transverses unilatéralement
- ⇒ Des ceintures à capteurs de pression sont placées au niveau de la zone sus-pubienne, de la zone ombilicale et de la zone thoracique

Vocalises

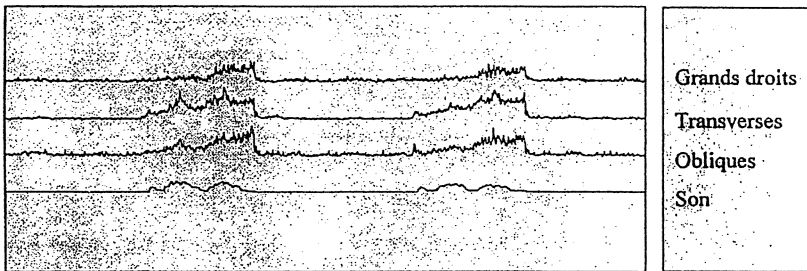


Vaccaï



Fig. 2 : Courbes de l'activité musculaire d'une chanteuse professionnelle, soprano lyrique, lors de la production des vocalises et du vaccaï.

Vocalises



Vaccaï

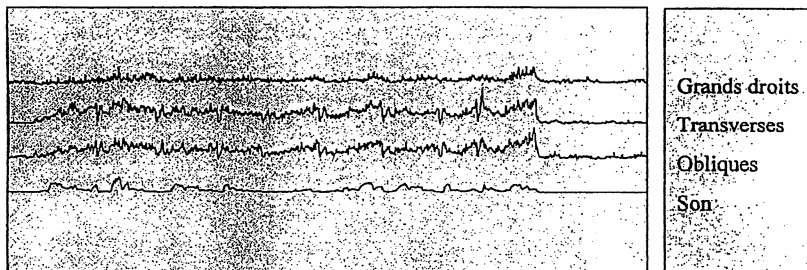


Fig. 3 : Courbes de l'activité musculaire d'une chanteuse débutante, soprano, lors de la production des vocalises et du vaccaï.

à 1 mètre 50 du sujet en face de celui-ci et à hauteur de son regard permettait au sujet de savoir à quel moment débutaient ses vocalises) et dans un deuxième temps de chanter un air lyrique extrait d'un vaccaï, dont il avait pris connaissance auparavant. Le chanteur devait réaliser ces deux échantillons vocaux à l'intensité la plus proche de celle du concert. Chaque enregistrement durait 51,2 secondes pour chaque tâche vocale. Le traitement était effectué en différé (figure 1).

RESULTATS

Les données recueillies ont été synchronisées et affichées avec l'éditeur de signal. Nous présentons les courbes d'une chanteuse professionnelle (figure 2) et d'une chanteuse débutante (figure 3) lors de l'enregistrement électromyographique de la vocalise et du vaccaï.

Les résultats que l'on a pu trouver chez les professionnelles et les débutantes montrent que les professionnelles inhibent leurs grands droits lors de leur émission vocale dans les vocalises et dans le vaccaï. Les débutantes mettent en jeu les trois muscles sans les dissocier (figure 4).

Pour avoir un aperçu plus global, nous avons regroupé les résultats obtenus pour les 7 professionnelles et les 6 débutantes (figure 5). On voit bien que les professionnelles inhibent leurs grands droits au contraire des débutantes. De plus pour le même échantillon vocal demandé, les débutantes travaillent de façon plus intensive.

Nous avons observé trois instants clés dans l'enregistrement :

⇨ au moment de l'initiation vocale, on note une mise en jeu préalable au chant des muscles obliques et transverses chez les professionnelles qui n'existe pas chez les débutantes (figure 6) ;

⇨ à la fin de la vocalisation, on voit une décontraction progressive des muscles obliques et transverses chez la professionnelle et une contraction intensive de tous les muscles chez la débutante comme si elle manquait d'air et cherchait à utiliser l'air résiduel (figure 7) ;

⇨ la production des notes aiguës met en évidence une activité plus importante des obliques et des transverses chez la professionnelle alors que la débutante contracte les trois muscles plus intensément sur la note aiguë avec un travail plus important des grands droits (figure 8).

En regroupant les résultats obtenus chez l'ensemble des sujets testés, on observe mieux les tendances précédemment décrites (figure 9) et la différence professionnelles / débutantes est très nette.

L'analyse cinématique a posé des difficultés de calibrage et d'utilisation, peu de courbes ont pu être interprétées. De plus il était difficile de comprendre les courbes dans leur globalité. Nous présentons les enregistrements que nous avons pu obtenir avec une chanteuse professionnelle (figure 10) et trois chanteuses débutantes (figure 11 à 13) lors de l'enregistrement cinématique de la vocalise et du vaccaï. Lorsque la courbe monte cela correspond à un resserrement de la ceinture lorsqu'elle descend, la ceinture s'écarte.

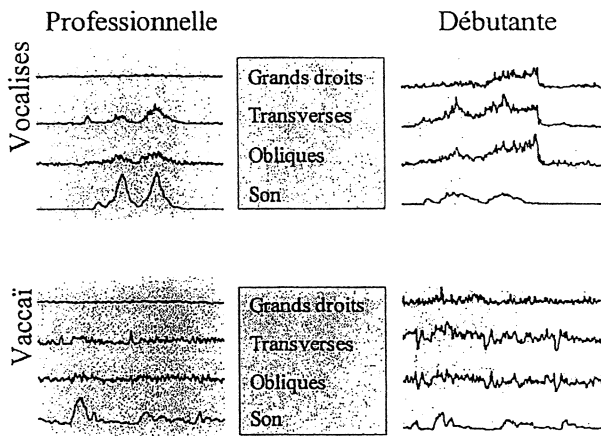


Fig. 4 : Comparaison de l'activité des muscles abdominaux entre une professionnelle et une débutante pendant la vocalisation.

On se rend compte que chez la professionnelle, au moment d'émettre la note aiguë, la zone sus-pubienne se resserre, celle abdominale fait saillie, la zone thoracique reste stable.

Chez la débutante, à partir de la note aiguë, on observe un resserrement des trois ceintures, signe d'un affaissement thoracique (figure 14).

Deux autres moments nous ont apporté des informations identiques dans le vaccaï et les vocalises, le premier est la prise inspiratoire avant la vocalisation. La prise inspiratoire est abdominale basse chez la professionnelle (les ceintures pubienne et abdominale s'écartent) alors qu'elle est thoraco-abdominale chez la débutante (les ceintures thoracique et abdominale sont écartées) (figure 15).

On observe aussi à la fin de la vocalisation une reprise inspiratoire thoraco-abdominale avec un écartement de la ceinture thoracique important. Chez la professionnelle, on observe un écartement abdominal, la courbe pubienne est saturée (figure 16).

Enfin, la mise en place du soutien phonatoire au moment de la note aiguë est quelque peu différente chez la professionnelle dans le vaccaï. En effet, la professionnelle va comme dans les vocalises rentrer la partie sus-pubienne et faire saillir la zone abdominale mais elle le fait légèrement avant la note aiguë. Dans le chant continu, elle a un comportement d'adaptation préphonatoire en anticipant le moment difficile, ce qui lui évite de se crispier. Chez la débutante, ce comportement n'existe pas. Elle ne sollicite pas sa zone pubienne, elle écarte la ceinture abdominale et resserre celle thoracique (figure 17).

			Droits	Obliques	Transverses
Marie	Soprano	Pro			
Muriel	Soprano	Pro			
Anne-lise	Soprano	Pro			
Diana	Soprano	Pro			
Michèle	Soprano	Pro			
Anna	Mezzo-soprano	Pro			
Claude	Mezzo-soprano	Pro			
Florence	Soprano	Deb			
Marie	Soprano	Deb			
Coralie	Soprano	Deb			
Bénédictte	Mezzo-soprano	Deb			
Lucie	Mezzo-soprano	Deb			
Dominique	Mezzo-soprano	Deb			



Fig. 5 : Activité générale des muscles abdominaux (vocalise et vaccaï) chez toutes les professionnelles et toutes les débutantes testées. Plus la zone de travail est foncée, plus le muscle travaille.

Nous avons réalisé les deux études séparément cependant pour mieux comprendre le soutien phonatoire, il semble nécessaire de les comparer. On sait que l'étude électromyographique était parfaitement reproductible, on peut penser que lors de l'étude cinématique, la mise en jeu des muscles abdominaux se faisait à l'identique.

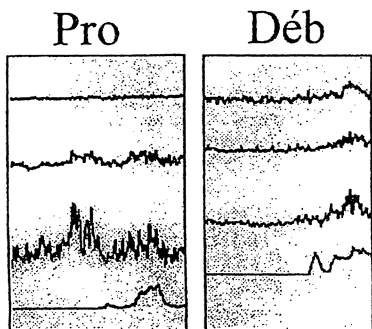


Fig. 6 : Comparaison de l'activité des muscles abdominaux entre une professionnelle et une débutante au moment de l'initiation vocale. En bas, l'enveloppe du signal vocal ; au-dessus l'activité des muscles obliques ; ensuite, l'activité des muscles transverses ; enfin, l'activité des muscles grands droits.

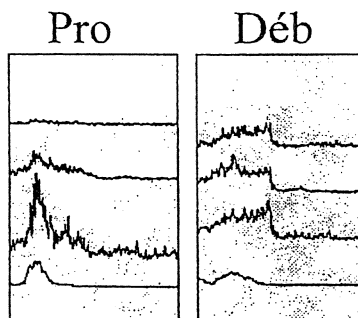


Fig. 7 : Comparaison de l'activité des muscles abdominaux entre une professionnelle et une débutante à la fin de la vocalisation. En bas, l'enveloppe du signal vocal ; au-dessus l'activité des muscles obliques ; ensuite, l'activité des muscles transverses ; enfin, l'activité des muscles grands droits.

Pro Déb

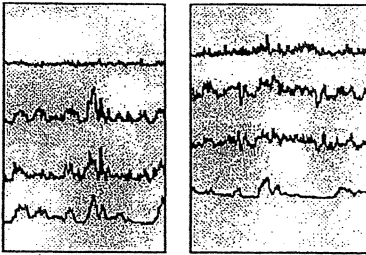


Fig. 8 : Comparaison de l'activité des muscles abdominaux entre une professionnelle et une débutante au moment de l'émission d'une note aiguë. En bas, l'enveloppe du signal vocal ; au-dessus l'activité des muscles obliques ; ensuite, l'activité des muscles transverses ; enfin, l'activité des muscles grands droits.

On se rend compte que le soutien phonatoire est mis en place chez la professionnelle car on observe un retrait de la paroi sus-pubienne et une saillie de la paroi abdominale avec parallèlement une contraction des obliques et des transverses. De plus la mise en jeu préalable des muscles obliques et transverses va permettre un meilleur soutien pendant la phonation.

Chez la débutante, la mise en jeu des grands droits vient contrer celle des obliques et des transverses. Le soutien phonatoire ne peut pas être mené à bien, les mouvements de la cage thoracique sont moins amples.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Notre travail avait pour objectif de valider les hypothèses, conformes aux données classiques, que les chanteuses lyriques mettent en jeu la portion médiane de l'abdomen et inhibent la portion centrale lors de leur émission vocale et qu'il existe au moment de l'expiration un bras de fer entre l'action du diaphragme et celle des muscles abdominaux [12, 7]. Cet objectif est pour moitié atteint.

L'appareillage électromyographique a permis de confirmer l'existence d'un comportement expiratoire particulier chez les chanteuses lyriques professionnelles [5]. L'émission vocale est souvent précédée d'une mise en tension de la musculature abdominale latérale (transverses et obliques) : phénomène d'anticipation préphonatoire [13, 14]. C'est cette même musculature qui est mise en jeu lors de l'interprétation d'une vocalise ou d'une mélodie. Enfin, on observe un retour à la position de repos lent et régulier à la fin de la phonation chantée de ces mêmes

Sujets	Initiation vocale			Fin de vocalisation			Notes aiguës		
	Droit	Obliq	Trans	Droit	Obliq	Trans	Droit	Obliq	Trans
Marie	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Muriel	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Anne-lise	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Diana	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Michèle	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Anna	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Claude	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Florence	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Marie	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Coralie	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bénédictte	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Lucie	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Dominique	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■ Activité intense du muscle
 ■ Forte activité du muscle
 ■ Activité faible ou moyenne du muscle ou décontraction progressive du muscle

Fig. 9 : Activité générale des muscles abdominaux (vocalise et vaccaï) chez toutes les professionnelles et toutes les débutantes testées au moment de l'initiation vocale, de la fin de l'émission vocale et lors de la production d'une note aiguë. Plus la zone de travail est foncée, plus le muscle travaille.

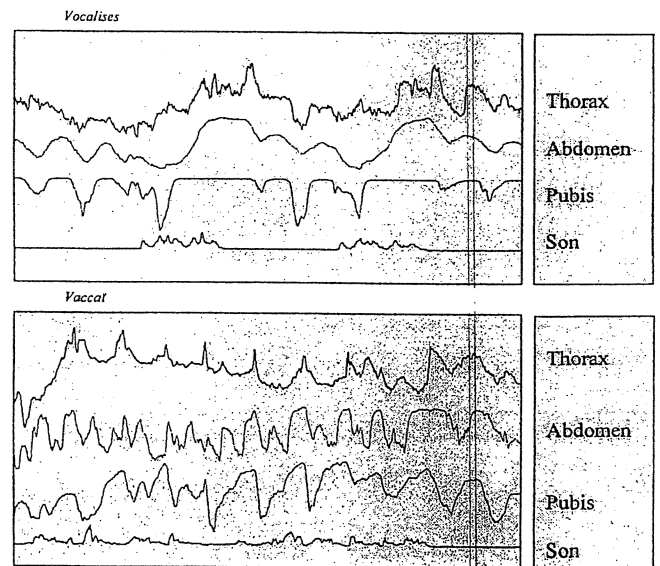
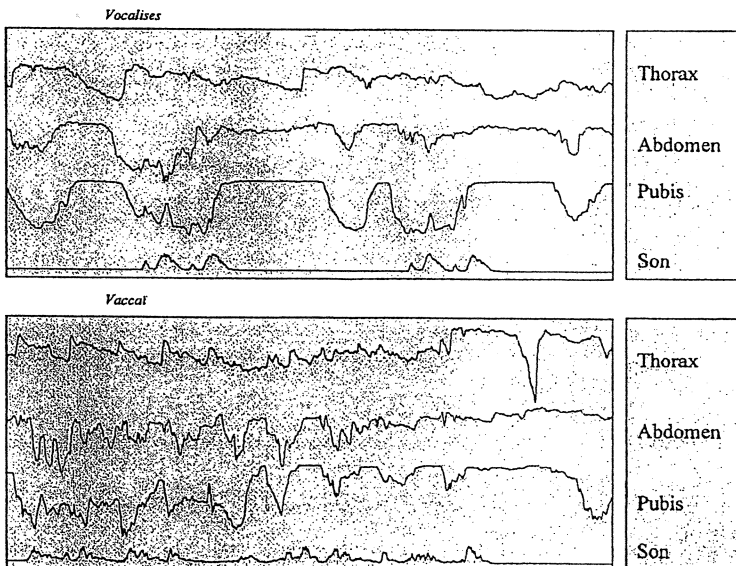


Fig. 10 : Courbes de l'activité cinématique d'une chanteuse professionnelle, soprano lyrique, lors de la production des vocalises et du vaccaï.

Fig. 11 : Courbes de l'activité cinématique d'une chanteuse débutante, soprano, lors de la production des vocalises et du vaccaï.

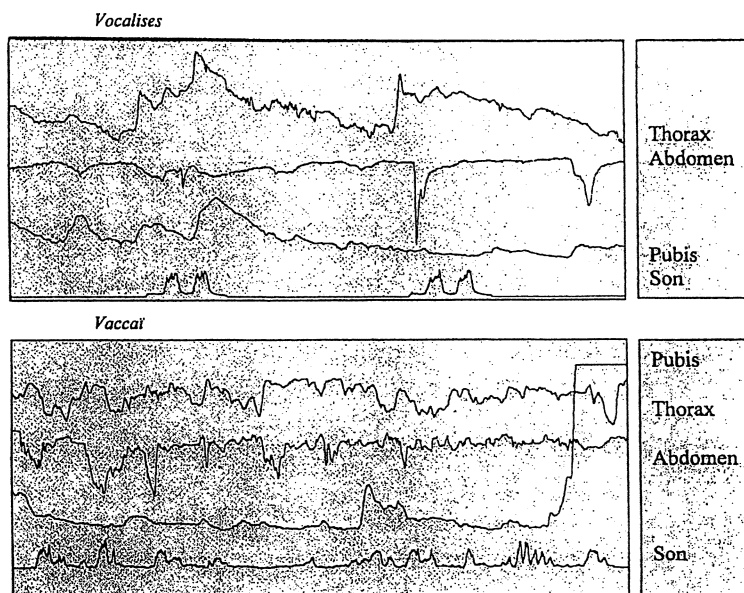


Fig. 12 : Courbes de l'activité cinématique d'une chanteuse débutante, mezzosoprano, lors de la production des vocalises et du vaccai.

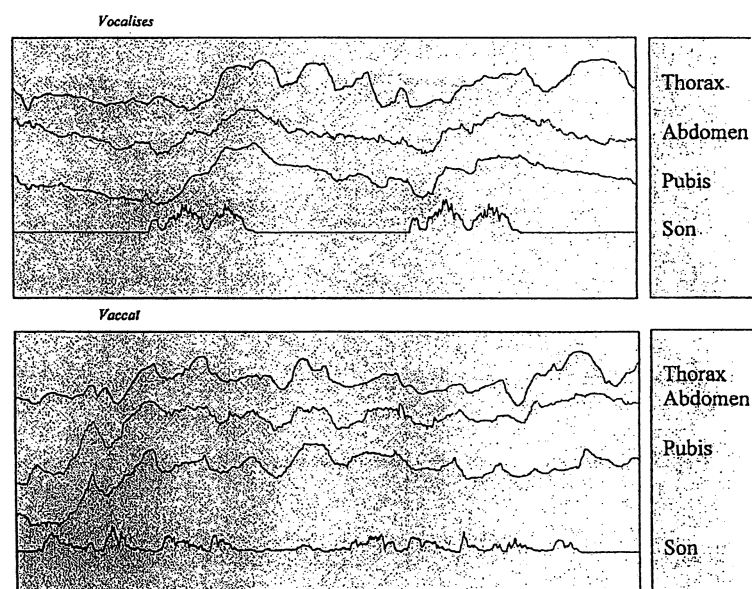


Fig. 13 : Courbes de l'activité cinématique d'une chanteuse débutante, mezzosoprano, lors de la production des vocalises et du vaccai.

muscles. Les muscles grands droits sont inhibés tout le long du travail vocal.

Cette stratégie est fonction de l'entraînement vocal, en effet, chez les chanteuses débutantes, le comportement expiratoire est variable mais on observe le plus souvent une absence de mise en tension de la musculature abdominale latérale avant l'initiation vocale, un travail intense et massif de toute la musculature abdominale lors de l'émission vocale (muscles obliques, transverses, grands droits). Puis, en fin d'émission vocale, une contraction intense de cette même musculature avec un retour brus-

que à la position de repos. On a remarqué plusieurs fois la difficulté des débutantes et même parfois des professionnelles à dissocier leur abdominaux surtout lorsque l'émission sonore est longue, au-delà de 10-12 s (temps de la vocalise) par exemple, peut-être que le volume d'air est insuffisant pour assurer une pression correcte, par conséquent, le débit de sortie serait faible, or les chanteuses ont pour consignes de chanter à forte intensité. On peut penser que pour maintenir cette intensité, elles mettent en jeu les grands droits pour utiliser tout l'air emmagasiné (air résiduel) [9].

Cependant nombre de débutantes activent leurs muscles grands droits sur des émissions vocales plus courtes (le Vaccai), on peut se demander pourquoi cette mise en jeu. Peut-être est-ce dû à la difficulté de contracter son abdomen sans globaliser la contraction. Peut-être est-ce dû à un mauvais contrôle du débit et de la vitesse d'écoulement de l'air. Le geste expiratoire va dépendre des valeurs des débits et des pressions nécessaires à la bonne conduite du souffle [15]. Il faut ajuster à tout moment les paramètres aérodynamiques de l'air expiratoire pour émettre un son vocal de qualité, si l'énergie fournie est insuffisante alors la débutante se met dans un état de tension (laryngée mais aussi abdominale), il y a une absence de résonance du pavillon, les notes aiguës sont difficiles à produire, et la dépense de l'air est importante. Cette dépense de l'air plus importante expliquerait la mise en jeu plus massive des muscles expiratoires chez les débutantes par rapport aux professionnelles [9].

Il aurait été intéressant de réaliser une étude sur le débit expiratoire afin de comparer les valeurs obtenues entre professionnelles et débutantes pour le même échantillon vocal, on pourrait s'attendre à un débit expiratoire plus important chez la débutante comme expliqué ci-dessus [16].

Gould s'est penché sur les capacités pulmonaires des sujets chanteurs afin de distinguer si leur supériorité respiratoire présumée était due à l'entraînement vocal, à l'hérédité ou à d'autres facteurs. Ces recherches suggèrent que l'augmentation de la capacité chez les sujets chanteurs correspond à une possibilité importante d'augmenter l'efficacité respiratoire en réduisant le volume pulmonaire résiduel et que cette possibilité tend à s'améliorer avec l'entraînement vocal [17, 18].

Cette étude confirme les résultats que Watson avait montrés quant à la mise en jeu de la portion latérale lors de l'émission vocale chantée des chanteurs lyriques. Elle complète aussi sa recherche car Watson s'était intéressé uniquement à la musculature oblique (en opposition à celle grand droit). Or il semblerait qu'il y ait aussi une forte participation des muscles transverses lors du souffle phonatoire [4].

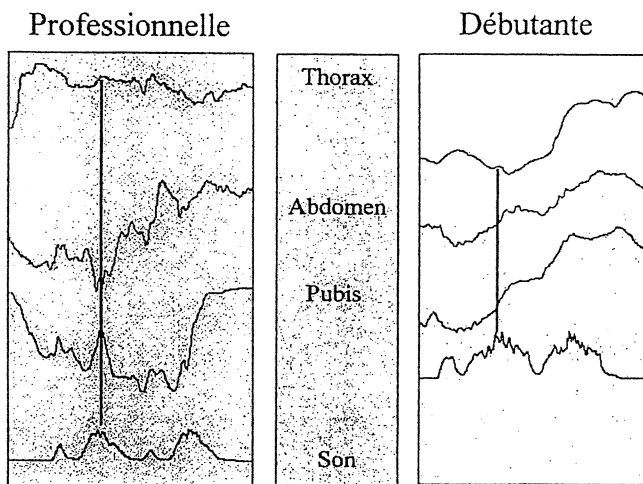


Fig. 14 : Comparaison de l'activité cinématique entre une professionnelle et une débutante au moment de l'émission d'une note aiguë dans la vocalise.

Les principaux défauts de l'étude électromyographique sont : son caractère purement qualitatif et sa dépendance au poids des sujets. Elle ne peut être réalisée que sur des sujets de faible corpulence car nous utilisons des électrodes de surface. Les avantages des électrodes de surface étant leur faible coût, leur caractère non invasif et hygiénique (elles sont à usage unique). De plus, cette étude est parfaitement reproductible. Il serait envisageable de réaliser plusieurs enregistrements afin d'obtenir une moyenne des événements musculaires qui interviennent dans la phonation chantée lyrique de professionnelles et de débutantes, ce qui permettrait une quantification des résultats obtenus.

L'appareillage cinématique quant à lui, a permis de montrer le comportement de la cage thoracique et le transfert des volumes d'air dans cette même cage [19]. Il met en évidence la gestion de la colonne d'air notamment

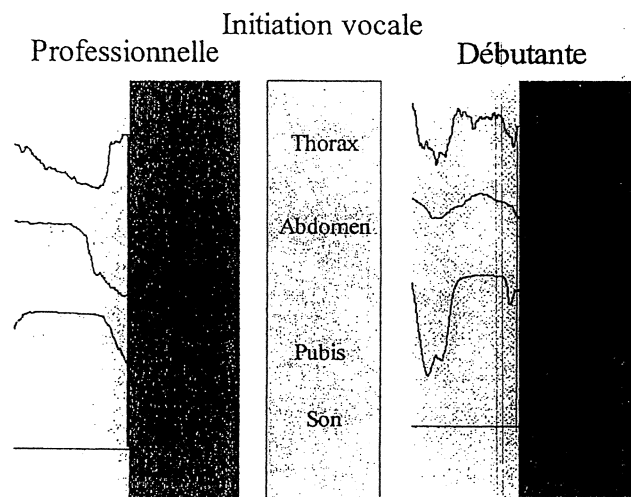


Fig. 15 : Comparaison de l'activité cinématique entre une professionnelle et une débutante au moment de l'initiation vocale.

le soutien phonatoire au moment de l'émission des notes aiguës. Le soutien phonatoire est l'action musculaire qui permet une pression de l'air expiratoire suffisante pour s'opposer à la résistance de l'air qui se trouve à sa sortie. Il correspond à une mise en jeu de la partie inférieure de l'abdomen. Le souffle expiratoire doit partir du bas surtout s'il doit engendrer une forte pression dans la colonne d'air comme c'est le cas pour les notes aiguës. La colonne d'air étant l'ensemble des cavités internes du corps amenées à un niveau de pression perceptible du corps [9].

On a vu que la chanteuse professionnelle au moment de la note aiguë a tendance à rentrer la région sus-pubienne, faire saillir la région abdominale. Nous pourrions penser que la chanteuse contracte sa partie sus-pubienne, en effet la contraction d'un territoire musculaire a tendance à entraîner le retrait de la paroi corres-

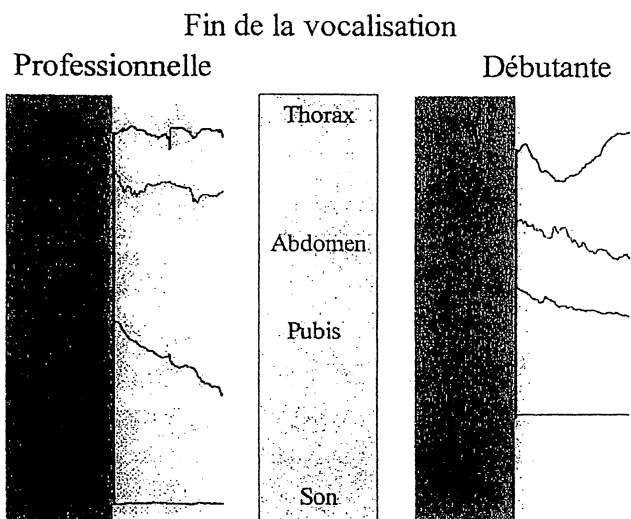


Fig. 16 : Comparaison de l'activité cinématique entre une professionnelle et une débutante au moment de la fin de la vocalisation.

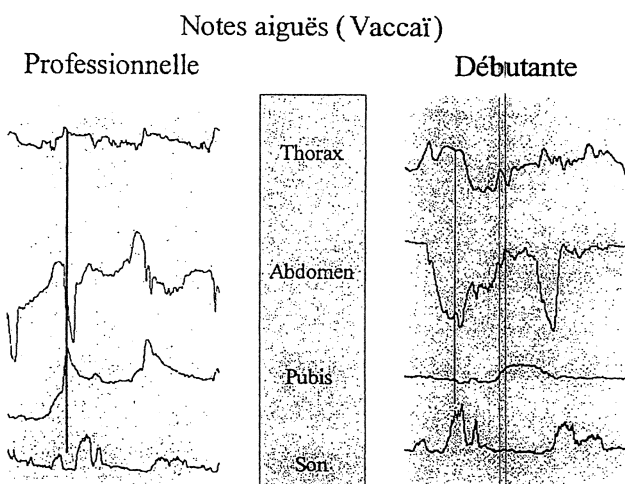


Fig. 17 : Comparaison de l'activité cinématique entre une professionnelle et une débutante au moment de l'émission d'une note aiguë dans le vaccai.

pondante, il faut donc se pencher sur la contraction musculaire pour répondre à cette question, nous le ferons plus loin. De même, la résistance qui s'oppose à la sortie de l'air (n'oublions pas que dans la note aiguë, on rentre dans le cadre d'une expiration contre résistance), tend à augmenter la pression dans le corps et à dilater les parois d'où la dilatation abdominale. En procédant ainsi, la professionnelle va comme dans l'étude électromyographique contrôler la pression et le débit de l'air afin de produire un son aigu de qualité. Ce contrôle permet de garder la cage thoracique ouverte et de maintenir le diaphragme en position basse. Lors de l'expérimentation, la chanteuse lyrique sollicite les trois étages respiratoires mesurés, et ce, quand elle s'apprête à chanter, le long de son émission vocale, et après le chant.

La chanteuse débutante a plus de difficultés à gérer son expiration. Elle resserre sa portion abdominale plus haut dans les notes aiguës : sa zone sus-pubienne fait saillie alors que la région abdominale est rétractée. Son souffle phonatoire ne part pas "d'assez bas" pour engendrer une forte pression dans la colonne d'air. Elle affaisse la partie supérieure de la cage thoracique. La sortie de l'air est brusque et on observe le plus souvent une fermeture thoracique. De plus, tout le long de l'expérimentation, la chanteuse débutante sollicite peu la zone sus-pubienne. Sa respiration est le plus souvent de type thoraco-abdominal et parfois thoracique supérieure.

On a remarqué qu'avant d'initier la phonation, les chanteuses professionnelles se préparaient musculairement en mettant en tension leurs obliques et leurs transverses. On observe le même genre de phénomène au niveau de l'étude cinématique. Il arrive souvent que le mouvement des ceintures décrits plus haut anticipe légèrement la note aiguë dans le chant continu, comme si la professionnelle préparait le mouvement afin d'obtenir un soutien correct le moment venu [13].

L'appareillage cinématique, s'il éclaire le soutien phonatoire, ne donne pas d'indication sur l'utilité d'un antagonisme diaphragme abdominaux lors de l'émission sonore. Plusieurs auteurs émettent l'hypothèse d'une contraction simultanée de la musculature abdominale et diaphragmatique lors de l'émission vocale chantée. Cet antagonisme aurait pour conséquence d'augmenter la pression intra abdominale et de faire saillir l'épigastre en le durcissant. Cette saillie de l'abdomen peut être liée à la pression intra thoracique et pas forcément à l'antagonisme diaphragme/abdominaux. Pour confirmer ou infirmer l'existence de ce bras de fer, il aurait fallu utiliser une électrode interne, directement implantée dans le diaphragme (son caractère beaucoup trop invasif en exclut son utilisation). Le degré d'écartement des ceintures donne une idée approximative de la position du diaphragme mais ne nous renseigne pas sur son degré d'activité musculaire [20].

Thomasson montrent que les paramètres tels que le volume pulmonaire et des mouvements de la cage thora-

cique restent identiques lors d'une répétition de la même tâche vocale. Il y a une corrélation entre les changements de volume pulmonaire d'un côté et les mouvements thoraciques et abdominaux de l'autre mais elle varie d'un sujet à l'autre, ce qui suggère que les chanteurs, s'ils montrent une constance inter-individuelle, n'ont pas recours à une stratégie respiratoire uniforme [21].

Il est dommage que l'étude cinématique n'ait fonctionné que pour très peu de chanteuses, en effet, l'appareillage utilisé était de manipulation simple, d'un coût modeste. L'expérience était non invasive et n'interférait pas avec le mécanisme de la phonation. Le caractère purement qualitatif de cette étude (les mesures sont objectives mais la description reste subjective) et le fait que le calibrage de l'appareillage se fasse manuellement (la corpulence des sujets impliquait de régler les ceintures au cas par cas) restent ses principaux points faibles. Le logiciel utilisé pour cette expérimentation nous permettait d'identifier l'historique et la direction des événements respiratoires. Mais l'amplitude des courbes était variable d'un examen à l'autre en fonction du calibrage empêchant toute reproductibilité de l'expérience. Enfin, le manque d'élasticité de l'appareillage l'empêchait parfois de suivre le mouvement naturel des chanteurs créant ainsi de nombreuses saturations au niveau des courbes.

Cependant, le peu de résultats obtenus montre une réelle diversité de fonctionnement chez les chanteuses, ce qui laisse penser que la gestion du volume d'air est loin d'être aisée et sans doute applicable de différentes façons. Il paraît important de poursuivre cette analyse cinématique afin de mieux l'interpréter.

L'association des deux études permet de nous éclairer sur le mouvement des ceintures. Il est vrai que les deux études n'étaient pas réalisées simultanément. En effet la présence des ceintures gênait l'enregistrement électromyographique, leur frottement au niveau des électrodes créait de nombreux parasites au moment des émissions sonores. Pour plus de simplicité, nous avons séparé les deux études, cependant nous avons vu que l'étude électromyographique était parfaitement reproductible, on peut penser que lors de l'enregistrement de l'étude cinématique, la mise en jeu des différents abdominaux se déroulait à l'identique. A l'aide de l'enveloppe sonore, nous avons pu choisir des moments précis de l'enregistrement pour chaque étude afin de comparer ce qui se passe au même instant, musculairement et cinématiquement.

On s'est aperçu que les professionnelles, au moment de l'émission des notes aiguës contractaient leurs transverses et leurs obliques et inhibaient leurs grands droits. Parallèlement, elles resserrent la partie sus-pubienne, écartent la zone abdominale. On sait que lors du soutien phonatoire, l'oblique externe de l'abdomen soulève le poids posé sur le diaphragme et l'épigastre (il agit comme une sous-ventrière). En remontant le contenu abdomi-

nal, il dégage la partie sus-pubienne et fait saillir la partie abdominale [9].

Chez les débutantes, la contraction des muscles grands droits de l'abdomen vient contrer l'action du muscle oblique. Au lieu de faire partir l'expiration du bas de la sangle abdominale, la débutante rétracte les parties hautes du thorax et contracte toute sa musculature abdominale. Elle se retrouve dans un état de tension.

Cet état de tension va être source de problème au moment de la reprise inspiratoire. Le geste expiratoire doit être réalisé de manière à reprendre son souffle facilement. L'inspiration doit faire entrer un volume d'air suffisant pour assurer l'émission d'une phrase tonale, elle doit être rapide tout en permettant une position de soutien pour l'expiration. Pour la mener à bien, le sujet doit relâcher le bas de la sangle abdominale, ce qui va amener le diaphragme en position basse. Il y a une dilatation de la région médiane du torse : épigastre et base de la cage thoracique. Il faut éviter une rétraction abdominale avant l'inspiration. Il est nécessaire de mettre en place cette dynamique du souffle dans le chant afin de pouvoir prendre une inspiration entre deux phrases et ce dans un temps très court [22].

Les chanteuses professionnelles montrent une détente musculaire avant la fin de la rhèse, ce qui permet un relâchement complet au moment de la reprise inspiratoire, d'un point de vue cinématique, leur prise inspiratoire est abdominale basse. Pour les débutantes, on note une contraction massive de l'abdomen puis une décontraction brusque sur la fin de la rhèse. La reprise inspiratoire est plus difficile et surtout plus aléatoire. Au niveau cinématique, on note tous les types inspiratoires possibles selon les débutantes : thoracique supérieur, abdominal, global. Les débutantes sont en mauvaise position pour aborder la phase suivante du soutien car on l'a vu le soutien expiratoire doit partir du bas pour engendrer une forte pression dans la colonne d'air (cas de la forte intensité).

Enfin, l'association des deux études permet de mieux comprendre les stratégies respiratoires des chanteurs lyriques. Il faudrait réaliser les tracés en simultané, ce qui permettrait d'être sûr du lien entre la cinématique et l'activité musculaire.

Une approche posturale pourrait apporter d'autres renseignements (déplacement du centre de gravité, trajet de balancement du corps). D'après Tardy, le diaphragme s'avère être un véritable régulateur postural, la synergie respi-statique entre les mouvements respiratoires et les mouvements posturaux est coordonnée par le diaphragme qui transmet une activité posturale aux autres muscles posturaux [23]. On devrait donc observer des variations posturales différentes entre les chanteuses professionnelles qui gardent leur cage thoracique en ouverture et le diaphragme en position basse, et les débutantes qui affaiblissent leur cage thoracique, ce qui fait remonter le diaphragme rapidement.

De plus, on sait que la production sonore varie en fonction de la position adoptée par le sujet, en effet, lorsque le chanteur commence son émission sonore le dos droit, son expiration va se dérouler dans cette succession de mouvements : retrait de la paroi abdominale, fermeture des côtes inférieures. Lorsque le chanteur commence à chanter en hyper-cyphose et hyper-lordose lombaire (dos affaissé et épaules en avant), les côtes vont se fermer puis on va voir une rétraction de l'abdomen au niveau de l'estomac avec une sensation de tension épigastrique. En courbant le dos de cette manière, on crée un creux au niveau épigastrique, ceci rend plus difficile la mobilisation de la musculature abdominale sur la longueur de l'émission. Faire une étude posturale préphonatoire et phonatoire des courbures du dos chez les chanteurs, nous renseignerait peut-être sur le fonctionnement de leurs stratégies respiratoires [9].

Enfin, d'un point de vue clinique, on a vu qu'une étude effectuée en 1996 par Carroll, comparait les paramètres laryngés et respiratoires entre les sujets chanteurs et les sujets non chanteurs. Ce travail a révélé que les chanteurs masquent leurs anomalies respiratoires par leurs techniques vocales [16]. Le bilan phoniatrique usuel n'est pas adapté au niveau d'entraînement vocal des patients. De plus, Hoit explique dans une étude comment les stratégies respiratoires des chanteurs varient selon le type de chant. Dans le chant country, le comportement respiratoire ressemble à celui de la parole. Il n'y a pas de mise en place de soutien respiratoire proprement dit, les performances respiratoires sont moindres, la production vocale est moins efficace et nombre de chanteurs country se blessent les cordes vocales. Cette étude montre comment un travail de prévention et un entraînement vocal chez les chanteurs country préviendrait les troubles vocaux [24].

La prochaine étape de notre travail, outre l'amélioration de l'expérimentation cinématique, sera de compléter notre étude par une quantification des résultats obtenus sur une population plus grande de chanteuses professionnelles et débutantes, mais aussi d'affiner notre protocole afin de mieux observer cette synergie respi-statique. A terme, l'outil cinématique et électromyographique mis au point dans notre étude permettra peut-être de compléter le bilan phoniatrique usuel par une observation objective des stratégies respiratoires des chanteurs. Cet outil de manipulation relativement aisée permettant d'obtenir des tracés interprétables nous donnerait le moyen de détecter des déficiences respiratoires chez des chanteurs. On optimiserait la prise en charge orthophonique car l'un des objectifs prioritaires de la rééducation vocale est de limiter les tensions dues à une mauvaise synchronisation du geste phonatoire.

Bibliographie

1. THOMASSON M, SUNDBERG J. Consistency of inhalatory breathing patterns in professional operatic singers. *J VOICE*. 2001;15:373-383.

2. SCOTTO DI CARLO N. Les modifications de la lordose cervicale chez le chanteur. *MED DES ARTS*. 1992;2:4-7.
3. SUNDBERG J, LEANDERSON R, VON EULER C. Voice source effects of diaphragmatic activity in singing. *J PHONETICS*. 1986;14:351-357.
4. WATSON PJ, HOIT J, LENSING R, HIXON T. Abdominal muscle activity during classical singing. *J Voice*. 1989;3:24-31.
5. ASTRAQUILLO, CORBELITA J, BLATT IRVING M, HOPPEL L, MARTINEZ R. Investigation of the relationship between abdominal muscular discipline and the art of singing: an electromyographic study. *AM AC OF OPHTHALMOLOGY AND OTOLARYNGOLOGY*. 1977;84:498-519.
6. THORPE CW, CALA SJ, CHAPMAN J, DAVIS PJ. Patterns of breath support in projection of the singing voice. *J VOICE*. 2001;15:86-104.
7. MILLER R. La structure du chant. *Ed IPMC (Paris)*, 1990.
8. LE HUCHE F. La voix : anatomie et physiologie des organes de la voix et de la parole. *Ed Masson (Paris)*, 1984.
9. AMY DE LA BRETÈQUE B. A l'origine du son : le souffle. *Ed Solal (Marseille)*, 2000.
10. ROUVIÈRE. Anatomie de la tête et du tronc. *Ed Masson (Paris)*, 1967.
11. STRADLING JR, CHADWICK GA, QUIRK C, PHILLIPS T. Respiratory inductance plethysmography: calibration techniques, their validation and the effects of posture. *BULL OF EUROPEAN PHYSIOPATHOLOGY IN RESPIRATION*. 1985;21:317-324.
12. LE HUCHE F. La voix : pathologie vocale. *Ed Masson (Paris)*. 1990.
13. BAKEN RJ, CAVALLO SA. Prephonatory chest wall posturing. *FOLIA PHONIAT*. 1981;33:193-203.
14. MC FARLAND DH, SMITH A. Effects of task and respiratory phase on prephonatory chest wall movements. *J SPEECH HEAR RES*. 1992;35:971-982.
15. SCHNEIDER P, BAKEN RJ. Influence of lung volume on the airflow-intensity relationship. *J SPEECH AND HEAR RES*. 1984;27:430-435.
16. CAROLL LM, SATALOFF RT, HEUER RJ, SPIEGEL JR, RADIONOFF SL, COHN JR. Respiratory and glottal efficiency measures in normal classically trained singers. *J VOICE*. 1996;10:139-145.
17. GOULD J, OKAMURA H. Static lung volume in singers. *ANN OTOL*. 1973;82:89-95.
18. GOULD J, OKAMURA H. Respiratory training of the singer. *FOLIA PHONIAT*. 1974;26:275-286.
19. BOUHUYS A, PROCTOR DF, MEAD J. Kinetic aspect of singing. *J APPLIED PHYSIOLOGY*. 1966;21:483-496.
20. LEANDERSON R, SUNDBERG J, VON EULER C. A effect of diaphragm activity on phonation during singing. *Thirtieth Annual Symposium: Care of the professional voice (New-York)*. 1984.
21. THOMASSON M, SUNDBERG J. Consistency of phonatory breathing patterns in professional operatic singers. *J VOICE*. 1999;13:541-559.
22. IWARSON J. Effects of inhalatory abdominal wall movement on vertical laryngeal position during phonation. *J VOICE*. 2001;15:384-394.
23. TARDY D. La synergie respi-statique ou "SRS". In: *Lacour M, Gagey PM, Weber B. Posture et environnement. Ed Sauramps Médical (Montpellier)*, 1997.
24. HOIT JD, JENKS CL, WATSON PJ, CLEVELAND TF. Respiratory function during speaking and singing in professional country singers. *J Voice*. 1996;10,1:39-49.

AGENDA INTERNATIONAL 2003

II REUNIÓN NACIONAL SOBRE HIPOACUSIAS

Ibiza, del 1 al 2 de mayo de 2003

Sede: Sirenis Hotel "Club Goleta" - "Tres Carabelas".

Organiza: Instituto de Otolología García-Ibáñez, con la colaboración de las comisiones de Otolología, Pediatría, Otoneurología y Audiología de la Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cervicofacial.

Comité organizador: Emilio García-Ibáñez, Luis García-Ibáñez.

Tópicos: Otitis, hipoacusia congénita/infantil, hipoacusia sensorial, implantes cocleares/oído medio.

Presentación comunicaciones libres y pósters.

Panelista: las presentaciones, sólo se podrán hacer en ordenador y Power Point (no se aceptarán diapositivas).

Presentación de resúmenes: las comunicaciones libres tendrán que ser presentadas en formato póster, en vertical, el tamaño será de 1,20 m de alto x 0,90 m de ancho. El resumen para su valoración tendrán que enviarlo a través de internet, a Meeting & Congress: email: meeting@meetingcongress.com

Asunto: HIPOACUSIAS Fecha límite: 1 de abril de 2003

Cuotas de inscripción participantes (250 / 300) ; acompañantes 2 excursiones y comidas (150), opcional (14).

Secretaría científica: Instituto de Otolología García-Ibáñez, Dr Roux 91 bajos, 08017 Barcelona, España.

Tel. 0034 932 050 204 - Fax. 0034 932 054 367

Secretaría técnica: Meeting & Congress, Hipòlit Lázaro 34, ent. 4a, 08025 Barcelona, España.

Tel. 0034 932 100 506 - Fax. 0034 932 130 637

Email: meeting@meetingcongress.com

Web: www.meetingcongress.com

COURS DE CHIRURGIE DE L'OREILLE ET DE DISSECTION DE L'OS TEMPORAL

Deuil La Barre, Juin 2003

Cours avancé : 13-14 Juin 2003

Cours normal : du 16 au 20 Juin 2003

Lieu : Clinique Montmartre, 197 rue Marcadet, F-75018 Paris.

Renseignements : Société d'Otologie Pratique (SOP), 23 rue Cauchoix, 95170 Deuil La Barre, France.

E-mail: sultsop@wanadoo.fr

COURS DE MICRO DISSECTION DE L'OREILLE ET DE LA BASE DU CRANE

Deuil La Barre, les 7 et 8 Juillet 2003

Lieu : Ecole de Chirurgie, 17 rue du Fer à Moulin, 75005 Paris.

Renseignements : Société d'Otologie Pratique (SOP), 23 rue Cauchoix, 95170 Deuil La Barre. France.

E-mail: sultsop@wanadoo.fr