Un chanteur ne peut pas se fier uniquement à son oreille pour contrôler sa voix.

L'arme secrète des chanteurs d'opéra

Comment les chanteurs d'opéra contrôlent-ils leur voix ? Peuvent-ils se fier uniquement à leur oreille pour avoir une idée de ce que le public entend dans la salle ? Par quel mystère chantent-ils aussi bien dans un studio d'enregistrement sans écho que dans une cathédrale où la réverbération est très importante ? Pourquoi les chanteurs débutants sont-ils incapables de se juger objectivement dès qu'ils se produisent dans un autre lieu que celui où ils ont l'habitude de chanter ? Autant de questions que peuvent se poser tous ceux qui s'intéressent à l'art lyrique en général ou aux chanteurs d'opéra en particulier. Ainsi que nous l'avons démontré dans une étude récente, réalisée à l'Institut de phonétique de l'université de Provence (IPUP)[1], le chanteur d'opéra dispose d'une arme secrète, un véritable clavier de sensations internes qui lui assure un contrôle efficace de sa voix, indépendamment de l'environnement acoustique dans lequel il se trouve (fig. 1).

Voyons tout d'abord pourquoi le feed-back auditif que nous utilisons pour contrôler notre voix lorsque nous parlons ne permet pas à lui seul le contrôle de la voix chantée. Le feed-back auditif est le seul moyen de contrôle de la phonation dans ses conditions habituelles d'utilisation. Dans la parole, il semble avoir pour fonction essentielle d'assurer le contrôle des variations de hauteur qui constituent l'intonation de la phrase, ce qui explique que les sujets atteints de surdité totale après acquisition du langage perdent très vite la maîtrise de leur intonation. On peut penser que, dans le chant, le feed-back auditif possède la même fonction, c'est-à-dire qu'il permet aux chanteurs de contrôler la hauteur des sons, donc la justesse. En revanche, par sa nature même, il ne leur fournit pas un moyen de contrôle fiable de leur émission, comme nous allons le voir.

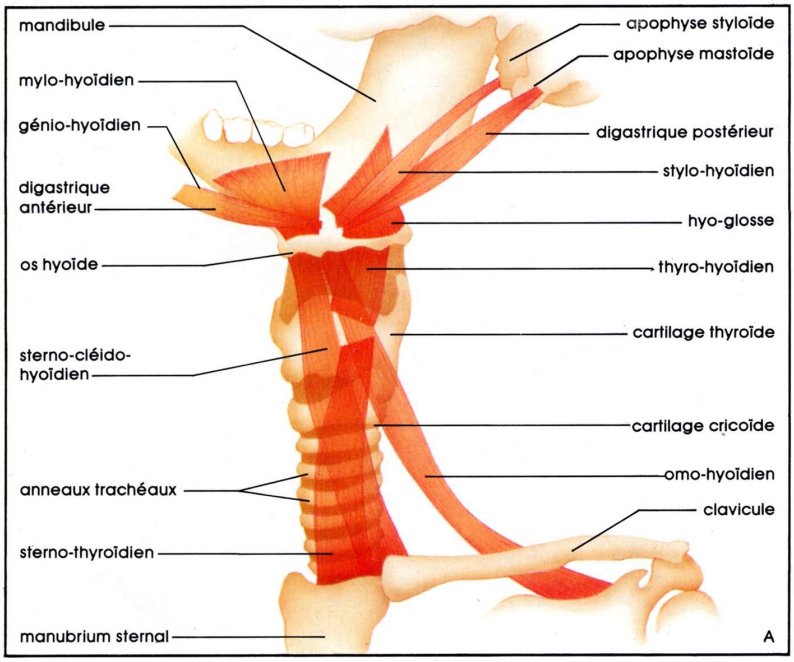
Le feed-back auditif s'effectue à la fois par conduction aérienne et par conduction osseuse. L'onde sonore émise par le chanteur, retourne à son oreille par conduction aérienne après avoir été modifiée par les caractéristiques acoustiques de la salle dans laquelle il se produit. C'est ce que les artistes lyriques appellent le *retour* et que l'on désigne généralement sous le terme de *voix aérienne*. Selon le temps de réverbération, le degré de réflexion ou de diffusion des décors, le coefficient d'absorption des tentures, la nature du matériau recouvrant les parois et le plancher de la salle, sa décoration, son taux d'occupation, etc., certains harmoniques de la voix du chanteur vont être renforcés, d'autres atténués, ce qui va avoir pour effet de transformer complètement le timbre de sa voix aérienne.

En même temps, l'onde sonore qu'émet le chanteur est transmise à son oreille par conduction osseuse. C'est ce que l'on appelle la *voix solidienne*. Les vibrations produites par l'appareil phonatoire au cours du chant sont en effet transmises au nerf auditif, soit au niveau de l'oreille moyenne (par mobilisation de la chaîne ossiculaire pour les fréquences situées au-dessous de 800 Hz), soit au niveau de l'oreille interne (par compression des liquides labyrinthiques pour les fréquences supérieures à 1 600 Hz), soit au niveau de l'oreille externe (par excitation de la membrane tympanique provo-

(1) N. Scotto di Carlo, « Les sensibilités internes phonatoires », *T.I.P.A.*, *12*, 71, 1989.
(2) J. Tarneaud, *Traité pratique de phonologie et de phoniatrie*, Maloine, 1961, p. 521.
(3) J. Tarneaud, *Le chant, sa construction, sa destruction*, Maloine, 1946, p. 135.

Figure 1. Il est très difficile pour un chanteur de contrôler efficacement sa voix en se fiant uniquement à son oreille. Pour chanter correctement, il lui faut apprendre à mémoriser des sensations particulières, qu'il ressent lorsqu'il émet les différentes notes de sa tessiture (la partie de l'étendue vocale émise avec le maximum de facilités). Ces sensibilités internes phonatoires, appelées improprement **résonances** *par les professionnels, sont produites par les vibrations laryngées et transmises au squelette par l'intermédiaire des muscles suspenseurs du larynx. Elles peuvent être ressenties sur une zone assez étendue du crâne au sternum ou se limiter à la région naso-labiale. Les différences que l'on observe selon les chanteurs dans l'étendue de cette zone ainsi que dans la localisation de chaque note sont liées à la technique vocale utilisée: les techniques à larynx bas favorisent les* **résonances de poitrine** *et les techniques à larynx haut, les* **résonances de tête.** *La figure B représente l'emplacement des résonances pour chaque note de la tessiture d'un soprano léger colorature (voix de femme la plus aiguë). (Enlèvement au sérail, Kurt Moll (Osmin), Danièle Perriers (Blondchën), Production de l'Opéra de Paris, cliché Daniel Cande; schéma d'après Lilli Lehmann)*

quée par les vibrations de l'articulation temporo-mandibulaire). Le timbre de la voix solidienne, très riche en fréquences graves, restitue au sujet sa propre voix comme si elle avait été filtrée en passe-bas, autrement dit, comme si elle avait subi un filtrage ne laissant passer que les basses fréquences.



Pendant qu'il chante, l'artiste lyrique perçoit donc en même temps sa voix aérienne, dont certains harmoniques ont été renforcés ou atténués par les caractéristiques acoustiques de la salle, et sa voix solidienne, dont seuls les harmoniques graves sont amplifiés. Le timbre de la résultante acoustique perçue par le chanteur est, par conséquent, différent du timbre de l'onde sonore émise initialement.

Un clavier de sensations internes pour contrôler la voix.

Si le chanteur n'utilise que son feed-back auditif pour contrôler son émission, selon la coloration que l'acoustique de la salle va donner à sa voix aérienne (à laquelle vient se superposer la couleur spécifique de la voix solidienne), il va être abusé par ce timbre qui le surprend et va rectifier son émission — même si elle était correcte — en fonction de ce qu'il entend. Pour préciser les idées, prenons l'exemple d'un chanteur ne contrôlant son émission que par feed-back auditif, qui émet un son correctement placé avec un timbre satisfaisant du point de vue esthétique. Supposons que l'acoustique du théâtre dans lequel ils se trouve teinte sa voix de telle sorte qu'il ait l'impression que le timbre en est trop sombre. La conduction osseuse lui restitue, par ailleurs, une voix solidienne privée d'harmoniques aigus qui va encore accentuer cette impression et l'amener à corriger son émission de manière à l'éclaircir au maximum. Le résultat pour les auditeurs sera une voix stridente parce que trop claire, alors que le chanteur sera persuadé d'avoir retrouvé le vrai timbre de sa voix. On comprend donc qu'il soit très difficile de contrôler efficacement son émission en se fiant uniquement au feed-back auditif.

Mais si l'auto-perception que le chanteur a de sa voix n'est pas assez fidèle pour lui permettre de la juger objectivement, dispose-t-il d'un autre moyen pour la contrôler efficacement? Ainsi que le docteur J. Tarneaud l'a expliqué dans plusieurs de ses ouvrages: « Pendant le chant, la vibration des cordes vocales imprime des secousses périodiques aux cartilages laryngés qui les transmettent au squelette du thorax par les muscles abaisseurs du larynx et au massif osseux de la tête par les muscles élévateurs[2,3] (fig. 2A). C'est sous forme de sensations de vibrations thoraciques et faciales que les chanteurs ressentent ces secousses ». Les artistes lyriques et les professeurs de chant appellent *résonances* ces sensibilités internes phonatoires (SIP) produites par les vibrations laryngées.

Lors de l'émission du grave, le larynx est en position basse car les muscles qui le relient à la cage thoracique sont contractés (fig. 2B). En revanche, ceux qui sont

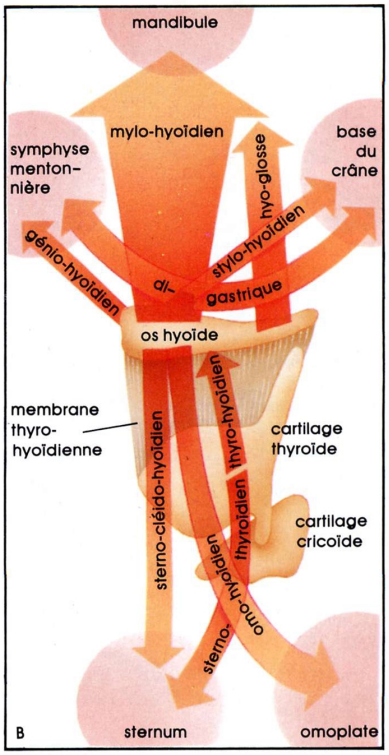


Figure 2. Le larynx est entouré par un réseau musculaire (dont on ne voit, en A, que le côté gauche) destiné à le maintenir en place, tout en lui laissant une mobilité suffisante pour qu'il puisse effectuer des déplacements verticaux au cours de la respiration, de la déglutition et de la phonation.
Le schéma B indique les principaux muscles assurant la mobilité laryngée dans la parole et dans le chant (l'action présumée de chaque muscle est symbolisée par une flèche qui indique dans quelle direction se fait le mouvement). L'os hyoïde qui est le seul os isolé du squelette est une structure anatomique extrêmement mobile du fait qu'il est relié à la fois: au larynx (par la membrane thyro-hyoïdienne), à la langue (dont il constitue en partie la charpente ostéo-fibreuse), et enfin, à la mandibule, à l'occiput, au sternum, à la clavicule et à l'omoplate.
Cette situation privilégiée en fait un élément capital dans le chant, car par son intermédiaire, le chanteur va pouvoir contrôler indirectement la mobilité de son larynx en utilisant des éléments anatomiques sur lesquels il peut agir consciemment, comme par exemple, la langue, la mandibule ou l'occiput dont il maîtrise parfaitement la position. (A: d'après Scully et Lumby; B: d'après Dew et Jensen)

situés au-dessus de lui sont peu sollicités. Par conséquent, l'énergie vibratoire est communiquée en forte proportion à la région thoracique, ce qui donne au chanteur l'illusion que sa voix lui *résonne dans la poitrine.* Pendant l'émission de l'aigu, le larynx est plus ou moins élevé par rapport à sa position de repos en raison de la contraction plus ou moins importante des muscles élévateurs. En conséquence, l'énergie vibratoire est ressentie dans le massif crânio-facial, d'où l'impression pour le chanteur que sa voix *lui résonne dans la tête.*

Ces impressions subjectives sont à l'origine de la notion de *place de la voix,* et des expressions *voix de poitrine, résonances de poitrine, voix de tête, résonances de tête,* utilisées par les chanteurs et les professeurs de chant.

Afin de savoir si ces impressions subjectives avaient une réalité physique, nous avons mesuré l'intensité vibratoire au niveau cutané en cours d'émission, sur des chanteurs professionnels représentant les différentes catégories vocales, à l'aide d'un accéléromètre ultra-sensible. Ces mesures nous ont permis de déterminer l'emplacement exact des *résonances* pour chacune des notes et de vérifier que leurs localisations correspondaient avec précision à celles signalées depuis toujours par les chanteurs. En fonction de la hauteur des sons émis, les *résonances de poitrine* et *de tête* se répartissent le long de l'axe médian antéro-supérieur du sujet. La zone des *résonances* peut s'étendre du sternum au vertex (le sommet du crâne) (fig. 1) ou se limiter à la région nasolabiale. Les différences que l'on observe selon les chanteurs dans l'étendue de cette zone, ainsi que dans la localisation de chaque note, sont liées à la technique vocale utilisée : les techniques à larynx bas favorisent les *résonances de poitrine* et les techniques à larynx haut, les *résonances de tête*[1]. Ce sont ces *résonances* qui vont permettre au chanteur de contrôler efficacement sa voix indépendamment de l'acoustique du lieu dans lequel il chante.

L'acquisition des sensibilités internes au cours de l'apprentissage du chant.

L'apprentissage des sensibilités internes est long et difficile car il fait appel à une mémoire proprioceptive : la mémoire pallesthésique, c'est-à-dire à la mémoire de la localisation des vibrations les plus intenses ressenties au cours du chant. De quelle manière le jeune chanteur va-t-il l'acquérir ?

Le rôle du professeur de chant va consister à apprendre à l'élève à affiner ses sensibilités internes de manière à localiser avec précision chacune des notes de sa tessiture (partie de l'étendue vocale qu'un sujet émet avec le maximum de facilités), selon le schéma corporel qui correspond à la technique utilisée et à la catégorie vocale à laquelle le sujet appartient. C'est par l'oreille seule, que le professeur va guider l'élève et lui apprendre à associer une image auditive à une sensibilité interne. Cette pratique, qui relève du conditionnement des réflexes, va permettre à l'élève d'acquérir au terme d'un long apprentissage (qui peut varier de deux à six ans selon les individus) la mémoire pallesthésique indispensable au contrôle de l'émission vocale.

Tant que cette mémoire proprioceptive n'est pas acquise, autrement dit, tant que la mémoire auditive est seule à être utilisée, les élèves sont absolument incapables de juger leur propre production dès que les conditions acoustiques dans lesquelles ils ont l'habitude de chanter sont modifiées, ce qui prouve l'importance des sensibilités internes dans l'auto-contrôle de l'émission.

Les professeurs de chant, qui sont d'ailleurs tout à fait conscients de ce problème, demandent généralement à leurs élèves débutants de ne pas chanter chez eux, car le travail vocal qu'ils accomplissent seuls, dans un environnement acoustique différent de celui auquel ils sont habitués pendant les cours, entraîne nécessairement des défauts qu'il est difficile de corriger par la suite.

Contrôle de la justesse et contrôle de l'émission.

Tous les chanteurs n'utilisent pas de la même façon leur mémoire auditive d'une part et leur mémoire proprioceptive d'autre part. Lorsque la mémoire pallesthésique est prédominante, l'adaptation du chanteur à l'acoustique de la salle se fait spontanément dans la mesure où l'émission vocale, guidée par les sensibilités internes, n'est pas sous la dépendance directe du rétro-contrôle auditif. Lorsque c'est la mémoire auditive qui domine (ce qui est très souvent le cas des jeunes artistes lyriques débutant sur scène), les problèmes d'émission sont nombreux parce que, comme nous l'avons vu, les modifications qu'opère l'acoustique du théâtre sur le feed-back auditif des chanteurs les empêchent de contrôler efficacement leur voix.

L'auto-contrôle de la voix, chez les artistes lyriques, dépend donc à la fois du feed-back auditif, qui semble avoir pour fonction essentielle le contrôle de la justesse, et du feed-back proprioceptif qui joue un rôle déterminant dans le contrôle de l'émission puisqu'il permet aux chanteurs de *placer* leur voix en leur fournissant des points de repère et des moyens de contrôle extrêmement précis. C'est par l'appréciation permanente de l'ensemble des sensibilités internes que les chanteurs prennent conscience de leur effort phonatoire, qu'ils jugent la qualité de leur émission et que, dans une large mesure, ils peuvent l'adapter aux besoins et aux circonstances[4].

Nicole Scotto di Carlo

(4) Pour en savoir plus voir page 261.

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN

Poste Académique (réf. n° 90/23-FAI)

Le laboratoire de Microélectronique du Département d'Électricité invite les candidats intéressés à soumettre leur candidature pour **un poste de professeur**.

Le candidat devra fournir la preuve d'une solide culture microélectronique et sera appelé à enseigner la conception des circuits et systèmes intégrés VLSI numériques et analogiques.

Il devra être porteur du diplôme de docteur en sciences appliquées (électricité). Le laboratoire fournira un environnement CAO adéquat avec les outils de conception. Une chaîne de fabrication pilote est aussi disponible. Le candidat sera apte à stimuler la conclusion de contrats de recherche avec l'industrie et les organismes internationaux. Les domaines d'application de sa recherche se rapporteront au traitement du signal, aux télécommunications, à la robotique, à l'électronique médicale, à l'instrumentation, etc.

Les candidats sont invités à envoyer un résumé détaillé (documents, publications...) avant le 15 mai 1990, à Monsieur le Recteur : Prof. P. Marcq, Place de l'université 1, B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgique). Pour toute information supplémentaire, ils peuvent contacter le responsable de l'unité de microélectronique : Prof. P. Jespers, Place du Levant 3, B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgique).