

La voce umana, dal respiro al canto¹

Nathalie Henrich Bernardoni

Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, GIPSA-lab

38000 Grenoble, France

Introduzione

Che cos'ha la voce umana di così particolare perché le si dedichi una giornata di studi?

È il nostro primo soffio di vita. Dalla nascita la voce si esprime e comunica già nel pianto di un bebè.

Abbiamo in noi questa formidabile capacità di produrre suoni e acquisiamo progressivamente la capacità di articularli in sequenze dotate di senso: ciò costituisce il parlato.

L'evoluzione della civiltà umana si basa su questo principio: trasformare un soffio in suono attraverso il nostro

strumento vocale, poi trasformare i suoni in significati, quindi stabilire una comunicazione tra gli uni e gli altri.

Ma che cos'è la voce? È un segnale? È un gesto sonoro?

In quest'intervento vorrei evidenziare il fatto che per natura la voce è molto più che la sua produzione: è allo stesso tempo produzione e percezione.

Non ci sarebbe la voce se non ci fossero le orecchie, né qualcuno parlerebbe se – fatte le dovute eccezioni – non ci fosse nessuno ad ascoltarlo.

La voce, in tutte le sue sonorità, consiste nell'essere colta dall'orecchio.

Quindi fonazione e percezione sono strettamente legate, inseparabili e sostanziali.

Vi invito ora a prender parte a un viaggio attraverso lo strumento vocale umano.

1. Varietà di suoni vocali

Entriamo nel vivo della voce e – direi anche – delle voci.

Lo strumento vocale ci permette infatti di produrre una grande varietà di voci.

Questa varietà è una cosa a noi intrinseca. Possiamo prendere la stessa parola, come la parola *sweet* nell'esempio offerto dalla cantante americana

1. Versione italiana della comunicazione dal titolo «La voix humaine, du souffle au chant» presentata in occasione della Giornata Mondiale della Voce 2021 (16 aprile) svolta presso il Laboratorio di Fonetica Sperimentale «Arturo Genre» (https://www.lfsag.unito.it/locandine/programma_wvd2021.pdf). L'intervento è presente in formato video all'indirizzo: <https://www.youtube.com/watch?v=QyOkhuSPZsA&t=210s>. Il testo qui pubblicato è stato adattato da Lorenzo Papa, Rebeca Tirgovetu e Stefania Frassetto, in formazione presso il Master in Traduzione per il Cinema, la TV e l'editoria multimediale dell'Università di Torino, ai quali la redazione esprime la massima gratitudine. La versione finale è stata revisionata da Antonio Romano, corretta da Annalisa Paroni e autorizzata dall'Autrice che conserva il copyright di tutte le immagini originali.

Lisa Popeil, e pronunciarla o cantarla in diversi modi.

Una grande varietà di stili di canto di questa interprete è offerta in una sequenza della canzone *Amazing grace! How sweet the sound*, in cui la stessa parola è prodotta in versione canto classico, canto da commedia musicale (*legit*), *pop*, in versione parlata, *jazzy*, *rhythm 'n' blues*, *country* e *rock*².

In questa sequenza, la cantante gioca sul vibrato, sulla ricchezza del timbro, variando la frequenza fondamentale (ad es. molto più bassa nel parlato che nelle note cantate) a dimostrazione del fatto che si può produrre con la voce una grande varietà di suoni.

Un altro esempio, può derivare dall'ascolto di una voce prodotta in un ambiente in cui sia presente un'aria ordinaria e una voce con il condotto vocale pieno di elio i cui effetti, a parità di disposizione e tensione degli organi, sono di una generale accelerazione nella velocità degli eventi acustici.

Un'altra valida illustrazione deriva dall'alternarsi di attività fono-articulatorie, esplorate ad es. in produzio-

ni di tipo *beatbox*, che esemplificano la varietà dei possibili suoni vocali umani.

Siamo in grado non soltanto di parlare, di cantare, ma possiamo urlare, russare, piangere, sussurrare. La voce umana ci permette di produrre una grande diversità di suoni, dandoci anche l'abilità d'imitare molti suoni che ci circondano.

All'interno dell'espressione vocale cantata, coesiste inoltre una varietà di modi di esprimersi: dal canto più classico, lirico, fino alla varietà di espressioni vocali cantate testimoniate in tutto il mondo (ottenute utilizzando, comunque, sempre lo stesso strumento).

Andiamo ad analizzare questo strumento per vedere di cosa si tratta.

2. Meccanismi fonatori

2.1 La voce come strumento a fiato

La voce è innanzitutto una questione di flussi d'aria. Noi siamo uno strumento ad aria.

Quindi, entriamo direttamente nel vivo dell'argomento, introducendoci letteralmente nella bocca di un soggetto e osservando ciò che si trova all'interno della sua gola.

Ciò che vedremmo sarebbe l'aria espulsa dai polmoni che incontra delle pareti mobili al centro di una cavità complessa che chiamiamo la laringe. Queste pareti mobili possono muoversi, o per meglio dire auto-oscillare,

2. Questa varietà si traduce anche visivamente in uno spettrogramma dinamico: all'avanzare del video si vede il variare delle frequenze che sono presenti nel suono, che si traduce visivamente in una ricchezza acustica che si sposta, che si riorganizza (v. video in n.1).

e i movimenti prodotti causano dei suoni udibili.

Più questo movimento è veloce, più la vibrazione che raggiunge l'orecchio dell'ascoltatore produce una sensazione acuta.

Lo strumento vocale è però più complesso perché, oltre che dalla laringe, è composto dall'apparato respiratorio, in particolare dal diaframma, dai polmoni, dai bronchi e dalla trachea. Superata la laringe, l'aria incontra infine il condotto vocale: le cavità faringali, buccali e nasali, cioè tutto ciò che è al di sopra della laringe.

L'aria che siamo in grado di espellere, l'aria espirata, si trova quindi nelle condizioni di interagire con tutte queste pareti mobili e, in particolare, subisce una prima alterazione tra quelle della laringe.

Qui, tra le pliche vocali, che possiamo più comunemente chiamare corde vocali, l'interazione tra l'aria e le pareti genera il suono che, nel modello sorgente-filtro, possiamo chiamare 'segnale glottidale', uno stimolo alla risonanza delle cavità superiori (il 'filtro') che si genera al centro della laringe.

Se esaminiamo il segnale acustico prodotto in uscita dalle labbra, il segnale irradiato verso l'esterno, verso l'ascoltatore, può avere la forma di un'oscillazione modulata dalle cavità supralaringali a partire dal segnale immesso nel nostro strumento in funzio-

ne di una pressione dell'aria che si può misurare.

È una cosa che hanno fatto a Marsiglia Benoît Amy de la Bretèque e Antoine Giovanni su loro stessi, usando una tecnica di puntura tracheale. Questa tecnica consiste nel mettere una piccola sonda aerodinamica che misura la pressione al di sotto della laringe, quindi dentro la trachea (Amy de la Bretèque 2014).

Potrebbe sembrare doloroso, ma si tratta di poco più di una puntura e, in genere, dopo che è stata inserita la sonda, si può parlare o cantare per tempi piuttosto lunghi (dell'ordine di un'ora) senza subire conseguenze.

Grazie a questa misurazione, si può accedere direttamente alla curva della pressione d'aria che entra nello strumento e, sovrapponendo la curva della pressione d'aria ai suoni prodotti, osservare come questa coincida perfettamente con l'involuppo dell'ampiezza del segnale acustico irradiato alle labbra.

Questo indica che il suono in uscita è più o meno intenso in funzione del livello di pressione d'aria che immettiamo nello strumento.

Se raffiguriamo i valori rilevati durante un crescendo e un decrescendo (come quelli prodotti da Benoît Amy de la Bretèque cantando una nota di Do#) otteniamo invece il grafico riprodotto in Fig. 1.

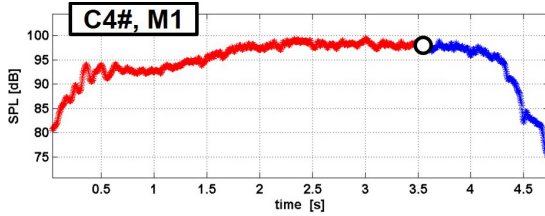


Fig. 1. Intensità sonora in crescendo e decrescendo di un Do# della 4^a ottava (Amy de la Bretèque 2014).

Rappresentando in rosso la parte in crescendo del suono e in blu la parte in decrescendo, osserviamo come questa parte da un certo livello sonoro con andamenti crescenti e decrescenti che riproducono quelli della pressione subglottidale misurata dalla sonda.

Possiamo quindi rappresentare quest'intensità sonora in decibel SPL, in funzione della pressione subglottidale immessa nello strumento e osservare come, durante il crescendo il suono raggiunga una certa intensità sonora, e poi, successivamente, quando il suono scende nuovamente, a parità d'intensità

del suono irradiato, l'intensità sia talvolta più bassa: per una stessa pressione d'aria subglottidale, si possono avere due intensità sonore differenti, a seconda che ci si trovi nella fase di crescendo o decrescendo. E questo risultato si vede sull'insieme della tessitura di una cantante, quando sovrapponiamo tutti i crescendo e decrescendo, come in Fig. 2, a conferma della tendenza a ripetersi del fenomeno per ogni altezza cantata.

A parità di pressione subglottidale, l'intensità sonora è dunque minore nelle fasi di decrescendo. Ciò ci porta a un altro aspetto della nostra voce: la

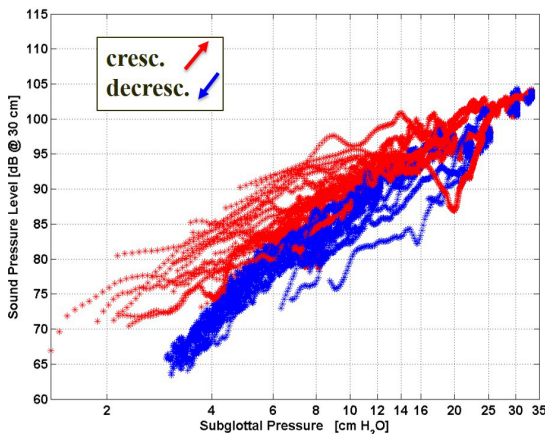


Fig. 2. Intensità sonora in funzione della pressione subglottidale in diversi cicli di crescendo (rosso) e decrescendo (blu) (Amy de la Bretèque 2014).

voce non è solo uno strumento a fiato, è anche uno strumento a corde.

2.2 La voce come strumento a corde

È difficile vedere queste famose corde, perché, se apriamo la bocca, vediamo la lingua, l'ugola, il velo del palato molle, ma non ciò che si trova nel fondo della gola.

Solo dalla metà-fine del XIX secolo si è potuto iniziare a vedere cosa ci fosse veramente al fondo della gola, grazie a un piccolo specchio tenuto da un'estremità di metallo: il laringoscopio.

In Fig. 3a, si individuano due strisce bianco perlato che corrispondono alle pareti mobili di cui parlavamo: le corde vocali, che tecnicamente chiamiamo pliche.

Con altri mezzi, più sofisticati, come ad es. l'endoscopia fibroscopica, è possibile ottenere immagini (e sequenze filmate) con la qualità dei fotogrammi in Fig. 3b.

Le pliche vocali, quando respiriamo, sono ben divaricate per permettere all'aria di passare. Ma quando vogliamo produrre un suono, è necessario avvicinarle, farle venire a contatto, affinché l'aria possa incontrare quest'ostacolo, per forzarlo e innescare una serie di aperture e chiusure (causate da effetti mioelastici) che permettono la generazione della sorgente glottidale.

È interessante sapere che c'è un legame tra la morfologia e la tessitura di una persona.

Dei colleghi tedeschi (Roers *et alii* 2009) si sono concentrati su questo tema, interrogandosi sulle relazioni tra la lunghezza del collo, la corporatura e l'estensione vocale o, in particolare, la tessitura del cantante.

In definitiva, solo un parametro morfologico è legato alla tessitura: che siate robusti o magri, alti o bassi, non è detto che siate un basso o un tenore, oppure un contralto o un soprano.

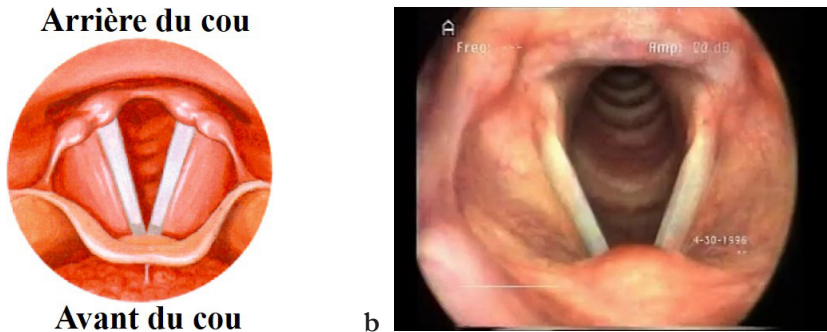


Fig. 3. Schema con visione trasversale della glottide e delle pliche vocali (a). Fotogrammi di due fasi di apertura e chiusura della glottide per endoscopia (b).

La tessitura è collegata unicamente al diametro della trachea, che è misurabile come lunghezza delle pliche a riposo. C'è infatti un legame diretto tra la lunghezza delle pliche vocali a riposo e la tessitura nella quale il soggetto può cantare. Maggiore sarà questa lunghezza e più il cantante avrà una «tessitura grave», nell'ambito della categoria vocale alla quale appartiene, se è un uomo o una donna.

Quindi i bassi hanno pliche vocali più lunghe dei tenori e, nell'ambito della categoria femminile, gli alti femminili hanno pliche più lunghe di quelle dei soprani.

Questa lunghezza globale delle pliche è legata a una tessitura, ossia generalmente un insieme di circa due ottave, all'interno della quale la voce cantata si muove comodamente.

Le modalità con cui una voce esplora queste due ottave sono rese evidenti da un video estratto dal libro *Moyens d'investigation et pédagogie de la voix chantée* di Guy Cornut.

In questo alcuni colleghi lionesi hanno chiesto a un soprano di produrre un glissando ascendente-discendente. Misurando con un endoscopio e osservando il movimento vibratorio delle pliche vocali, ma allo stesso tempo la tensione del loro stiramento, si può constatare il meccanismo che si stabilisce per produrre questo suono.

Questo meccanismo permette di esplorare, eventualmente, anche intervalli vocali importanti.

Infatti, come dicevamo, la voce non è solo uno strumento a fiato, ma ha anche delle proprietà legate agli strumenti a corde.

Per produrre una nota più acuta, su una chitarra, occorre tendere maggiormente la corda. Ebbene, nella voce umana troviamo lo stesso fenomeno: quando si vuole cantare più acuto, si esercita tensione e si stirano le pliche. La lunghezza è importante, ma anche la tensione diventa un parametro cruciale per l'altezza della voce.

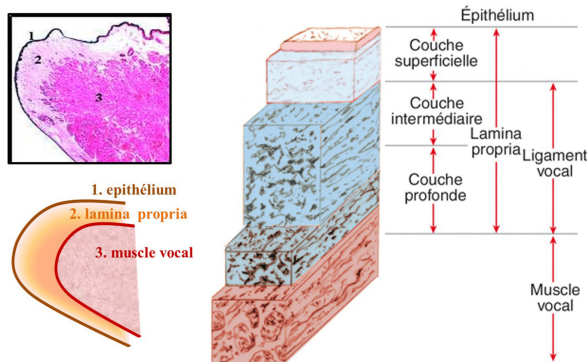


Fig. 4. Microstruttura stratificata di una plica vocale.

È importante notare che la plica vocale non è omogenea. Lo stiramento si realizza infatti grazie a microstrutture della plica che è notevolmente eterogenea e presenta una struttura stratificata (v. Fig. 4). In questa stratificazione individuamo tre parti: l'epitelio, che ricopre la plica, la *lamina propria*, che è un insieme di fibre di collagene e di elastina e costituisce la parte superficiale, intermedia e profonda della plica, e - al centro delle pliche - le fibre muscolari, di un muscolo chiamato *vocalis*.

In una pubblicazione apparsa su *Scientific Reports* (Bailly *et alii* 2018), siamo riusciti a registrare la microstruttura della plica vocale umana, mediante radiazioni al sincrotrone su parti anatomiche.

In questo modo, abbiamo potuto vedere realmente le proprietà microstrutturali delle nostre pliche. Se osserviamo questa struttura multistrato, con un taglio istologico sulla lunghezza della plica, notiamo: l'epitelio, con la sua membrana basale, la diversa densità delle fibre di collagene (indi-

cate in viola) che si concentrano in profondità, fino alle fibre muscolari del *vocalis* che hanno un orientamento privilegiato dalla parte anteriore alla parte posteriore della gola.

Questa microstruttura della plica permette una grande estensione vocale a prescindere dalla morfologia, passando da cicli molto lenti, che determinano suoni quasi impulsivi, alle vibrazioni velocissime di suoni che sono molto acuti o acutissimi.

Esistono registrazioni che permettono di osservare l'esempio di soprani che cantano partendo da un suono quasi impulsivo, fino ad arrivare ai suoni più acuti che possono produrre.

In Fig. 5, grazie alla rappresentazione visiva del suono e della distribuzione dell'energia acustica che contiene, notiamo delle zone di continuità e delle interruzioni.

I passaggi segnati da linee verticali rappresentano i cambiamenti nei meccanismi laringei, che sono quattro nella voce umana.

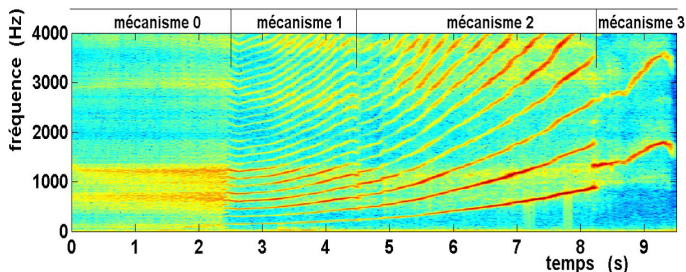


Fig. 5. Spettrogramma della voce di un soprano che esplora i suoni quasi impulsivi delle sue note più gravi ai suoni 'fischiati' delle sue note più acute mostrando l'esistenza di 4 diversi meccanismi fonatori all'aumentare della frequenza fondamentale (F_0).

Questi meccanismi laringei sono presenti nell'uomo e nella donna, e anche nei bambini.

Il meccanismo zero (M0) permette di produrre i suoni più gravi della nostra tessitura. Fino a 70-80 Hz la voce si percepisce quasi come sequenza di impulsi, perché il nostro sistema di percezione non è in grado di percepire l'altezza di impulsi a frequenze così basse.

I meccanismi M1 e M2 sono usati, principalmente, dall'uomo e dalla donna nella conversazione.

Generalmente si parla usando il meccanismo M1, oppure – più occasionalmente – usando il meccanismo M2, si produce una voce più acuta.

L'estensione di questi meccanismi permette ai cantanti uomini e donne di esplorare in M1 il medio-grave della tessitura e in M2 il medio-alto della tessitura.

È invece il meccanismo qui indicato come M3 che consente di produrre suoni acuti o sovracuti e che si trova soltanto in alcuni soprani leggeri, in grado di esplorare i suoni più acuti della loro tessitura con una voce quasi fischiata.

La voce, dicevamo, è il prodotto di uno strumento a fiato, ma abbiamo visto così che è anche il risultato di meccanismi vibratorii che sono tipici di uno strumento a corde. Vedremo ora che è anche il risultato di una caratterizzazione timbrica.

2.3 Il timbro della voce

Le caratteristiche del suono prodotto dalla sorgente glottidale possono essere modulate.

Joël Gilbert, trombonista ed esperto di acustica, ha usato un modellino di condotto vocale che ha accostato alle sue labbra³. I trombonisti infatti fanno vibrare le labbra, riproducendo un effetto simile alla vibrazione delle plieche vocali. Senza modellino la vibrazione delle labbra produce un suono povero di timbro. Accostando invece alle labbra in vibrazione un modellino che riproduce la configurazione articolatoria di un suono di tipo [i] si percepisce proprio questo suono.

Se potessimo catturare il suono che un cantante produce nella sua gola, sentiremmo infatti la melodia, e le modulazioni dell'intensità, ma la caratterizzazione timbrica della voce sarebbe molto limitata.

Abbiamo a disposizione un certo numero di articolatori nelle cavità supraglottidali, che ci permettono di modellare, di definire il suono della sorgente glottidale, e di renderlo ricco, comprensibile, articolato, per parlare, per cantare etc.

In particolare è grazie alla lingua che abbiamo la possibilità di modellare la geometria interna del no-

3. Questo ricercatore ha dato diversi contributi all'acustica degli strumenti musicali a fiato, ma è anche l'autore di un lavoro di dottorato (Gilbert 1991) in cui affronta questi temi.

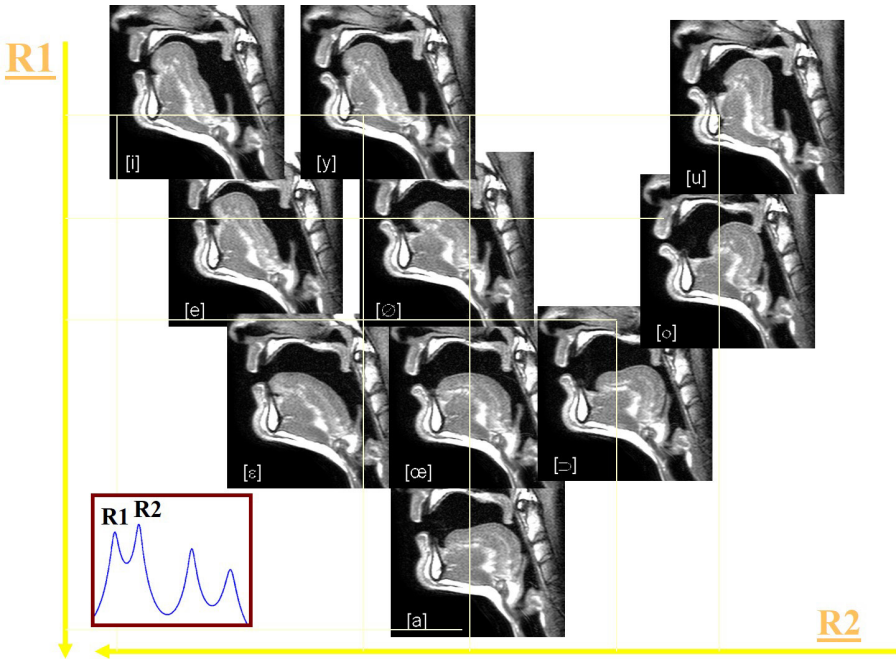


Fig. 6. Disposizione in uno schema di tipo triangolo vocalico delle dieci configurazioni articolatorie più tipiche del vocalismo orale francese ottenute per IRM e riferite alle scale di variazione delle prime due componenti acustiche del timbro (formanti o risonanze, qui R1 e R2) (Henrich et alii 2006).

stro condotto vocale, modificando lo spettro acustico della voce.

Le dieci vocali orali del francese possono essere rappresentate in uno spazio a due dimensioni molto usato in fonetica sperimentale (Fig. 6).

La prima dimensione (R1) rappresenta il grado di apertura che dipende dalle dimensioni del passaggio che lasciamo al suono prodotto dalla sorgente (passando da suoni più chiusi, come [i], a suoni più aperti come [a]).

La seconda dimensione (R2) è il

punto di articolazione: la posizione di massimo sollevamento o abbassamento della lingua può essere in avanti, al centro o indietro (rispettivamente per suoni di tipo [i], [a] o [u]).

A partire da queste modifiche della geometria del canale vocale, si definisce una «funzione geometrica» (o «funzione d'area») che il condotto vocale esercita sul suono sorgente.

In fonetica sperimentale, si può rappresentare questa funzione ricorrendo a un insieme di piccoli tubi, accostati l'u-

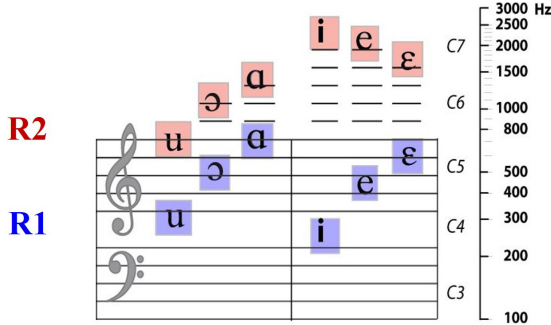


Fig. 7. Disposizione su un pentagramma delle note corrispondenti alla frequenza delle due principali componenti del timbro delle vocali indicate.

no all'altro, che riproducono la forma complessiva delle cavità supraglottidali.

Se applichiamo a questo modello e alla sua funzione d'area, le leggi della propagazione acustica, possiamo valutare l'attitudine del condotto vocale a «trasferire», cioè trasformare acusticamente i suoni che irradia verso l'esterno, amplificandone alcune componenti che chiamiamo «risonanze» o «formanti».

È importante sottolineare che, nel parlato, le due componenti più basse, la prima e la seconda, sono particolarmente importanti per la percezione delle vocali.

Nello schema di Fig. 6, si vede come sia la frequenza della prima risonanza, che varia tra 300 e 800 Hz, a correlare maggiormente con le variazioni di apertura, mentre la seconda risonanza, che varia tra 800 e 2500 Hz, consente di passare da [i] a [y] a [u], mantenendo, più o meno stabile a 300 Hz la prima frequenza di risonanza.

A questo punto il modello teorico iniziale in cui abbiamo discusso le caratteristiche della sorgente, si completa introducendo gli effetti di un «filtro». Il condotto vocale agisce infatti come un filtro, amplificando alcune frequenze contenute nella fonte attraverso un'azione di rinforzo di alcune zone armoniche, definendo timbri diversi che chiamiamo vocali.

Quando si opera nel canto, può essere utile riportare queste due frequenze di risonanza, la prima e la seconda, su un pentagramma (in Fig. 7 una schematizzazione di quelle del francese).

2.4 Melodie timbriche

Anche le risonanze del condotto vocale possono essere usate nel canto.

Il primo esempio, un caso da manuale, è il canto mongolo difonico detto *khöömei*, particolarmente usato nella Repubblica di Tuva, in Mongolia.

Ascoltando e analizzando alcune produzioni di un cantante mongolo,

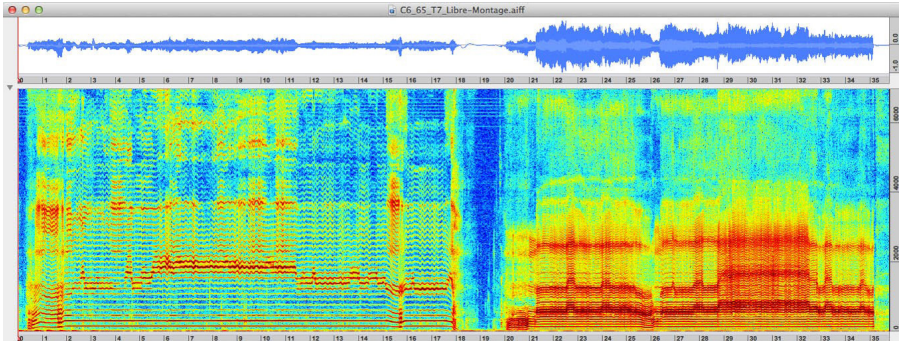


Fig. 8. Spettrogramma di due realizzazioni di una “stessa” melodia da parte del cantante difonico Batsükh Dorj con due distinte tecniche: con f_0 alta e modulazione della seconda formante tra la quinta e la dodicesima armonica (a sinistra) e f_0 bassa e modulazione della prima formante in un intervallo attorno alla quinta armonica (a destra).

Batsükh Dorj, possiamo osservare come una stessa melodia possa essere cantata in due modi diversi, differenziando la ripartizione dell’energia acustica del suo suono.

In un primo canto, il cantante lavora sulla seconda risonanza, creando una variazione melodica che appare sullo spettro (v. Fig. 8). In pratica sceglie le vocali di cui ha bisogno per fare emergere la quinta o la dodicesima armonica. Questo dipende ovviamente dalla frequenza fondamentale (f_0) delle vibrazioni delle sue pliche vocali che può essere tenuta, per esempio, a 200 Hz.

Grazie a questa frequenza fondamentale, presente nel suono dei timbri vocalici, può selezionare un’armonica diversa con le risonanze del ‘filtro’, in particolare la seconda formante, definendo un «canto delle armoniche».

Nel secondo tipo di canto, la frequenza fondamentale delle vibrazioni delle pliche vocali è molto più grave,

trovandosi a 65 Hz, con una quinta armonica attorno ai 300 Hz.

In questo modo il cantante difonico può lavorare anche con la prima risonanza che gli permette di selezionare un’armonica dalla quinta alla dodicesima.

Queste tecniche permettono di avere delle produzioni vocali molto ricche e sonore.

Un secondo esempio può venire dall’osservazione degli acuti nel canto colto occidentale in età adulta.

Quando un cantante raggiunge un acuto, qualsiasi sequenza di vocali presenti nel testo può sembrare una [a].

Osservando le vocali cantate da un soprano, ad es. quelle all’estremità del triangolo vocalico, la [a], la [i] e la [u], su tre note diverse all’interno della sua tessitura vocale si nota come le distinzioni timbriche diventino oggettivamente meno chiare passando da una nota media (ad es. quando sono can-

tate sul LA₃ a 440Hz) a una nota acuta (il RE₄ a 590Hz). I timbri diventano poi totalmente indistinguibili quando sono cantati su una nota molto acuta (il FA₄ a 700Hz).

Quand’anche ci siano variazioni articolatorie evidenti negli acuti, la percezione uditiva le riconduce a uno stesso gesto a livello di articolazione. Questo perché, a causa di una f_0 molto alta, il timbro non ha più modo di tradursi a livello acustico.

Un semplice esperimento può essere condotto sulle vocali in una serie ascendente di note (nell’es. prodotte da una cantante australiana). All’aumentare dell’altezza della nota gli udi-

tori hanno l’impressione di seguire ciascuna vocale mantenere il suo timbro. Ma ritagliando le singole produzioni e disponendole in ordine aleatorio gli uditori si confondono nell’identificare i timbri. La realtà acustica è che in acuto si possono cantare solo vocali il cui timbro è più spesso ricondotto a suoni di tipo [a].

Perché proprio la [a]? Perché la [a] è la vocale che presenta la prima risonanza più alta a 800 Hz.

Quando cantiamo un suono così acuto, ciò che sentiamo è una prima formante in corrispondenza della f_0 (come se fosse la risonanza a 800 Hz della [a] vista sopra).

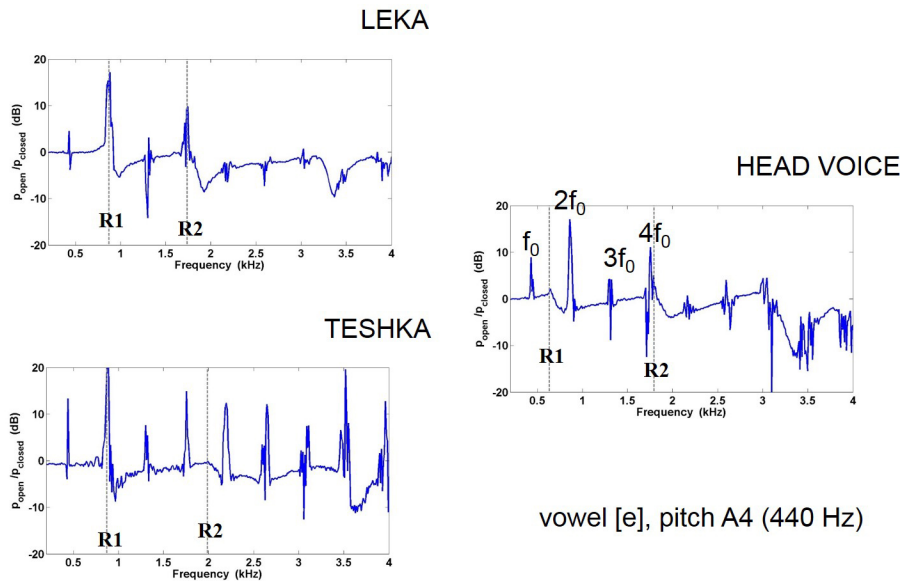


Fig. 9. Grafici che evidenziano la corrispondenza tra spettri armonici e formanti timbriche per tre tipi di voce nel canto bulgaro (Heinrich et alii 2006).

2.5 Altri allineamenti di formanti e armoniche

È possibile, infine, che la prima risonanza, fatta coincidere con la seconda armonica della nota cantata, esalti l'ottava, come avviene nel canto femminile bulgaro.

Questo canto è stato reso noto in Europa grazie alle esibizioni del coro «Il Mistero delle Voci Bulgare».

Benché spesso proposte al teatro, queste produzioni vocali si sono sviluppate storicamente all'esterno per essere eseguite nelle feste di paese.

Lo stile di lega a produzioni molto sonore con un timbro ben definito, molto caratteristico.

Se consideriamo la voce di testa prodotta da una cantante bulgara su una data nota, possiamo notare il fenomeno descritto come segue e illustrato dagli spettri della Fig. 9, in riferimento a uno stile leggero, detto *Leka*, o a uno stile più pesante, detto *Teshka*.

Se raffiguriamo la nota cantata e tutte le sue armoniche ($2 \times f_0$, $3 \times f_0$, $4 \times f_0$...)

insieme a una misura fisica delle risonanze soggiacenti del condotto vocale osserviamo ad esempio (v. Fig. 9 a destra) che la prima risonanza di questa cantante, in voce di testa, è situata tra la prima e la seconda armonica mentre i due stili più tipici si caratterizzano per una coincidenza con un'armonica di entrambe le formanti o della sola prima formante (la seconda restando tra la 4^a e la 5^a nel grafico di Fig. 9 in basso a sinistra).

Se rappresentiamo f_0 di tutte le vocali nella tessitura della sua voce cantata, in voce di testa (quadrati blu in Fig. 10), e la compariamo con le risonanze della sua voce parlata (banda orizzontale nera in Fig. 10), vedremo le relazioni che si stabiliscono con la frequenza della prima risonanza per la voce parlata e quelle della voce cantata, in voce di testa, alle diverse altezze.

Vediamo che per le vocali più aperte la prima frequenza di risonanza è vicina a quella che troviamo nel parlato: la cantante gestisce la sua prima forman-

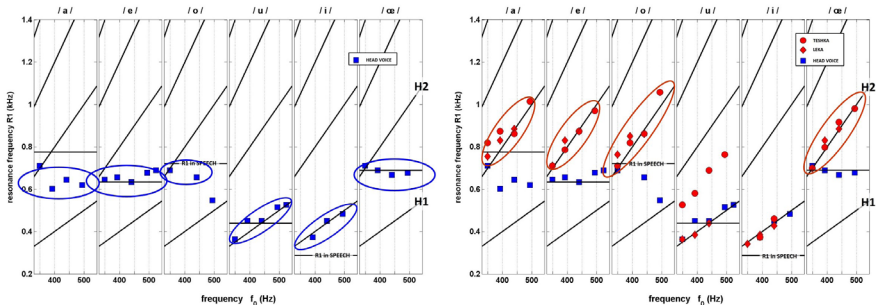


Fig. 10. Schemi di corrispondenza tra movimenti armonici e formanti di sei distinti timbri vocalici per tre tipi di voce nel canto bulgaro (Henrich et alii 2006).

te come nel parlato (Fig. 10 a sinistra). Nel caso delle vocali chiuse, invece, osserviamo quello che si chiama un accordo tra la prima formante e f_r .

Quando consideriamo le stesse note nel canto bulgaro (Fig. 10 a destra), nello stile *Leka* o nello stile *Teshka*, osserviamo che la frequenza della prima risonanza si sposta per accordarsi con la seconda armonica.

Quest'accordo è sistematico per le vocali aperte o medie [a], [e], [o] o [œ], dove questa formante è adattata all'ottava della nota cantata.

Invece, nelle vocali chiuse, possiamo comunque osservare un aumento della frequenza di risonanza di pari passo con la nota cantata, ma senza che ci sia accordo con la seconda armonica. Tutt'al più l'accordo avviene con la prima armonica.

3. Conclusioni

Abbiamo passato in rassegna diversi argomenti sulle qualità della voce cantata e sulle tecniche vocali in varie tradizioni, ma per concludere, è importante sottolineare che i fenomeni che osserviamo in questi canti internazionali si ritrovano anche in canti di musica amplificata, come nelle commedie musicali.

Questo sta emergendo dalle ricerche di una collega, Maëva Garnier, che in Australia, insieme alla sua studentessa Tracy Bourne, ha studiato sei cantanti professioniste di negli stili della musica

commerciale occidentale. Richiedendo a queste interpreti di produrre dei canti in *legit*, che è una forma di voce di testa, o in due qualità di *belt*, hanno ritrovato sistematicamente questo genere di accordi tra la prima risonanza e la seconda armonica, come mostrano in Garnier & Bourne (2010). Con queste suggestive linee di sviluppo della ricerca attuale, ci auguriamo un crescente interesse per questo affascinante mondo.

Bibliografia

Amy de la Bretèque B. (2014). L'aérodynamique de la voix : à propos des exercices de rééducation avec constriction du tractus vocal. *Thèse de Doctorat en Sciences du langage soutenue à Aix-Marseille* sous la direction de A. Giovanni et de N. Heinrich-Bernardoni.

Bailly L., Cochereau T., Orgéas L., Heinrich Bernardoni N., Rolland du Roscoat S. et al. (2018). «3D multiscale imaging of human vocal folds using synchrotron X-ray microtomography in phase retrieval mode». *Scientific Reports*, Nature Publishing Group, 8, art. no. 14003.

Cornut G. (2002) «Moyens d'investigation et pédagogie de la voix chantée». Lione: Symétrie.

Garnier M. & Bourne T. (2010). «Physiological and acoustic characteristics of the female music theatre voice in 'belt' and 'legit' qualities». *Proc. International Symposium on Music Acoustics* (Katoomba, Australia, Aug. 2010), 9-13.

Gilbert J. (1991). Étude des instruments de musique à anche simple: extension de la méthode d'équilibrage harmonique, rôle de l'inharmonicité des résonances, mesure des grandeurs d'entrée. *Thèse de doctorat en Physique soutenue au Mans* sous la direction de Jean Kergomard.

Henrich N., Kiek M., Smith J. & Wolfe J. (2006). Resonance strategies used in Bulgarian women's singing style: A pilot study. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 32(4), 171-177.

Roers F., Mürbe D. & Sundberg J. (2009). Voice classification and vocal

tract of singers: A study of X-ray images and morphology. *Journal of the Acoustical Society of America*, 125(1), 503-512.

Roubeau B., Henrich N. & Castellengo M. (2009). «Laryngeal vibratory mechanisms: the notion of vocal register revisited». *Journal of Voice*, 23(4), 425-438.

Titze I.R., Baken R.J., Bozeman K.W., Granqvist S., Henrich Bernardoni N. *et alii* (2015). «Toward a consensus on symbolic notation of harmonics, resonances, and formants in vocalization». *Journal of the Acoustical Society of America*, 137 (5), 3005-3007.