

# L'impiego dei fonetogrammi nell'analisi di voci cantate in diverse lingue nella tradizione musicale eurocolta

Raffaella Ginepro, LFSAG – Scienze linguistiche, UniTO

## Introduzione

“Fin dagli esordi della comunicazione umana, la musica e il linguaggio, due forme di comunicazione uniche tra le specie animali, hanno giocato un ruolo importantissimo nell'evoluzione dell'uomo, spesso con stretti legami di connessione tra di esse” (Patel, 2010).

Musica e linguaggio, indubbiamente, si incontrano nel canto che è, a tutti gli effetti, “lingua in musica” (così come lo è la poesia, cui sono stati dedicati diversi contributi in questa rivista), e si legano insieme attraverso le modulazioni della voce.

La voce è infatti una caratteristica comune a diverse specie animali che, avvalendosi di meccanismi mioelastici-aerodinamici localizzati in un complesso apparato fonatorio-respiratorio, ha permesso un'interessante evoluzione della comunicazione umana. In particolare, la voce è il risultato di attività prevalentemente concentrate nella laringe umana (Schindler 2009), ma condizionate da fattori dipendenti dal coinvolgimento di numerose altre parti del corpo<sup>1</sup>.

Inoltre, la voce è molto più del suono prodotto dalla vibrazione delle corde vocali. È un tratto identitario di ciascuna persona; è lo strumento che utilizziamo fin da neonati per esprimere le nostre necessità; è il canale che usiamo per produrre enunciati, che sono unità elementari della comunicazione parlata; un mezzo per esprimere le nostre emozioni e per scambiare informazioni con altri esseri umani.

La voce serve quindi alla comunicazione linguistica, che in questa sede approfondiremo soltanto in una sua dimensione artistica.

Tra le proprietà della comunicazione – che per Volli (2010) sono almeno sei<sup>2</sup> – le teorie linguistiche si soffer-

---

<sup>2</sup> Secondo Ugo Volli, sono almeno sei i caratteri della comunicazione che devono essere considerati: il primo è quello definito “originario”, che vede la comunicazione come “partecipazione”; il secondo è quello della comunicazione come “passaggio di informazioni”; il terzo la caratterizza come “condivisione”; il quarto la descrive come “inferenza”; il quinto l'intende come “scambio”; mentre il sesto ne mette in evidenza la “funzione ermeneutica”. Sebbene diffusamente presente in questi sei caratteri, a noi preme qui rilevare il piano estetico, che si definisce in funzione di qualità intrinseche dell'espressione vocale, misteriosamente racchiuse nella modulazione di variabili fon-arti-

---

<sup>1</sup> Si vedano in particolare i contributi di M. Uberti e N. Henrich Bernardoni nel *Bollettino LFSAG* n. 7, 2021.

mano di solito sulla comunicazione intesa come scambio di informazioni fra individui appartenenti a uno stesso universo reale o concettuale (Romano & Miletto 2017), ma – per uno sviluppo armonico di questo campo disciplinare – ci pare interessante rilevare, rispetto ai modelli di Jakobson e Fónagy, le sue funzioni emotiva e poetica e alcuni suoi caratteri di universalità che, attraverso la voce e il testo, determinano forme artistiche quali la declamazione, la recitazione o il canto. La voce, in particolare:

“È il nostro primo soffio di vita. (...) Abbiamo in noi questa formidabile capacità di produrre suoni e acquisiamo progressivamente la capacità di articolarli 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.” (Henrich Bernardoni, 2021).

Se, dunque, la voce ci consente di *stabilire una comunicazione tra gli uni e gli altri* non è solo importante spiegarne i meccanismi di produzione, ma assume rilievo anche studiarne le qualità estetiche e le modalità con cui contribuisce a definire un patrimonio culturale.

colatorie e acustiche (in insiemi di valori misurabili), e recuperate dall'esperienza percettiva.

È indispensabile quindi valutare l'emissione vocale e il suo inserimento in una matrice antropologica che, anche in considerazione dell'osservazione delle qualità acustiche e percettive, va studiata partendo da solide basi descrittive (in riferimento a un quadro interdisciplinare definito, tra gli altri, dai contributi raccolti in Schindler 2009, Fussi 2000-2011 e Patel 2010)<sup>3</sup>.

### 1. La voce e i meccanismi fonatori

Polmoni, laringe, bocca, naso concorrono, insieme ai movimenti muscolari del petto e del torace, a generare l'atto complesso dell'emissione vocale attraverso la produzione del fiato, la generazione del suono e la modulazione dello stesso (Uberti 2005).

Il meccanismo inizia, quindi, nella cassa toracica, dove i muscoli, contraendosi comprimono i polmoni, generando l'espirazione del flusso d'aria

---

<sup>3</sup> Non rientra tra gli scopi di questa ricerca esaurire tutti questi argomenti, ma soltanto riproporre la centralità del tema della variazione linguistica anche in campo artistico-musicale, al quale possono anche giovare contributi di carattere sperimentale. La ricerca qui descritta è stata condotta nell'ambito di una Tesi di Laurea Magistrale discussa dall'A. a compimento di un percorso di studi in “Scienze linguistiche” presso l'Università di Torino (2022) e inserita in più ampio progetto di ricerca interdisciplinare sull'emissione vocale parlata e cantata. Oltre a una rielaborazione sintetica dell'elaborato originale, offerta nei paragrafi introduttivi (§§1-2), questo saggio ripropone una sezione dimostrativa dell'analisi condotta sulle singole

che dai polmoni stessi risale alla trachea. Contemporaneamente il muscolo diaframma si contrae spostandosi verso il basso contribuendo all'apertura del torace e consentendo il rifornimento d'aria.

In prossimità della parte superiore della trachea si trova la laringe – formata a sua volta da sottoglottide, glottide, sovraglottide ed epiglottide, che separa la cavità laringea dalla lingua – che è costituita da uno scheletro di cartilagine. All'interno della laringe, all'altezza della glottide, il flusso d'aria incontra due lembi tendinei, le pliche o corde vocali, il cui movimento è regolato da un articolato sistema muscolo-cartilagineo e da complesse condizioni aerodinamiche che intervengono su strati di tessuto epiteliale e mucoso.

Nell'atto dell'inspirazione le corde vocali sono divaricate e permettono all'aria di passare, per arrivare ai polmoni. All'atto dell'emissione sonora, viceversa, le corde devono unirsi, per consentire al flusso d'aria di produrre

oscillazioni. Il flusso d'aria incontra quindi le corde vocali, subendo un aumento di pressione che consente di contrastare la tensione delle corde stesse, aprendo una fessura attraverso cui il flusso d'aria passa e, al contempo, produce delle oscillazioni alle corde vocali, generando impulsi sonori che stimolano le risonanze di diverse cavità supraglottidali, del cosiddetto condotto vocale (cavità faringali e buccali), nonché, in certe condizioni, le cavità nasali.

L'onda sonora prodotta dalla vibrazione delle corde vocali non è un suono puro, ma risultante dalla presenza di componenti armoniche. È l'intensità di queste componenti che viene modulata nel passaggio attraverso le cavità dell'apparato fono-articolatorio. La qualità del suono prodotto dipende pertanto dalla frequenza di oscillazione delle pliche vocali, che è correlata alla loro tensione, alla loro densità, alla loro lunghezza e alle caratteristiche di pressione e di flusso dell'aria espira-

---

voci analizzate (§§3.1-3), concentrandosi in un confronto più stringente sulle produzioni dei soprani (§3.4). Oltre ai musicisti che hanno accettato di fornire le loro voci, e sottoporre la loro arte, a questo studio sperimentale, approfittando per ringraziare qui anche il primo relatore, il Prof. Antonio Romano, e i correlatori di questa Tesi, i Proff. Mario Squartini e Valentina Colonna. Ringrazio anche i responsabili della rivista e il comitato scientifico che si è fatto carico di rileggere la versione originale del manoscritto suggerendo alleggerimenti e, al

---

contrario, approfondimenti nelle diverse sezioni, oltre che chiarimenti come quello espresso in questa nota e in molti altri passaggi aggiunti a commento dei paragrafi più sperimentali. Come suggerito in particolare dagli stessi curatori della rivista, tengo a precisare che l'analisi qui svolta, basata su dati registrati in condizioni diverse, non ha l'aspirazione di collaudare modalità di confronto sistematico tra le voci, ma solo illustrare le possibilità di lettura offerte da un potente strumento "diagnostico" che richiede tuttavia molte precauzioni d'uso.

toria, ma acquista un timbro anche in virtù dell'effetto filtrante delle cavità superiori (Romano & Miletto 2017).

### 1.1. *La voce che canta*

Tornando ancora ai meccanismi fonatori si è visto che la voce umana “funziona” ad aria, perché l'energia che innesca il processo è proprio l'aria espirata dai polmoni: in questo senso, la si potrebbe paragonare a uno strumento a fiato; ma, al contempo “funziona” anche a corde, con l'oscillazione delle pliche vocali. La nostra voce è perciò uno strumento estremamente complesso che permette di emettere suoni e parole in tanti modi, a seconda di come questi stessi suoni vengono articolati attraverso i movimenti della lingua e delle labbra, a seconda della dimensione della trachea e delle pliche vocali, a seconda della quantità e qualità dell'aria che utilizziamo e a seconda della configurazione interna delle cavità in cui le onde sonore risuonano.

L'interazione di tutti questi elementi fa sì che si modifichi il contenuto spettrale del suono, determinando il timbro dei suoni prodotti che, dipendendo anche da un controllo linguistico, si caratterizzano in modo specifico per ciascun individuo, attribuendogli quasi una sorta di impronta digitale, in questo caso un'impronta ‘vocale’.

Nel linguaggio musicale, tuttavia, si utilizza normalmente il termine “timbro” per indicare le caratteristiche in-

trinseche di una voce, e si utilizza invece il termine “colore” per indicare le modificazioni volontarie del timbro, per lo più a scopo espressivo<sup>4</sup>.

Più rapidamente le corde vocali oscillano, cioè più alta è la loro frequenza della vibrazione (che a sua volta dipende dalla tensione delle corde stesse, dalla loro densità e dalla loro lunghezza), più le onde che raggiungono l'orecchio dell'ascoltatore producono una sensazione di altezza.

Inoltre, maggiore è l'ampiezza di queste oscillazioni – in funzione della pressione dell'aria, delle risonanze e dell'irraggiamento del suono all'uscita dell'apparato fono-articolatorio – maggiore sarà l'intensità del suono emesso, che all'orecchio dell'ascoltatore risulterà come più forte.

Altezza, intensità e timbro sono qualità sia della voce parlata che della voce cantata, e si estendono in range di variazione determinati da specifici valori misurabili.

La tessitura di una voce è l'intervallo in cui l'altezza dei suoni (definita principalmente dalla frequenza fondamentale) realizzati da un determinato soggetto può variare producendo una voce

---

<sup>4</sup> Questi concetti sono definiti tecnicamente, insieme a molti altri all'interno di un corpo di conoscenze ormai consolidato, in varie opere che analizzano i meccanismi di produzione, le tecniche di canto e gli effetti stilistici dei diversi modelli di esecuzione (da Karoly 1965 a Juvarra 2015).

modale che modula senza sforzo (varie fonti citate in Romano et al. 2012). È diversa dall'estensione che rappresenta, invece, l'intervallo di note che quel determinato soggetto può riuscire a cantare. La tessitura, in pratica è la parte di estensione vocale in cui la voce può esprimersi al meglio e, normalmente, corrisponde a circa due ottave<sup>5</sup>.

Natalie Henrich Bernardoni, a questo proposito sottolinea che:

“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.” (Henrich Bernardoni 2021).

È proprio in base alla tessitura o meglio, in funzione dell'altezza della voce nel registro di petto o di testa ordinata in base alla tessitura, che si possono classificare le voci, considerando parametri soprattutto estetici che caratterizzano ciascun tono (cioè

ciascuno dei suoni di un'ottava corrispondenti a una data altezza melodica, v. dopo).

Secondo questo tipo di classificazione, tradizionalmente si individuano 6/7 tipi di voci suddivise a loro volta in voci maschili e femminili.

Per quanto riguarda le voci maschili, procedendo dalle più gravi (quelle in cui la tessitura predilige le frequenze più gravi) alle più acute, vi sono quindi le voci di basso, di baritono e di tenore, mentre per quanto riguarda le voci femminili, sempre procedendo dalle più gravi alle più acute, vi sono le voci di contralto, di mezzosoprano e di soprano. In alcune tradizioni canore, si inserisce anche la voce di alto, fra il contralto e il mezzo soprano (v. tabella in Romano et al. 2012).

Ogni cantante, nel passare dalle frequenze più gravi a quelle più acute, e viceversa, produce all'interno della sua laringe una serie di meccanismi che fanno sì che non tutti i toni vengano prodotti allo stesso modo: tutti i toni prodotti con le stesse qualità, cioè utilizzando gli stessi meccanismi laringei, rientrano in un registro vocale, associato a un determinato meccanismo di vibrazione. Ve ne sono almeno quattro, riconosciuti dalla maggior parte degli studiosi (cfr. Romano et al. 2022).

“La gestione dell'intera estensione di una voce implica differenti adattamenti dell'apparato vocale che occupano am-

---

<sup>5</sup> Un'ottava, in musica, è l'intervallo di otto note, posizionate a frequenze diverse nella scala musicale, che però presentano un rapporto di frequenza tra la prima e l'ultima, pari esattamente alla metà (es.  $1a_3$ , cioè  $1a$  della terza ottava = 440 Hz. e  $1a_2$  = 220 Hz).

biti tonali con caratteristiche timbriche percepibili e differenziate a cui è stato assegnato il nome di registri [...] I confini tra i meccanismi sono definiti come fenomeni di rottura o discontinuità vibratoria che possano essere individuati all'analisi del segnale EGG, indipendentemente dal fatto che siano udibili o meno.

Ci sono almeno 3 di questi fenomeni di transizione che definiscono pertanto quattro aree di frequenza che possiamo chiamare meccanismi laringei M0, M1, M2, M3” (Fussi 2011).

M0 è il meccanismo che permette di produrre i suoni più gravi della nostra tessitura, in un registro di voce laringalizzata (*creaky voice*); M1 è il meccanismo che si attiva nel produrre suoni medio-gravi della tessitura, in un registro di voce modale; M2 invece fa riferimento ai suoni medio-acuti, generalmente di un registro di falsetto; infine M3 è il meccanismo che produce suoni acuti o sovracuti, tipici di voci dette fischiate, tipiche delle voci femminili dei soprani più acuti, detti soprani leggeri (Henrich Bernardoni, 2021).

Sulla base invece del timbro, del colore della voce, si possono le voci possono essere ulteriormente suddivise in “voci chiare” e “voci scure” etc. (cfr. Romano et al. 2012).

### 1.2. *Caratteristiche acustiche*

È opportuno, a questo punto, definire alcuni degli elementi acustici

della musica e del canto, in modo da procedere successivamente alla parte centrale di questo studio che riguarda proprio gli aspetti di correlazione fra il canto, le lingue e i suoni.

Occorre però prima chiarire alcune parole polisemiche come “suono”.

Il termine “suono” infatti significa, da un lato, “sensazione uditiva determinata da vibrazioni acustiche” e, dall'altro, “vibrazioni acustiche capaci di determinare una sensazione uditiva” (Righini 1994). Ciò significa, quindi, che con questo termine si identificano sia il fenomeno meccanico della vibrazione acustica che stimola la percezione sia la reazione dell'ascoltatore allo stimolo stesso.

Il suono è prodotto da vibrazioni e a livello fisico la vibrazione viene definita da Righini come “movimento delle particelle di un mezzo elastico da una e dall'altra parte della sua posizione di equilibrio”.

L'energia vibrazionale ha forma ondulatoria sinusoidale, l'onda sonora, che è misurata in unità dette Hertz (Hz): è proprio il numero di vibrazioni, ossia la frequenza delle vibrazioni, che un corpo elastico produce in un secondo, che determina l'altezza del suono. Quindi anche per il suono si ripresenta il concetto di frequenza, che è proprio anche della voce. L'altezza è quindi, come anticipato, una delle caratteristiche del suono e definisce se un evento acustico è acuto (alto) o grave (basso).

Un secondo carattere distintivo del suono (così come della voce) è l'intensità, ed è relativo alla sensazione uditiva mediante cui i suoni possono distinguersi in deboli e forti. L'intensità di un suono dipende dall'ampiezza delle vibrazioni, che cambia a seconda della forza con cui viene prodotto<sup>6</sup>.

Un terzo carattere distintivo del suono (e anche della voce) è il timbro, un attributo della sensazione uditiva che consente di percepire e distinguere suoni diversi, cioè di riconoscere o distinguere la fonte sonora che li produce. Il timbro dipende dalla forma delle vibrazioni (che è legata al tipo di fonte che emette il suono) che a sua volta dipende dall'ampiezza degli armonici (dall'inviluppo dello spettro armonico)<sup>7</sup>.

Infine, una quarta caratteristica del suono è la durata che determina l'estensione nel tempo del suono e consente di percepire se quel suono è lun-

go oppure è breve. La durata dipende dal perdurare nel tempo delle vibrazioni. Se scende a un valore molto basso, l'udito non è in grado di percepire completamente la qualità del suono.

Nella musica, altezza, intensità, timbro e durata interagiscono fra di loro e danno origine a frasi musicali, brani, sonate, sinfonie etc.

### *1.3. Ritmo, melodia e armonia*

A partire dai valori assunti dalle quattro variabili acustiche viste sopra si determinano gli elementi fondamentali della musica: il ritmo, la melodia e l'armonia.

Qui di seguito vengono presentati nella loro concezione classica e tradizionale. La musica nel tempo e nello spazio ha subito e subisce numerose trasformazioni, anche dal punto di vista delle convenzioni musicali; ma, come specificato sin dall'introduzione, in questa sede si è preso come riferimento il sistema classico occidentale.

Inoltre, la trattazione di questi elementi è essenziale e non esaustiva, propedeutica alla piena fruizione dell'analisi proposta nel capitolo 3.

#### *1.3.1. Il ritmo*

Il ritmo è un tratto comune sia del parlato che della musica e denota la periodicità, la ripetizione di un modello nel tempo, la successione di impulsi o fenomeni intervallati in maniera più o meno regolare e costante.

---

<sup>6</sup> L'intensità acustica è misurata in Watt al metro quadrato ( $W/m^2$ ) ed è definita come il rapporto tra la potenza ( $W$ ) dell'onda sonora e la superficie ( $m^2$ ) che viene attraversata da tale onda. Di solito viene espressa in dB, riferiti a  $10^{-12} W/m^2$ , ma una valutazione attendibile di questa variabile nel trattamento dei suoni dipende da molti fattori che influenzano le misure. Per cui in questo lavoro considereremo soltanto dei valori relativi, senza distinguere tra intensità ed energia sonora.

<sup>7</sup> Gli armonici naturali sono una successione di suoni le cui frequenze, più acute, sono multipli di una nota di base, chiamata fondamentale, responsabile della sensazione di altezza (v. sopra).



Il ritmo, in musica (perlomeno nella musica occidentale), prende in considerazione le successioni regolari e costanti perché riproducibili, e nel canto trova riscontro in diverse qualità prosodiche del parlato (Pamies Bertrán 2010).

Per organizzare tale durata si è stabilita nel tempo un sistema di notazione ritmica convenzionale che si basa su figure e pause la cui durata relativa è fissata in modo univoco secondo sottomultipli di 2. I valori sono organizzati in maniera fissa e utilizzano il sistema delle note.

La durata di ogni singola figura è in relazione alla durata dell'intero (la semibreve) che, per convenzione è stato stabilito a 4/4. Quindi, il valore inferiore, immediatamente successivo – nella logica dei sottomultipli di 2 – è quello di 2/4 della minima. Seguirà la semiminima a 1/4 e poi si scenderà al valore degli ottavi e così via.

Per poter codificare tutti i valori di durata, a questi valori, va aggiunto un altro segno (che sarà molto utile nella decodifica dell'analisi che viene effettuata nel §3) il cosiddetto 'punto di valore', il quale – collocato a seguito della nota o della pausa – ne aumenta di metà il valore. Un secondo segno, la legatura di valore, è una linea arcuata che ha lo scopo di legare due o più note della stessa altezza, in modo da produrre un unico suono che abbia il valore della somma dei singoli suoni

legati fra loro. Infine, un ulteriore simbolo di valore è il punto coronato (o corona), che, posto al di sopra della nota, permette all'esecutore di aumentare a piacere il suono a cui si riferisce.

Il pentagramma<sup>8</sup> viene suddiviso in battute o misure, attraverso l'uso di stanghette verticali e negli spazi di misura la durata complessiva delle note è pari a quella indicata dai due numeri frazionari posti all'inizio del brano.

### 1.3.2. Melodia (e armonia)

La parola melodia deriva dal greco antico *μελωδία* e sta a indicare “una successione logica di suoni differenti, i cui rapporti (intervalli) permettano una percezione globale” (De Candè 1961).

Questa semplice definizione richiama due concetti fondamentali ai fini della comprensione di un brano musicale: suoni differenti e intervalli.

I suoni differenti, nel sistema di notazione musicale, consistono nelle note della cui componente ritmica ci si è già occupati. L'altezza delle note, invece, viene annotata ponendo le singole figure musicali ad altezze diverse sul pentagramma, sia sulle righe che fra gli spazi<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Pentagramma, o rigo musicale, è denominato il supporto su cui le note sono poste. Notoriamente, è formato da cinque linee parallele che, conseguentemente, generano quattro spazi.

<sup>9</sup> Le note, nel sistema occidentale, sono sette: **do, re, mi, fa, sol, la, si** e si ripropongono man



All'inizio del pentagramma viene posta una chiave musicale che serve a stabilire il tipo di codifica che si intende utilizzare. Ad esempio, siamo tutti abituati a vedere la chiave di violino, o chiave di sol, che indica la posizione della nota **sol**<sub>3</sub> sul pentagramma<sup>10</sup>.

Poiché le note, una volta posizionate sul pentagramma, indicano un'altezza definita, è necessario riferirsi al concetto di frequenza per stabilire la corretta interpretazione della notazione. Convenzionalmente, la frequenza di riferimento delle note è considerata quella del **la** centrale (v. nn. precc.), ovvero il **la**<sub>3</sub> che è posto nel secondo spazio del rigo superiore (gli spazi e i righe si contano a partire dal basso) ed è, oggi, pari a 440 Hz.

La questione del **la**<sub>3</sub> è tutt'ora oggetto di dibattito fra gli studiosi di musica. Per taluni, infatti, la posizione centrale a 440 non è da considerare quella del **la**<sub>3</sub>, bensì quella del **la**<sub>4</sub> (partendo dal presupposto che si trova nella posizione centrale della tastiera del pianoforte). In realtà, esiste una norma in Italia – la legge 170 del 3/5/1989 – che stabilisce che “Il suono di riferimento per l'intonazione di base

---

mano ad altezze diverse. Per poter annotare più altezze possibili, è spesso usato un doppio pentagramma.

<sup>10</sup> Al di sotto c'è un'altra chiave, la cosiddetta chiave di basso che indica, invece, la posizione di **fa**<sub>2</sub> sul pentagramma. Le chiavi in tutto sono sette, ma non serve in questa sede approfondirle ulteriormente.

degli strumenti musicali è la nota **la**<sub>3</sub>, la cui altezza deve corrispondere alla frequenza di 440 Hertz (Hz), misurata alla temperatura ambiente di 20 gradi centigradi<sup>11</sup>.

Non viene trattato il tema dell'armonia in questa sede, ma si sottolinea che l'altro concetto importante nella definizione di melodia, cioè quello di intervallo, ha comunque a che fare anche con l'armonia (che molto sinteticamente e un po' semplicisticamente si può definire come il rapporto “verticale” dei suoni). L'intervallo, invece, è “la ‘differenza di altezza’ di due suoni. Fisicamente è il loro rapporto di frequenze” (De Candè, 1961).

Nel nostro sistema tonale l'ottava è divisa in 12 parti uguali chiamati semitoni: quindi il semitono è la distanza più piccola che ci può essere tra 2 suoni e per questo rappresenta l'unità di misura base per gli intervalli.

A seconda della loro distanza fra i due suoni, gli intervalli si classificano in intervalli di 2<sup>a</sup> (ad esempio la distanza fra **do** e **re**), 3<sup>a</sup> (**do-mi**), 4<sup>a</sup> (**do-fa**) e così via. Nel caso di **do-re** si parla di seconda maggiore, in quanto la distanza fra queste due note è pari a un tono, ma nel caso di **mi-fa**, la distanza è di

---

<sup>11</sup> Vedi “Gazzetta Ufficiale” [www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1989/05/12/089G0200/sg]. Molti autori, in particolare in Italia, Francia e Spagna, fanno riferimento a questa impostazione, mentre nei paesi anglosassoni, il riferimento a 440 Hz è considerato il **la**<sub>4</sub>.

un semitono e quindi si dice che è un intervallo di seconda minore.

### 1.3.3. *Le scale musicali*

La scala musicale può essere definita come un sistema di organizzazione dei suoni che fa riferimento a un contesto teorico, relativo alla cultura musicale (presente o passata) in cui il brano musicale è inserito.

Nel nostro sistema musicale la scala è la successione ordinata di suoni nell'ambito di un'ottava, dove l'ultimo suono corrisponde al primo, ma a una frequenza superiore (nell'ottava superiore, v. sopra).

Le note, all'interno dell'ottava, sono quindi posizionate a distanze di intervalli prestabiliti.

Nella storia della musica occidentale si sono affermati, in particolare, due sistemi di sette note che vengono definiti **modi**: il modo maggiore e il modo minore.

Quello che caratterizza questi due sistemi è la distanza che intercorre tra le singole note nella loro successione di toni (1) e semitoni ( $\frac{1}{2}$ ).

Il modo definisce un carattere, una sensazione, oggi si direbbe un *mood*, che il brano musicale trasmette a livello di percezione estetica ed emotiva all'ascoltatore.

Pertanto, le scale maggiori o minori, oltre che differire nella successione di toni e semitoni, sono percepite e identificate in modo distinto dall'ascoltatore.

La scala maggiore è di un solo tipo e la disposizione di toni e semitoni, discussa fisicamente e storicamente in Albera (2018), segue schemi di costruzione discendenti da diverse tradizioni, che la differenziano da scale minori di vario tipo (natural, armoniche e melodiche).

Restando nell'ambito di un comune sistema culturale – quello occidentale ed europeo – e mantenendo fisso un sistema musicale condiviso (quello classico occidentale), si procederà ad analizzare la voce cantata, dal punto di vista delle possibili variazioni sul piano della frequenza e dell'intensità, al variare di un testo le cui qualità dipendono dalla lingua. Appoggiandosi su due delle caratteristiche principali della voce cantata, altezza e intensità, sembra infatti interessante analizzare le modalità di esplorazione del campo vocale in funzione di condizionamenti fonetici segmentali e soprasedimentali.

## 2. Il metodo di ricerca e i materiali

### 2.1. *Il brano cantato*

Poiché l'intento di questa ricerca è rilevare le differenze nel cantato in lingue diverse, per cercare di rendere il più comparabile possibile le diverse esecuzioni vocali, è stato scelto un unico brano, quindi una stessa melodia, con parole diverse, a seconda della traduzione linguistica.

Il brano scelto è un canto natalizio molto diffuso: si tratta di *"Stille Nacht"*,

composta da Franz Xaver Gruber nel 1818, su testo di Joseph Mohr e noto in Italia come “*Astro del ciel*” che è stato tradotto in molte versioni e in diverse lingue.

La versione originale è reperibile sul sito della *Stille Nacht Gesellschaft*<sup>12</sup>, una associazione austriaca che ha come scopo la diffusione e la documentazione di questo canto.

L'edizione scelta per questa ricerca è quella arrangiata e edita da Nicholas Steinitz, nel 2009, successivamente rivista e ri-arrangiata per coro (*SATB*) da Francesco Vidotto<sup>13</sup>.

In funzione delle competenze linguistiche dei dieci cantanti che si sono offerti volontari per fornire una sua esecuzione in diverse lingue, nelle loro distinte estensioni vocali (basso, tenore, contralto, mezzosoprano e soprano), per questa ricerca, sono state quindi prese in considerazione, oltre che alla versione tedesca (con testo di Joseph Mohr) e a quella italiana (di Angelo Meli), anche le versioni inglese, “*Silent Night*” (di John F. Young), francese, “*Douce Nuit*” (di autore sconosciuto) e spagnola “*Noche de Paz*” (di Federico Fliedner, v. dopo).

Per far sì che ogni partecipante potesse cantare utilizzando l'estensione

vocale più adatta a sé, si è preferito utilizzare la versione corale del brano per 4 voci (basso, tenore, contralto e soprano); pertanto ogni cantante ha eseguito la linea melodica della propria voce.

La versione prescelta, dal punto di vista musicale, è nella tonalità di **do** maggiore, una tonalità molto comune, che non presenta alterazioni in chiave. La progressione tonale delle scale maggiori ha un'alternanza di toni e semitoni basata sul seguente schema: tono, tono, semitono, tono, tono, tono, semitono. Pertanto, gli intervalli fra le note **mi-fa** e **si-do** sono di mezzo tono, mentre tutte le altre distanze sono di un tono. Il brano è in 6/8, che significa che ogni misura ha una durata ritmica pari a sei ottavi: un tempo composto, formato da due tempi di  $\frac{3}{8}$ , con l'accento forte sul primo ottavo. Per questa ragione e per facilitare la lettura dei dati dell'analisi si è preferito considerare i valori delle figure musicali sulla base del tempo ternario e non in assoluto nel loro valore di multipli di 2 in relazione al valore intero della semibreve.

In questa versione di *Stille Nacht*, la voce del soprano si estende da **do**<sub>3</sub> (che corrisponde a una frequenza di 262 Hz) a **fa**<sub>4</sub> (con frequenza 698 Hz); per la voce del contralto l'estensione sonora va da **la**<sub>2</sub> (220 Hz) a **la**<sub>3</sub> (440 Hz). La linea melodica della voce del tenore ha

<sup>12</sup> V. “Stille Nacht Gesellschaft” di Salisburgo [www.stillnacht.at/text-und-musik].

<sup>13</sup> Arrangiamento di F. Vidotto, in *Musescore*, 2006.

un''estensione compresa fra  $mi_2$  (165 Hz) e  $fa_3$  (349 Hz), mentre per la voce del basso la nota più grave è un  $sol_1$  (98 Hz) e la più acuta è  $la_2$  (220 Hz).

Per quanto riguarda il testo del canto, le varie lingue non riportano la traduzione letterale dal tedesco, ma ognuna di esse ha adattato le parole in base alla propria cultura e alle proprie tradizioni<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup> Il testo tedesco cantato è il seguente: *Stille Nacht, heilige Nacht! / Alles schläft, einsam wacht / Nur das traute hochheilige Paar / Holder Knabe im lockigen Haar / Schlaf in himmlischer Ruh! / Schlaf in himmlischer Ruh!* In italiano la versione del canto è “Astro del ciel” e il testo non corrisponde alla traduzione originale dal tedesco ma è una riedizione realizzata dal sacerdote Angelo Meli (1901-1970) e pubblicata per la prima volta nel 1937 dalle Edizioni Carrara di Bergamo. La strofa cantata è la seguente: *Astro del ciel, Pargol divin, / mite agnello, Redentor / Tu che i vati da lungi sognar, / Tu che angeliche voci annunziar / Luce dona alle menti / pace infondi nei cuor.* La traduzione in spagnolo è un po' più vicina all'originale tedesco come significato, con alcune variazioni: *Noche de paz, noche de amor / claro sol, brilla ya / y los ángeles cantando están / gloria a Dios, gloria al rey celestial / Que ha nacido el Amor, / Que ha nacido el Amor.* Più vicina al significato dell'originale è la traduzione in inglese di “Silent night”: *Silent night, Holy night / All is calm, all is bright / Round yon virgin, mother and child / Holy infant, tender and mild / Sleep in heavenly peace / Sleep in heavenly peace.* Piuttosto fedele all'originale tedesco è infine la traduzione della versione in francese: *Douce nuit, sainte nuit, / Tout s'endort au dehors, / Le saint couple seul veille / Sur l'enfant qui som(m)ueille. / Au ciel l'astre reluit / Au ciel l'astre reluit.*

## 2.2. I dati vocali

Il materiale analizzato in questa ricerca consiste nelle registrazioni audio fornite da dieci cantanti amatoriali e professionisti, la maggior parte dei quali canta in cori amatoriali (due di loro sono professionisti della musica e cantanti esperti, una di essi è una cantante professionista). Si tratta di cantanti che si sono offerti volontari per fornire una esecuzione in diverse lingue. Valutato il possesso di competenze elevate in due o più lingue (bilin-gui o plurilingui, con livelli avanzati in L2 e L3), a ogni cantante è stato chiesto, quindi, di registrare la versione del brano nella propria lingua madre e in L2, eventualmente anche in L3 e L4.

Ai cantanti, inoltre, è stato somministrato un questionario, prima di effettuare le registrazioni attraverso cui ricavare dati sulle caratteristiche delle loro voci, sull'esperienza di canto e sulle loro competenze linguistiche.

Il cantante con voce di basso, che chiameremo **Basso 1**, è un musicista professionista, insegnante di musica, strumentista e direttore di coro. È italiano, con inglese L2 e molta dimestichezza nel cantare in diverse lingue: le sue registrazioni sono in italiano, inglese e tedesco. Per quanto riguarda i due tenori: il primo, che indichiamo come **Tenore 1** è un musicista amatoriale e corista esperto (canta da oltre 20 anni), ha effettuato studi musicali; l'italiano è la sua lingua

madre e ha un'elevata competenza in inglese L2 e francese L3, che utilizza a livello professionale. Ha effettuato registrazioni in italiano, inglese e francese. Il **Tenore 2** è un cantante corista amatoriale (canta da oltre 5 anni), non ha effettuato studi musicali, è italiano con competenze elevate in francese L2, che utilizza a livello professionale. Ha registrato in italiano e francese.

Per quanto riguarda le voci femminili, hanno partecipato alla ricerca due contralti. Il **Contralto 1** è una corista esperta che canta da oltre 20 anni in cori amatoriali, legge la musica ma non ha effettuato studi musicali, la sua lingua madre è l'italiano, ma parla fluentemente sia l'inglese come L2 che il francese, come L3. Ha effettuato le registrazioni in queste tre lingue. Il **Contralto 2** è una corista che, pur non avendo effettuato studi musicali, sa leggere la musica, canta da una decina d'anni in un paio di cori amatoriali; è bilingue con inglese L1 e italiano come L2. Ha effettuato registrazioni in inglese e italiano.

Le voci maggiormente rappresentate nella ricerca sono quelle del soprano: 5 volontarie con questo tipo di voce hanno infatti partecipato a questo studio. Il **Soprano 1** è una cantante corista amatoriale, legge la musica ma non ha effettuato studi musicali, è bilingue con italiano L1 e inglese L2, conosce professionalmente altre lingue: il francese L3, il tedesco L4 e lo

spagnolo L5. Ha effettuato registrazioni in tutte e cinque queste lingue. Il **Soprano 2** è una cantante corista molto esperta, musicista professionista ed insegnante di musica; madrelingua italiana, parla inglese come L2 e tedesco come L3 che utilizza prevalentemente nel canto. Ha registrato le versioni italiana, inglese e tedesca del brano. Il **Soprano 3**, in realtà, è più precisamente un mezzosoprano: cantante professionista, italiana, vive in Germania ed è bilingue con italiano come L1 e il tedesco come L2. Ha effettuato le registrazioni in queste due lingue. Il **Soprano 4** è una cantante corista esperta, ha effettuato studi musicali in canto. L'italiano è la sua lingua madre ed è plurilingue, con competenze linguistiche professionali elevate, parla fluentemente inglese L2, francese L3 e tedesco L4. Ha effettuato registrazioni in italiano, inglese e tedesco. Il **Soprano 5** è una cantante e musicista amatoriale, ha effettuato studi musicali in conservatorio, madrelingua italiana (L1), è parlante inglese (L2) e tedesco (L3). Ha effettuato le registrazioni in queste tre lingue.

### ***2.3. Gli strumenti utilizzati***

A ogni cantante è stato quindi chiesto di registrare la propria voce con mezzi propri, scegliendo lo strumento più performante, ed effettuando la registrazione in un ambiente il più silenzioso possibile.

Pertanto, le registrazioni pervenute sono state effettuate alcune con microfoni e registratori professionali, altre con smartphone, computer o tablet, ma nessuna in ambiente insonorizzato.

Nell'analizzare successivamente i dati, si è evidenziata la presenza di alcune misure anomale la cui presenza potrebbe derivare quindi dalla non ottimale qualità della registrazione effettuata.

I file delle registrazioni sono stati poi esportati in formato *.wav* e analizzati con il software di analisi acustica *Praat*.

L'estrazione dei valori è avvenuta con uno *script* per *Praat* realizzato presso il LIMSI di Orsay (Francia) e messo a disposizione al Laboratorio di fonetica sperimentale "Arturo Genre" dell'Università degli Studi di Torino da Philippe Boula de Mareüil. Lo *script* utilizza le misure di  $f_0$  di *Praat*, estraendole con passo di 0,01 s dal segnale e affiggendo i risultati in una finestra di testo. Questi dati vengono poi inseriti in fogli di *Excel* come quello usato in Colonna & Romano (2020), classificando i valori da 70 a 750 Hz, e riportandoli in un grafico, sottoforma di fonetogrammi.

Il fonetogramma, normalmente, viene utilizzato come strumento foniatrico per analizzare il tipo di voce delle persone, in particolare, quelle dei cantanti (vari contributi in Cornut, 2002, De Colle et al. 2003, Fussi 2010-2011, Romano et al. 2012).

Il cantante che si sottopone a questo tipo di analisi emette vari suoni a intensità minima e massima, e questi suoni vengono riportati in forma grafica. In pratica viene prodotto un grafico in cui sull'asse delle ascisse sono riportati i valori della frequenza fondamentale della voce in Hz, mentre sull'asse delle ordinate vengono riportati i valori dell'intensità, espressi in dB.

L'attitudine della voce a emettere suoni di intensità variabile sulla stessa nota cambia a seconda della frequenza della nota stessa, e quindi il fonetogramma illustra un *range* dinamico dell'emissione vocale del cantante. D'altra parte, le instabilità di tono causate dal vibrato e dalle modalità con cui una determinata nota viene attaccata e risolta (distinguendo le fasi vocaliche da quelle relative a segmenti consonantici sonori) si manifestano in variazioni nei valori di frequenza rilevati e contribuiscono a disperdere le coppie di misure di frequenza e intensità in regioni particolari del grafico<sup>15</sup>.

In questa ricerca, il metodo del fonetogramma è stato utilizzato per misurare, appunto, i valori di frequenza e di intensità relativi all'esecuzione di una stessa melodia ma con parole diverse, in base alla lingua utilizzata. È

---

<sup>15</sup> Sebbene in questa sede si ometta di dettagliare i casi specifici osservati, nel quadro della ricerca complessiva sono stati discussi spettrograficamente diversi passaggi in cui si presentavano omissioni nella misurazione.

stato così prodotto un fonetogramma per ogni brano cantato, descritto dettagliatamente, e un fonetogramma di sintesi finale per ogni soggetto che sovrappone i singoli fonetogrammi che ogni cantante ha prodotto, cantando nelle diverse lingue, in modo da avere grafici comparabili visualmente.

Come si vedrà, le regioni di concentrazione dei valori rilevati per le realizzazioni delle diverse melodie differiscono da lingua a lingua in funzione dei vincoli testuali, delle soluzioni stilistiche con cui le voci si muovono da una nota all'altra e, soprattutto, in base alle qualità intrinseche dei suoni articolati.

### 3. L'analisi dei dati

Per analizzare i dati, sono stati utilizzati i fonetogrammi di ciascuna esecuzione. Per ogni fonetogramma sono stati descritti i grafici prodotti, in relazione all'intensità, espressa in decibel (dB) e alla frequenza, espressa in Hertz (Hz), dei suoni campionati.

Sono state individuate sul grafico le posizioni delle note (in corrispondenza della loro frequenza e delle frequenze vicine, effetto del vibrato e delle transizioni viste sopra) e sono state rilevate le diverse intensità di emissione delle note<sup>16</sup>.

Quindi per ogni esecutore sono state messe a confronto le versioni in lingua diversa, rilevando elementi di convergenza e divergenza, macro-diversità o similitudini. Successivamente, si è provato a individuare le costanti fra tutte le esecuzioni.

#### 3.1. *Basso*

L'unico cantante con voce di basso che ha partecipato alla ricerca ha realizzato le registrazioni eseguendo la partitura del brano nella voce di basso che ha registrato in tre lingue diverse: inglese, italiano e tedesco.

Il fonetogramma della **versione inglese**, registrata dal Basso 1 è riportata in figura 1a che mostra suoni compresi tra 75 e 220 Hz (con alcuni valori anomali che si estendono oltre i 500 Hz, imputabili a errori di misura del software).

La partitura del brano originale, per quanto riguarda la voce del basso, ha una tessitura musicale che si estende da **sol<sub>1</sub>** (normalmente a 98 Hz) a **la<sub>2</sub>** (con frequenza 220 Hz). Nel fonetogramma, procedendo da sinistra a destra, risultano evidenti quindi le corrispondenze di alcune "fasce" di suoni campionati in corrispondenza delle note cantate nel brano.

---

fessionisti. Anche se sono state prese in considerazione le posizioni delle diverse note, dettagliando i singoli valori in relazione al valore di durata delle note stesse e della posizione nella melodia e nel testo, questi dettagli vengono qui omessi per limiti di spazio.

---

<sup>16</sup> Si noti che, in alcuni casi, si è reso necessario ascoltare più volte la registrazione e utilizzare anche lo spettrogramma, in quanto i fonetogrammi dei cantanti meno esperti risultavano più confusi rispetto a quelli dei cantanti pro-



Tali fasce si distinguono nella zona con minore intensità in maniera più evidente, mostrando bene gli intervalli fra una nota e l'altra, mentre nella zona del grafico di maggior intensità vi è una quantità maggiore di valori misurati<sup>17</sup>.

Si distinguono quindi diverse concentrazioni di valori, partendo da una prima fascia che comprende punti compresi fra 91 e 99 Hz di frequenza e 59 e 74 dB di intensità, vicini quindi alla frequenza di 98 Hz della nota **sol**<sub>1</sub>, cantata 5 volte e campionata 144 volte. La seconda fascia sonora, si colloca fra 124 e 132 Hz di frequenza, intorno alla nota **do**<sub>2</sub> (131 Hz) – che è la fondamentale della tonalità di **do** maggiore, cioè la tonalità del brano e si trova alla distanza di un intervallo di quarta dalla nota precedente – sono presenti numerosi valori che hanno varie intensità, comprese tra 56 e 76 dB. La nota **do**<sub>2</sub> è stata campionata 625 volte ed è presente nel brano con 19 ripetizioni. Intorno a 147 Hz, in corrispondenza della nota **re**<sub>2</sub> (147 Hz) – distante un intervallo di seconda maggiore da **do**<sub>2</sub> – sono visibili punti con frequenze da 142 a 152 Hz e con intensità che va da 56 a 74 dB. La nota **re**<sub>2</sub>, che è stata campionata 76 volte, è cantata 2 sole volte nel brano. Intorno a 175

Hz, con 159 valori, in corrispondenza della nota **fa**<sub>2</sub> (che dista un intervallo di terza minore dalla nota **re**<sub>2</sub>), vi sono anche altri valori fra 165 e 178 Hz, con intensità da 60 a 76 dB. Un **fa**<sub>2</sub> si ripete, inoltre, per 10 volte nella voce del basso: in prossimità di **sol**<sub>2</sub> – a un intervallo di seconda maggiore da **fa**<sub>2</sub> – campionato 175 volte, vi sono punti con intensità da 53 a 75 dB. La nota **sol**<sub>2</sub> nel brano è cantata 7 volte. Ben distinta e distanziata, si vede una macchia di valori compresi fra 211 e 220 Hz, e con intensità di 73, 74 e 75 dB, che identificano la nota **la**<sub>2</sub> (220 Hz) – distante un tono da **sol**<sub>2</sub> – che è campionata 63 volte. La nota **la**<sub>2</sub> è cantata una sola volta nel brano.

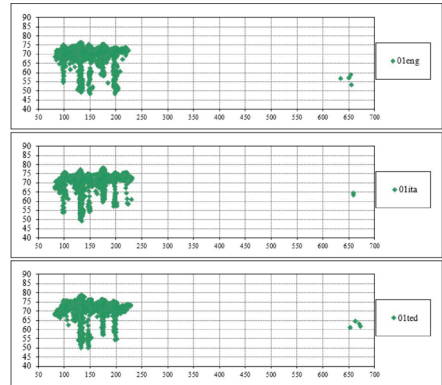


Figura 1: Fonetogrammi delle tre versioni di Basso 1.

Per quanto riguarda **la versione in italiano**, le caratteristiche sonore sono ben evidenziate nel fonetogramma in figura 1b<sup>18</sup>. Anche nella versione in ita-

<sup>17</sup> Si evidenziano, altresì, alcuni valori al di sotto della frequenza di 98 Hz; ovvero sia della nota più grave della partitura. I presunti suoni (a 75, 77, 82, 86 e 93 Hz e a circa 70 dB) rappresentano verosimilmente errori di rilevamento dell'algoritmo impiegato dal software.

<sup>18</sup> Anche tra le misurazioni eseguite per questa versione vi sono dei valori anomali isolati, visibili nella parte destra del fonetogramma, a 637 Hz, 641, 650, 652 e 691. Una verifica più

liano si distinguono “fasce” verticali di punti, in corrispondenza delle frequenze relative alle note cantate nel brano, molto più nette verso il registro acuto e con tratti di continuità verso il registro grave, soprattutto se aumenta l'intensità dei suoni.

Si nota, dal fonetogramma, un primo ampio blocco di punti, che va da 84 a 100 Hz con intensità fra 57 e 78 dB e che contiene al proprio interno i 149 valori attorno a 98 Hz, corrispondenti alla nota **sol**<sub>1</sub>. La nota viene cantata 5 volte nel brano. Una fascia sonora ben delineata intorno alle frequenze di 115-139 Hz ovverosia in corrispondenza alla nota **do**<sub>1</sub> (131 Hz) con un'ampia estensione di intensità fra 50 e 77 dB. La nota **do**<sub>1</sub> è cantata 19 volte nel brano e nel fonetogramma sono riprodotti 540 campioni. Un'altra fascia sonora, in corrispondenza di **re**<sub>2</sub> (147 Hz), con valori tra 145 e 149 Hz e con intensità fra 52 e 77 dB. La nota **re**<sub>2</sub>, che è presente con 71 misure, viene cantata 2 volte nel brano. Un'ampia fascia sonora si estende con valori compresi tra 169 e 184 Hz, in corrispondenza della nota **fa**<sub>2</sub> (175 Hz), con intensità comprese fra 58 e 75 dB. La nota **fa**<sub>2</sub>, che è stata campionata 152 volte, è cantata nel brano 10 volte. La penultima fascia sonora verso destra si estende sull'asse orizzontale da 193 a 197 Hz, intorno

alla nota **sol**<sub>2</sub> che ha frequenza 196 Hz, con intensità variabili fra 52 e 72 dB. La nota **sol**<sub>2</sub>, alla cui frequenza corrispondono 185 valori, è cantata 7 volte dalla voce di basso. L'ultima nota cantata, **la**<sub>2</sub> (220 Hz), con un intervallo di seconda maggiore di distanza da **sol**<sub>2</sub>, si distingue nettamente dalle altre, con una fascia sonora formata da punti con frequenze fra 213 e 223 Hz e intensità da 55 a 75 dB. La nota **la**<sub>2</sub>, con 54 valori, è cantata nel brano una sola volta, con durata  $\frac{3}{8}$  sulla prima sillaba della parola *menti* ['menti].

Nella **versione in tedesco** (v. fig. 1c) si distinguono sempre fasce di punti in corrispondenza delle note del brano, ma le stesse sono ben distinte nei suoni con minore intensità e meno distinguibili fra di loro nell'area superiore del fonetogramma, dove aumenta l'intensità dei suoni. Le fasce sonore in questa versione sono meno definite rispetto all'italiano e all'inglese e più estese in orizzontale, sull'asse delle frequenze<sup>19</sup>.

La prima serie di punti, in corrispondenza della nota **sol**<sub>1</sub> (98 Hz) mostra molti valori compresi tra 95 e 105 Hz, con intensità fra 62 e 74 dB. La nota, che nel fonetogramma risulta essere campionata 130 volte, viene cantata 5

---

accurata delle curve di  $f_0$  potrebbe individuare le posizioni in cui sono rilevati questi valori.

---

<sup>19</sup> Il campione di suono più grave è collocato a 88 Hz, a 70 dB di intensità. Vi sono anche in questo caso alcuni valori anomali sulle frequenze più elevate, a 558 Hz, 571 e 575, a 643 Hz, 649, 656, 658 e 665 Hz e a 696 Hz.

volte nel brano. Questa scia di punti continua poi fino alla successiva nota  $do_2$  (131 Hz) che si distingue molto bene attraverso un'ampia fascia verticale di punti meno intensi, che partono da 52 dB e arrivano a 65 dB, per poi proseguire, allargandosi a macchia, con valori che vanno fino a 75 dB. La nota  $do_2$ , con 624 campionamenti, è cantata 19 volte nel brano. A 150 Hz e con intensità varie fra 53 e 75 dB si trova la nota  $re_2$ , con 66 campioni, cantata solo 2 volte. Altrettanto distinguibile nella parte inferiore del fonetogramma, cioè dove vi sono suoni con intensità minore, è la nota  $fa_2$  (175 Hz), con una fascia di valori che vanno da 59 a 75 dB. Questo  $fa_2$ , nel fonetogramma, ha 165 suoni campionati ed è cantato 10 volte dal Basso. La penultima scia di punti sulla destra è in corrispondenza della nota  $sol_2$  (196 Hz) e con alcuni punti ben distinti, d'intensità fra 59 e 66 dB, prende la forma di una macchia sonora tondeggiante. La nota  $sol_2$ , presente nel fonetogramma con 113 suoni campionati, è cantata 7 volte nel brano. Infi-

ne, in alto a destra del fonetogramma, vi è il gruppo di  $la_2$  (220 Hz), con pochi campioni fra 214 e 220 Hz tutti ad alta intensità, compresa fra 72 e 73 dB. Questa nota, con 68 campionamenti, è cantata una sola volta.

Nel grafico di figura 2, con i tre fonetogrammi precedentemente illustrati sovrapposti, si evidenzia, in azzurro, il tedesco che sembra essere la versione con suoni caratterizzati da minori cambi di intensità rispetto all'inglese e all'italiano. La versione italiana, viceversa, presenta i suoni con le variazioni di intensità più estese e con le fasce sonore meglio distinte le une dalle altre. Per quanto riguarda l'inglese, si nota che la nota  $sol_2$  raggiunge intensità maggiori rispetto alle altre due versioni (Fig. 2).

### 3.2. Tenori

#### 3.2.1. Tenore 1

Il Tenore 1, precedentemente presentato, è un cantante corista esperto, musicista dilettante, plurilingue, che ha effettuato registrazioni in italiano (L1), inglese (L2) e francese (L3), cantando

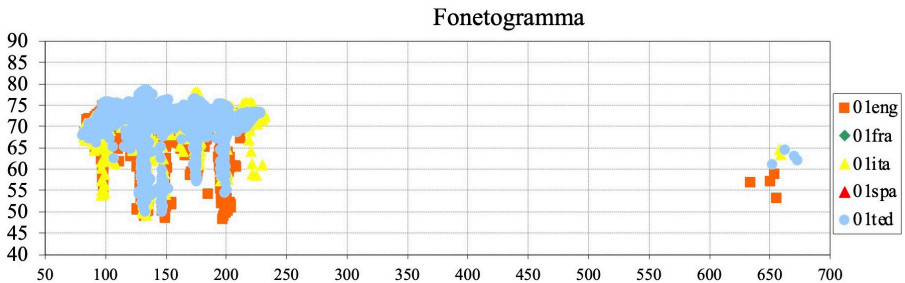


Figura 2: Fonetogrammi sovrapposti delle registrazioni in inglese, italiano e tedesco di Basso 1.

la linea melodica del brano, della parte del tenore.

Nella partitura originale, l'estensione vocale va da **mi**<sub>2</sub> (165 Hz) a **fa**<sub>3</sub> (349 Hz), ma già dal **fonetogramma dell'italiano** (figura 3c) risultano evidenti suoni al di sotto dei 165 Hz, oltre ad alcune misure anomale a 80 e 96 Hz, nella parte sinistra del diagramma e altre stime aberranti a 615, 629, 650 e 673 Hz nella parte destra del diagramma.

Le note cantate dalla voce del tenore sono: **mi**<sub>2</sub> (165 Hz), **fa**<sub>2</sub> (175 Hz), **sol**<sub>2</sub> (196 Hz), **la**<sub>2</sub> (220 Hz), **si**<sub>2</sub> (247 Hz), **do**<sub>3</sub> (262 Hz), **re**<sub>3</sub> (294 Hz), **fa**<sub>3</sub> (349 Hz). Osservando il grafico, si nota che, a differenza della voce del Basso 1 in cui le singole note si evidenziano in "strisce sonore" ben delineate, qui ci troviamo di fronte a un grafico con un *continuum* di suoni nella parte più alta, in corrispondenza delle intensità maggiori e gli intervalli fra una nota e l'altra sono un po' più visibili (con suoni anche talvolta isolati) nella parte inferiore del fonetogramma, dove si collocano i suoni con intensità minore.

Il *continuum* sonoro parte, a sinistra del grafico, da suoni con frequenza 44 Hz e intensità 74 dB e si estende fino a 349 Hz, con intensità 79 dB.

Le note, nella partitura del tenore, hanno durata più breve rispetto a quelle del basso (vi sono anche semicrome, il cui valore è di 1/16) e quindi il susseguirsi di suoni e parole è più ra-

pido, probabilmente anche questo fatto ha contribuito a creare un *continuum* di valori più fitto.

Si evidenziano pertanto le seguenti caratteristiche.

All'inizio del *continuum*, sul lato sinistro del fonetogramma, vi sono diversi punti compresi fra 145 e 160 Hz con intensità variabili fra 69 e 73 dB. Questo primo blocco prosegue in continuità con i punti dei blocchi successivi nella parte superiore del fonetogramma, cioè dove si collocano quelli con intensità superiore a 71 dB, mentre nella parte inferiore si notano chiaramente alcuni campioni su un asse verticale tra 163 e 166 Hz, con intensità tra 64 e 70 dB, intorno alla nota **mi**<sub>2</sub> (165 Hz) che è stata campionata 5 volte, e su questo suono, nel brano in italiano viene pronunciata la parola *cuor* [kwør]. La nota **fa**<sub>2</sub> (175 Hz), campionata 2 volte, con intensità 76 e 79 dB, non è distinguibile nel fonetogramma, in quanto i punti rilevati sono inseriti nell'ampio *continuum* sonoro. Nella partitura, in effetti, questa nota si presenta una sola volta, prima della nota finale. La nota **sol**<sub>2</sub> (196 Hz) risulta chiaramente distinguibile con una fascia verticale fra 194 e 196 Hz, con intensità che variano da 59 a 79 dB. Il suono **sol**<sub>2</sub> risulta campionato 58 volte: le note **sol**<sub>2</sub>, in effetti, nel brano sono 7. La nota **la**<sub>2</sub> (220 Hz) si distingue abbastanza chiaramente con una linea di 13 punti posti in verticale con frequenze 221-222 Hz fra 61 e 76

dB, sebbene intorno a queste frequenze vi siano numerosi altri punti che vanno da 213 a 223 Hz, molti dei quali indistinguibili e parte del *continuum*. Questa nota si incontra in partitura 2 volte. Vi sono 30 campioni corrispondenti alla nota  $si_2$  (247 Hz) ma nel fonetogramma sono difficilmente individuabili, perché inseriti nel *continuum*. Nel brano  $si_2$  viene cantata 3 volte. La nota  $do_3$  (262 Hz) è campionata 41 volte e nel fonetogramma è individuabile in una “macchia” verticale molto estesa che include, in orizzontale, punti con frequenza compresa fra 250 e 267 Hz, che si estendono in verticale fra 67 e 79 dB. La nota  $do_3$  è la fondamentale della tonalità del brano, che è appunto in **do** maggiore, e viene cantata 20 volte dai tenori. La nota  $re_3$  (294 Hz), ripetuta 5 volte, è rappresentata da valori non facilmente individuabili. Ci sono infatti molti altri valori di passaggio fra 290 e 294 Hz. Infine, la nota  $fa_4$  (349 Hz), che è campionata con 8 valori di intensità fra 76 e 79 dB, è riscontrabile e facilmente distinguibile nell’ultima parte in alto a destra del fonetogramma. Nel brano si incontra una sola volta sulla sillaba finale *-na* della parola *dona*, e con durata di 1/16.

Nella **versione in inglese**, riportata in figura 3a, i gruppi di punti in prossimità delle frequenze delle note cantate sono meglio definiti che nell’italiano. Vi è sempre un *continuum* nella parte superiore del fonetogramma, ma

al contempo, nella parte inferiore, in corrispondenza delle intensità minori, sono distinguibili alcune fasce talvolta più nette.

Non risultano punti anomali al di fuori del corpo centrale del fonetogramma che si estende in orizzontale, da sinistra con il suono più grave in corrispondenza della frequenza di 131 Hz e dell’intensità di 77 dB e verso destra, con il suono più acuto a 351 Hz e 80 dB di intensità.

Per quanto riguarda l’individuazione delle note cantate si nota quanto segue.

Vi sono valori dispersi relativi alla nota  $mi_2$  (165 Hz) nella zona con intensità comprese fra 68 e 74 dB tanto quasi da non distinguersi. Tali suoni formano l’inizio del *continuum* sonoro, e si avvicinano graficamente ai punti che rappresentano la nota  $fa_2$  (175 Hz) che è campionata con 6 suoni; tali suoni, però sono più facilmente individuabili rispetto al  $mi_2$ , nonostante questa nota sia stata campionata 21 volte.

La nota  $mi_2$  viene cantata una sola volta, nel finale del brano, ma con una durata molto lunga (6/8), sulla parola *peace*. Anche la nota  $fa_2$  viene cantata una sola volta, prima della nota finale, però con il valore di 1/8, sull’ultima sillaba *-ly* della parola *heavenly*. Rispetto alla versione italiana, quindi questa nota è più netta. La nota  $sol_2$  (196 Hz), con 19 suoni campionati, è cantata nel brano 7 volte.

Nella **versione in francese** il cui fone-

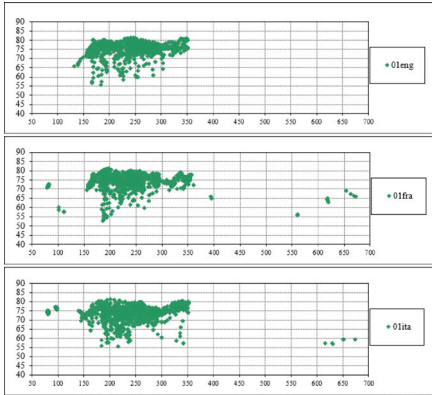


Figura 3: Fonetogrammi delle tre versioni di Tenore 1.

togramma è riportato nella figura 3b, si notano quindi, diversi valori anomali<sup>20</sup>.

Vi è poi una “macchia sonora” molto ampia in corrispondenza delle frequenze delle note cantate del brano, alcune delle quali sono identificabili in “macchie” o “fasce” sonore ma c’è molta continuità fra gruppi di suoni. La nota  $mi_2$  (165 Hz) e i suoni limitrofi sono visibili nella parte sinistra del fonetogramma, con una macchia che si sviluppa con campioni inclusi fra 160 Hz con 70 dB di intensità e punti a 173 Hz con 77 dB di intensità. I punti con frequenza 165 sono 18. La nota  $mi_2$ , ripetiamo, viene cantata una sola volta, nel finale del brano. Per quanto riguarda la nota  $fa_2$  (175 Hz), vi sono solo 2 occorrenze campionate con

quella frequenza e sul fonetogramma la nota non emerge visivamente. Nel brano viene cantata una sola volta, prima della nota finale. La nota  $sol_2$  (196 Hz) si ripete 7 volte ed è rappresentata da 26 punti distinguibili in una macchia che si estende in orizzontale da 105 a 203 Hz e in verticale, con intensità variabili fra 53 e 80 dB. I suoni con frequenza 220 Hz, corrispondenti alla nota  $la_2$  sono stati campionati 3 volte, ma la fascia intorno alla nota  $la_2$ , presente due volte nella partitura del tenore e nella versione francese – con suoni compresi fra 209 e 226 Hz e con intensità da 60 a 78 dB –, pur essendo nel fonetogramma collegata anche alle altre macchie è comunque individuabile. La frequenza 247 Hz, che corrisponde alla nota  $si_2$ , è stata campionata 12 volte, – e nel fonetogramma, similmente alle versioni italiana e inglese, i suoni sono difficilmente identificabili perché inseriti all’interno di un ampio *continuum* sonoro, ma suoni “vicini” possono essere trovati in una tenue linea di punti nella parte con meno intensità del fonetogramma che mostra valori isolati a 245, 246, 248, 251 e 253 Hz con intensità 63, 67 e 68 dB. Anche nella versione francese, la nota  $si_2$  viene cantata 3 volte. La nota  $do_3$  (262 Hz), cantata 23 volte, è campionata 59 volte e nel fonetogramma si localizza nella parte di destra dell’ampio *continuum* che parte da 204 Hz e termina, appunto, fra 262 e 264 Hz.

<sup>20</sup> Si hanno punti a 82 Hz e 72 dB, a 101 Hz e 58 dB, a 101 Hz e 60 dB, a 111 Hz e 57 dB, a 395 Hz e 65 dB, a 561 Hz e 55 dB, a 618 Hz e 63 e 64 dB, a 662 Hz e 67 dB; 669 Hz e 66 dB e infine a 673 Hz e 66 dB.

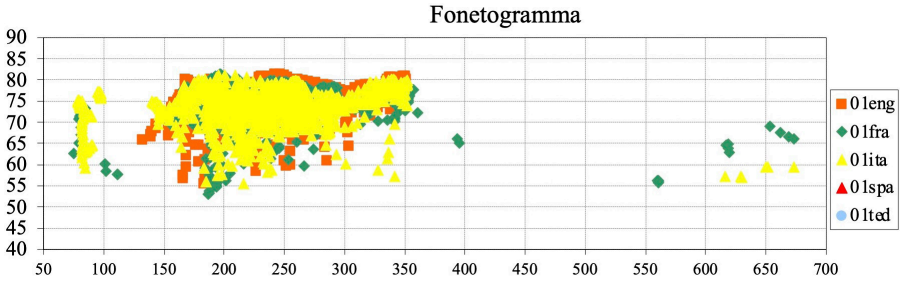


Figura 4: Fonotogrammi sovrapposti delle versioni italiana, inglese e francese di Tenore 1.

In questo gruppo di punti vicini a 262 Hz, il suono con minor intensità (65 dB) è a 265 Hz, il suono con maggior intensità (78 dB) è 263 Hz. La nota  $re_3$  (294 Hz) è stata campionata 5 volte e nel fonotogramma non è individuabile, ma si trova inserita in una macchia a sé stante che va da 273 a 300 Hz, con intensità comprese tra 72 e 78 dB. Nel brano, la nota è ripetuta 5 volte. La nota più acuta,  $fa_4$  (349 Hz), cantata una sola volta, è stata campionata con 4 valori di intensità 74, 75 e 76 dB, riscontrabili all'interno dell'ultima macchia alla destra del fonotogramma, che si estende a partire dalla frequenza di 243 Hz, fino a 354 Hz e con intensità che vanno da 72 a 76 dB.

Osservando il fonotogramma complessivo di questa voce, riportato in figura 4, risulta evidente che la versione inglese del Tenore 1 dal punto di vista dell'intensità ha più variazioni ed è anche quella che ha raggiunto suoni di intensità maggiore. Sempre la versione inglese è quella su cui le singole note sono meglio individuabili dal punto di

vista grafico.

La versione italiana è quella con minor estensioni sia di intensità che di frequenza nei suoni campionati (Fig. 4).

### 3.2.2. Tenore 2

Il Tenore 2 è un cantante amatoriale parlante italiano L1 e con francese L2, lingue in cui ha registrato i brani con una piccola anomalia. Tenore 2, infatti, ha registrato il canto seguendo la linea melodica dei soprani, invece che quella dei tenori, però ovviamente, riportandola alla sua ottava. Pertanto, le frequenze delle note di questa versione che sono riportate qui di seguito, con la specifica di quali parole francesi e italiane vengono cantate su di esse, si trovano tutte un'ottava al di sotto di quelle cantate dai soprani (v. dopo)<sup>21</sup>.

Il fonotogramma della **versione in francese**, *Donce Nuit*, visibile nella figura 5a, si estende, da 120 a 354 Hz di frequenza. Mostra dei gruppi di punti piut-

<sup>21</sup> La nota  $do_3$  (131 Hz) è cantata una sola volta alla fine del brano, con durata 6/8. La nota  $re_3$  (147 Hz) è cantata una sola volta, con valore 1/8. La



tosto in continuità gli uni con gli altri, ma quasi tutte le note risultano identificabili da macchie più compatte, ad eccezione del gruppo intorno ai **fa**<sub>2</sub> (175 Hz) e dei gruppi di **si**<sub>2</sub> (247 Hz) e **do**<sub>3</sub> (262 Hz) che risultano completamente in continuità.

Il primo gruppo che si individua, a sinistra del fonetogramma, è quello intorno alla nota **do**<sub>2</sub> (131 Hz), che con una piccola macchia sonora compatta si estende, in verticale fra 62 e 68 dB di intensità e in orizzontale fra 120 e 137 Hz di frequenza. Meno compatta, formata da molti punti isolati, una macchia orizzontale a intensità minore (54-66 dB), identifica il gruppo della nota **re**<sub>2</sub> (147 Hz), campionata 9 volte e cantata una sola volta, per la durata di 1/8, sulla prima sillaba della parola *rebut*.

A destra di questa macchia, salendo molto di intensità (65-76 dB), si identifica un gruppo di punti molto compatto, dai confini parecchio frastagliati che si sviluppa intorno alla frequenza di 165 Hz della nota **mi**<sub>2</sub>, che risulta essere campionata 10 volte.

La nota **fa**<sub>2</sub> (175 Hz), cantata una  


---

 nota **mi**<sub>3</sub> (165 Hz) è cantata 5 volte. La nota **fa**<sub>3</sub> (175 Hz) è cantata una sola volta, con durata di 1/16. La nota **sol**<sub>3</sub> (196 Hz) è cantata 11 volte. La nota **la**<sub>2</sub> (220 Hz), che si trova a un tono da **sol**<sub>2</sub>, è ripetuta 10 volte nel brano. La nota **si**<sub>2</sub> (247 Hz) viene cantata 4 volte. La nota **do**<sub>3</sub> (262 Hz) si trova 6 volte nella linea melodica dei soprani. La nota **re**<sub>3</sub> (294 Hz) si ripete 5 volte. La nota **mi**<sub>3</sub> (330 Hz) si incontra una sola volta, con durata di 3/8 (con punto coronato). Infine, la nota **fa**<sub>3</sub> (349 Hz) è anch'essa cantata una sola volta, con il valore di 3/16.

sola volta, per la durata di 1/16, sulla sillaba finale di *l'astre*, non è identificabile in un gruppo di punti definito. La nota **sol**<sub>2</sub> (196 Hz), che nel brano è cantata 11 volte, risulta in 69 campioni ed è invece facilmente individuabile in un'ampia macchia sonora che include punti con intensità variabile tra 63 e 77 dB in continuità con la macchia sonora successiva. La nota **la**<sub>2</sub> (220 Hz) è pertanto presente all'interno di un'altra macchia in continuità con la precedente. Cantata 10 volte dal Tenore 2 (voce dei soprani), presenta 15 campioni e si distingue dalla nota **si**<sub>2</sub> (247 Hz), cantata 4 volte, con 16 campioni, rappresentata da un gruppo di punti che formano una macchia molto estesa e dai contorni frastagliati, unita a quella dei 53 campioni della nota **do**<sub>3</sub> (262 Hz) in un gruppo più ampio che include punti che vanno da 237 a 271 Hz e da 57 a 79 dB.

La nota **re**<sub>3</sub> (294 Hz), cantata 5 volte, con 27 suoni campionati è identificabile in una macchia sonora ben distanziata dalle altre, con intensità che

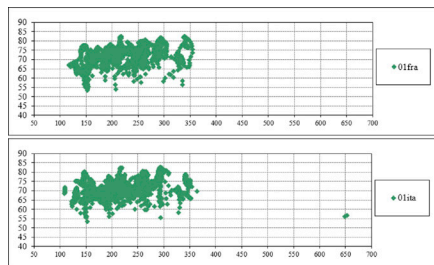


Figura 5: Fonetogrammi delle due versioni di Tenore 2.

salgono fino a 80 dB di intensità per valori di 304 Hz di frequenza. Alla destra di questa macchia, ve n'è un'altra, di dimensioni ridotte e con suoni di intensità decisamente minore (68-74 dB), che identifica la nota **mi**<sub>3</sub> (330 Hz), cantata 4 volte, presente con 6 campioni. Il fonetogramma termina con un'ultima macchia, in alto a destra, formata da campioni ad alta intensità (76-82 dB), al cui interno si trovano i punti a 349 Hz, corrispondenti alla frequenza centrale della nota **fa**<sub>3</sub>, cantata un'unica volta nel brano sulla prima sillaba delle parole *l'astre*.

Nel fonetogramma della **versione in italiano**, visibile nella figura 5b, vi sono alcuni punti con valori anomali a 108 Hz e 648 Hz. Sebbene i suoni presentino valori in continuità gli uni con gli altri, sono comunque identificabili le macchie sonore relative alle singole note del brano.

La nota **do**<sub>2</sub> (131 Hz), cantata sul finale del brano, con durata 6/8 sulla parola *cuor*, è campionata 64 volte e si distingue in un gruppo di punti ben compatto e distanziato dagli altri, con intensità che vanno da 61 a 79 dB. La nota **re**<sub>2</sub> (147 Hz), cantata una volta con durata 1/8 sulla parola *nei*, campionata con 7 punti di intensità che va da 74 a 89 dB, si colloca all'interno di una seconda macchia sonora, a destra del gruppo di suoni di **do**<sub>2</sub>, spostata più in alto. La nota **mi**<sub>2</sub> (165 Hz), cantata 5 volte, con 37 campioni, si individua

in un'ampia macchia sonora che iniziando con suoni campionati intorno ai 168 Hz di frequenza prosegue in un *continuum* fino a suoni campionati a 287 Hz di frequenza. Questa macchia si allunga in concomitanza del **mi**<sub>3</sub> e nel fonetogramma si evidenziano suoni con intensità comprese tra 56 e 77 dB. La nota **fa**<sub>2</sub> (175 Hz), che è cantata 1 sola volta per la durata di 1/16 sull'ultima sillaba della parola *infondi*, è campionata 4 volte ed è distinguibile in una piccola macchia che si stacca dal *continuum* sonoro verso l'alto con valori di intensità comprese fra 69 e 72 dB.

La nota **sol**<sub>2</sub> (196 Hz), cantata 11 volte nel brano, è stata misurata 89 volte ed è facilmente identificabile, pur nel *continuum* sonoro, da una macchia che si estende sia verso l'alto che verso il basso, con valori d'intensità compresi tra 56 e 77 dB. Altrettanto vale per la nota **la**<sub>2</sub> (220 Hz) che, cantata 10 volte nel brano, con 42 campioni si colloca all'interno di un gruppo di punti ben identificabile, benché inserito nel *continuum*, allungato in verticale con valori di intensità tra 60 e 81 dB.

La nota **si**<sub>3</sub> (247 Hz), con 36 suoni campionati, si trova in un gruppo nel *continuum* che non lascia distinguere graficamente i suoni collegati a questa nota da quelli collegati alla nota **do**<sub>3</sub> (262 Hz), che ha, a sua volta, 82 suoni campionati. La nota **re**<sub>3</sub> (294 Hz), cantata 5 volte e con 21 campioni, è invece all'interno di una macchia so-

nora ben distinta dalle altre, pur avendo ancora valori in continuità, a sinistra, con il gruppo precedente. I suoni di questo gruppo partono da intensità di 61 dB e arrivano fino a 82 dB. La nota  $mi_3$  (330 Hz), cantata una sola volta sull'ultima sillaba di *menti*, con 13 campioni è individuabile in una macchia ben distinta e distanziata dalle altre, sulla destra del fonetogramma con suoni che – compresi fra i 58 e i 71 dB – scendono molto di intensità rispetto alla nota precedente. La nota  $fa_3$  (349 Hz), infine, è altrettanto ben identificabile, con 8 campioni, in una macchia sonora di forma allungata che, all'estrema destra del fonetogramma, è ben distanziata da tutte le altre e comprende suoni con intensità comprese tra 72 e 78 dB.

Osservando nella figura 6, i due fonetogrammi sovrapposti del Tenore 2 si nota che nella versione francese ci sono più punti isolati, rispetto a quella italiana.

Sempre la versione francese mostra suoni spostati un po' più a destra (cioè con frequenze più acute) rispetto alla versione italiana, tranne che per le note

$mi_3$  e  $fa_3$ . Infine, la versione italiana presenta macchie con contorni meno frastagliati rispetto a quella francese.

### 3.3. Contralti

Nella partitura dei contralti, viene cantata quasi tutta la sequenza di note da  $sol_2$  (196 Hz) fino a  $la_3$  (440 Hz); l'unica nota della sequenza a non essere presente è  $la_2$  (220). Nella *tabella I* vengono riportate nel dettaglio tutte le note cantate, le relative frequenze, il numero di ripetizioni e le figure ritmiche che si trovano nel brano, con indicato il relativo valore di durata. I valori di durata riportati qui di seguito, però, sono relativi al brano analizzato, che ha un tempo di 6/8 (con una suddivisione ternaria). Non sono quindi da ritenersi valori assoluti; ma per facilitarne la lettura durante l'analisi, si è preferito riferirsi a suddivisioni in ottavi e sedicesimi.

Il Contralto 1 ha registrato la versione inglese, italiana e francese del canto, mentre il Contralto 2 ha registrato l'inglese e l'italiano.

Proseguendo da sinistra verso destra,

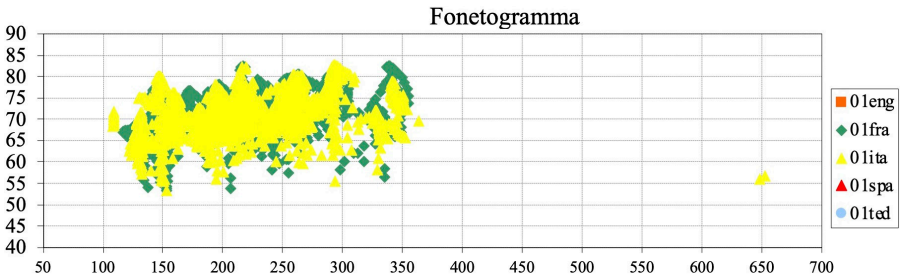


Figura 6: Fonetogrammi sovrapposti delle versioni in italiano e in francese di Tenore 2.







Frequenza (Hz)	Nota	Numero ripetizioni	Figure musicali e tempi (relativi al tempo di 6/8 del brano)					
			 1/16	 3/16	 1/8	 2/8	 3/8	 6/8
440	la <sub>3</sub>	5	1	3	1			
392	sol <sub>3</sub>	8	3		4		1	
370	fa# <sub>3</sub>	1					1	
349	fa <sub>3</sub>	13	5		6	2		
330	mi <sub>3</sub>	11		3	5	3		
294	re <sub>3</sub>	2			2			
262	do <sub>3</sub>	5			1		4	
247	si <sub>2</sub>	4	1	1	2			
196	sol <sub>2</sub>	1						1

Tabella I – Frequenza delle note cantate, numero di ripetizione e valore ritmico delle note di contralti.

ovvero dalle note più gravi verso quelle più acute, si possono riscontrare le corrispondenze fra note e parole/sillabe/vocali riportate nella *tabella I*.

La nota **sol**<sub>2</sub> (196 Hz), la più grave in questa voce, che si rileva nella parte a sinistra del fonetogramma, è cantata una sola volta, sulla parola *peace* [pi:s], è l'ultima nota del brano con la durata dell'intera misura, ovvero 6/8.

La nota **si**<sub>2</sub> (247 Hz) è cantata sulla prima sillaba di *sleep* [sli:p], con durata 1/8 e su tutte e tre le sillabe della parola *heavenly* ['hævənli], rispettivamente con durata 3/16, 1/16 e 1/8.

La nota **do**<sub>3</sub> (262 Hz), che è la nota fondamentale della tonalità di **do** maggiore, viene cantata 5 volte, quattro delle quali su note di lunga durata.

La nota **re**<sub>3</sub> (294 Hz) viene cantata due volte, mentre la nota **mi**<sub>3</sub> (330 Hz) è cantata ben 11 volte dai contralti e la

nota **fa**<sub>3</sub> (349 Hz) si incontra 13 volte in questa voce.

La nota **fa#**<sub>3</sub> (370 Hz) si incontra un'unica volta sul finale della parola *peace* [pi:s], con durata superiore a 3/8 (la nota è infatti una semiminima puntata, con il punto di corona, che ne allunga il valore).

La nota **sol**<sub>3</sub> (392 Hz) è cantata 8 volte e, infine, la nota **la**<sub>3</sub> (440 Hz), che è la più acuta nella parte dei contralti, si ripete 5 volte nel brano e si presenta nella parte destra del fonetogramma.

Nella **versione italiana**, si trovano le seguenti corrispondenze fra note e parole/sillabe/vocali.

La nota **sol**<sub>2</sub> (196 Hz), la più grave in questa voce, che si rileva nella parte più a sinistra del fonetogramma, si trova una sola volta occupando l'intera ultima misura, sulla parola *cuor* [kwɔ:r].

La nota **si**<sub>2</sub> (247 Hz) è cantata sulla

prima sillaba di *luce*, con durata 1/8 e su tutte e tre le sillabe della sequenza *infondi nei*, rispettivamente con durata 3/16, 1/16 e 1/8.

La nota **do**<sub>3</sub> (262 Hz) viene cantata 5 volte, mentre la nota **re**<sub>3</sub> (294 Hz) viene cantata sulla prima sillaba di *mite* con durata 1/8 e sull'ultima sillaba della parola *luce*, sempre con durata 1/8.

La nota **mi**<sub>3</sub> (330 Hz) è cantata ben 11 volte dai contralti, mentre la nota **fa**<sub>3</sub> (270 Hz), si incontra 13 volte. La nota **fa**#<sub>3</sub> (370 Hz) si incontra invece un'unica volta sul finale della parola *menti*, con durata di più di 3/8 (la nota è infatti una semiminima puntata, con il punto di corona, che ne allunga il valore)<sup>22</sup>.

La nota **sol**<sub>3</sub> (392 Hz) è cantata 8 volte, mentre infine la nota **la**<sub>3</sub> (440 Hz), che è la più acuta nella parte dei contralti, si ripete 5 volte nel brano e viene visualizzata nella parte destra del fonetogramma.

Molte di queste osservazioni valgono anche per la **versione francese**, in cui la nota **sol**<sub>2</sub> (196 Hz), si trova una sola volta, sull'ultima sillaba della parola *reluit*, ultima nota del brano, che occupa l'intera misura, ovvero 6/8. Seguono la nota **si**<sub>2</sub> (247 Hz), la nota **do**<sub>3</sub> (262

Hz) e la nota **re**<sub>3</sub> (294 Hz). La nota **mi**<sub>3</sub> (330 Hz) è cantata ovviamente anche in questo caso 11 volte, mentre la nota **fa**<sub>3</sub> (270 Hz) si incontra 13 volte. La nota **fa**#<sub>3</sub> (370 Hz) è presente un'unica volta sul finale della parola *reluit* [ʁəlɥi], con durata di più di 3/8 (v. sopra). La nota **sol**<sub>3</sub> (392 Hz) è cantata 8 volte, mentre il **la**<sub>3</sub> (440 Hz) ripete 5 volte e si localizza nella parte destra del fonetogramma.

### 3.3.1. Contralto 1

Corista esperta, parlante italiana con ottime competenze sia in inglese (L2) che in francese (L3), il Contralto 1 ha registrato in queste tre lingue le versioni del canto.

Il fonetogramma della **versione inglese** del Contralto 1, rappresentato nella figura 7a, si estende sull'asse orizzontale con suoni campionati che vanno da 170 Hz e 68 dB fino a 466 Hz, con intensità 80 dB mentre, sull'asse verticale, il suono con minor intensità si colloca a 57 dB, con frequenza 254 Hz, il più intenso a 85 dB, con frequenza 378 Hz.

Nel fonetogramma sono rappresentati i valori di 33 campioni a 196 Hz (corrispondenti alla nota **sol**<sub>2</sub>, il suono più grave della partitura dei contralti) che restano ben distinguibili in una sorta di macchia a forma di virgola, nella parte sinistra del fonetogramma (la curva che forma la "virgola" è formata da suoni con frequenza inferiore

<sup>22</sup> Non tutte le note vengono alterate. In questo caso solo i contralti cantano la terza dell'accordo che, essendo in un'altra tonalità, ha bisogno di un cambiamento. Il **fa**# infatti non è previsto nella chiave di **do** e va scritto solo nelle battute in cui viene effettivamente cantato.

a 196 Hz, con un effetto visivo complessivo tale da rendere la nota ben distinta dagli altri suoni).

Alla distanza di un intervallo di terza maggiore, la nota **si**<sub>2</sub> (247 Hz) si distingue in una grande macchia allungata verso il basso con due linee sonore discendenti, la prima verso sinistra con valori di frequenze intorno a 247 Hz e la seconda subito a destra, formata da valori di circa 262 Hz, corrispondenti alla nota **do**<sub>3</sub>. Infatti, le note **si**<sub>2</sub> e **do**<sub>3</sub> distano solo mezzo tono l'una dall'altra e nella vibrazione della voce, i vari suoni campionati, vanno a formare quasi un'unica macchia sonora.

Alla distanza di un intervallo di un tono, alla frequenza di 294 Hz, si trova la nota **re**<sub>3</sub> e nel fonetogramma è visibile una successiva macchia di punti allungata intorno a quella frequenza. I suoni con minore intensità, a partire da 294 Hz, formano una linea sottile, da 65 dB, e, con l'aumentare dell'intensità fra 73 e 82 dB diventa più piena. Tutte le note di questo fonetogramma, all'aumentare dell'intensità, presentano una maggiore concentrazione di punti, probabilmente per effetto della vibrazione del canto.

A partire dalla nota **mi**<sub>3</sub> (330 Hz) e fino alla nota **sol**<sub>3</sub> (392 Hz) nella parte superiore del fonetogramma si nota un *continuum* sonoro, mentre nella parte inferiore continuano a essere visibili, in corrispondenza delle note **mi**<sub>3</sub> (330 Hz), **fa**<sub>3</sub> (349 Hz), **fa****#**<sub>3</sub> (370 Hz) e **sol**<sub>3</sub> (292 Hz), delle linee verticali,

formate da pochi punti diradati.

È interessante notare che anche la nota **fa****#**<sub>3</sub> (370 Hz), nonostante si trovi solo a mezzo tono di distanza fra **fa**<sub>3</sub> e **sol**<sub>3</sub> e sia cantata solo una volta – ma con una durata superiore ai 3/8 –, è comunque distinguibile al di sotto dei 74 dB di intensità.

Molto ben identificabile, intorno alla frequenza di 440 Hz, c'è l'ampia macchia della nota **la**<sub>3</sub>, che si estende fino alla massima intensità di 84 dB, per scendere di intensità, con la consueta forma di una linea verticale che arriva fino a 66 dB. Questa macchia termina con la punta in alto a destra del fonetogramma con un valore di 466 Hz di frequenza e 80 dB di intensità.

Nel fonetogramma della **versione in francese** (figura 7b) vi è una misura anomala a 95 Hz. La nota **sol**<sub>2</sub> (197 Hz) sembra essere leggermente cantante: si visualizza una macchia isolata con punti che partono da 162 Hz, con intensità 75 dB e si estendono fino a 194 Hz e 78 dB.

I valori intorno alle note **si**<sub>2</sub> (247 Hz) e **do**<sub>3</sub> (262 Hz), come nell'inglese, sono distanziati dalla nota **sol**<sub>2</sub> da uno spazio vuoto e formano una grossa macchia che arriva fino a 85 dB di intensità, con due linee parallele che scendono nella parte inferiore fino a 56 e 57 dB. Rispetto all'inglese, questa macchia è più compatta e le variazioni di intensità sono più numerose.

Anche i punti rilevati intorno alla

nota  $re_3$  (294 Hz) sembrano essere più compatti e maggiormente distinguibili in una concentrazione che si pone all'inizio di un *continuum* di valori il quale, anche in questo caso, si estende nella parte superiore del fonetogramma, in corrispondenza dei suoni con maggior intensità, arrivando a frequenze intorno ai 400 Hz, vicinissime alla frequenza della nota  $sol_3$  (392 Hz).

Nonostante sia collegata a questo

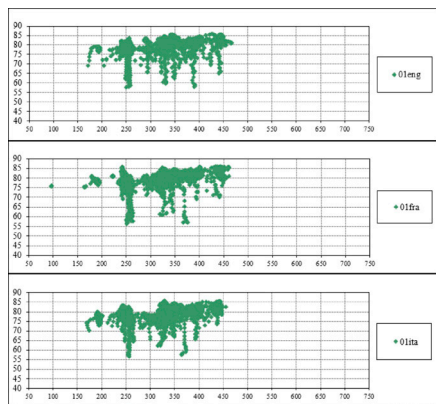


Figura 7: Fonetogrammi delle tre versioni di *Contralto 1*. *continuum* di punti, la nota  $mi_3$  (330 Hz) è ben distinguibile, in quanto i valori che la rappresentano formano una striscia più allargata verso la parte alta e più sottile verso la parte bassa, meno intensa ma molto estesa da 61 a 84 dB di intensità.

A distanza ravvicinata – si tratta di un intervallo di seconda minore, cioè di mezzo tono – si distinguono i campioni relativi intorno alla nota  $fa_3$  (349 Hz), con intensità comprese tra 62 e 84 dB.

La nota  $fa\#_3$  (370 dB), cantata solo

una volta con una durata superiore a  $3/8$ , è ben distinguibile con una lunga striscia di punti verso la parte inferiore del fonetogramma e valori tra 365 e 374 Hz con intensità variabili da 57 a 75 dB.

Il *continuum* sonoro termina con una macchia distinguibile che, come le precedenti, è più ampia in corrispondenza delle frequenze con maggior intensità – con il picco a 398 Hz e 85 dB – e più sottile e con meno punti man mano che si diminuisce di intensità fino a 364 Hz e 69 dB.

Intorno alla frequenza di 440 Hz della nota  $la_3$  si dispongono molti punti, formando una concentrazione distinta sulla parte più a destra del fonetogramma (questi suoni hanno tutti intensità piuttosto elevata, compresa tra 75 e 84 dB).

Nella **versione in italiano**, il cui grafico è visibile nella figura 7c, si presentano valori a partire da 170 Hz con intensità 72 dB, fino a 450 Hz e 82 dB. Il fonetogramma riproduce un grafico simile ai due precedenti ma con più evidenti cambiamenti di intensità.

Intorno alla frequenza di 196 Hz, che corrisponde alla nota  $sol_2$  c'è una netta e ampia macchia che si estende sull'asse delle ascisse da 186 a 198 Hz e sull'asse delle ordinate da 73 a 78 dB. Altri suoni con frequenza inferiore a 186 Hz formano una sorta di “virgola”.

A destra si colloca una ampia e net-



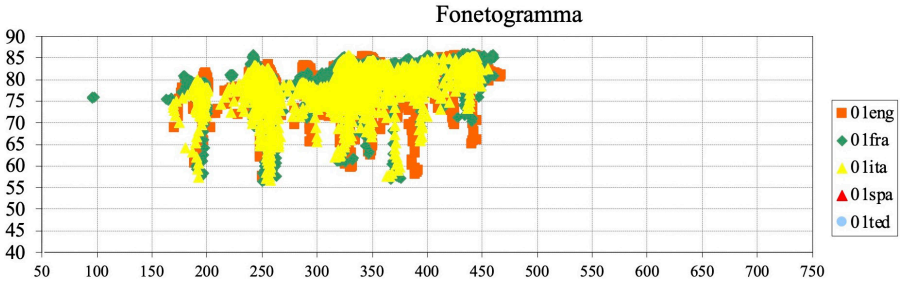


Figura 8: Fonotogrammi sovrapposti di Contralto 1.

ta macchia sonora allungata con due strisce verticali verso il basso di cui la prima, più sottile, corrisponde a valori compresi fra 247 e 249 Hz relativi alla nota  $si_2$ .

La seconda linea molto più marcata evidenzia molti punti relativi alla realizzazione della nota  $do_3$  (262 Hz), che è la fondamentale della tonalità di **do** maggiore; l'intensità di questi suoni è compresa tra 56 e 82 dB.

Ben distanziata verso destra vi è una macchia relativa alla nota  $re_2$  (294 Hz); questa nota viene cantata solo 2 volte e infatti questa concentrazione ha dimensioni inferiori a quelle delle altre note. Proseguendo verso destra vi è un *continuum* di punti nella parte superiore del fonotogramma, ma si distingue nettamente la nota  $mi_3$  (330 Hz) che è cantata 12 volte nel brano e che nel fonotogramma è campionata 88 volte. Intorno alla frequenza di 330 Hz vi sono molti altri punti con frequenza compresa tra 320 e 336 Hz e intensità tra 62 e 85 dB. A distan-

za ravvicinata si distinguono i punti che rappresentano le realizzazioni di  $fa_3$  (349 Hz), distante solo mezzo tono dal precedente  $mi_3$ . I punti della nota  $fa_3$  sono visibili in una linea che dal *continuum* scende verso il basso, fino all'intensità di 66 dB. A questo punto il *continuum* si separa e lascia visualizzare molto chiaramente una lunga linea verticale corrispondente alla nota  $fa\#_3$  (370 Hz) con valori di intensità variabile da 58 a 82 Hz.

In questa parte il fonotogramma prosegue con continuità nella parte superiore sino a 407 Hz, mentre nella parte inferiore scende in una linea verticale con misure che si situano intorno a 392 Hz in corrispondenza della nota  $sol_3$ , con intensità che scende fino a 65 dB.

Il fonotogramma si conclude a destra con un'ampia e ben distinta "macchia" sonora formata da molti punti intorno alla frequenza di 440 Hz, ovvero sia la nota  $la_3$  con intensità comprese tra 73 e 84 dB.

Osservando i tre fonotogrammi so-

vrapposti (figura 8) si notano “scie” di punti verso il basso in posizioni diverse a seconda della lingua (e quindi del testo). Nel fonetogramma in italiano le note sembrano essere più definite rispetto alle versioni in inglese e francese, forse in ragione di un fraseggio del testo che ha meno vocalizzi e più corrispondenze tra sillabe e note.

### 3.3.2. Contralto 2

Il Contralto 2 è l'unico soggetto di madrelingua inglese – bilingue dalla nascita – che ha partecipato alla ricerca, registrando due brani: uno in inglese e l'altro in italiano.

Nel fonetogramma della **versione inglese** registrata da Contralto 2 (figura 9a), sono presenti alcune misurazioni anomale (a 91 Hz e 58 dB e altre che si notano nella parte bassa del fonetogramma), ma i punti rilevati si distribuiscono generalmente lasciando visibili spazi di separazione tra le realizzazioni delle note.

In corrispondenza della nota **sol<sub>2</sub>** (196 Hz) vi è una serie di punti che si sviluppa in verticale, a partire da 192 Hz e 53 dB di intensità, per risalire fino a 65 dB, con 190 Hz.

Ben distanziati, proseguendo verso destra, si trova una concentrazione di punti intorno alla frequenza di 247 Hz della nota **si<sub>2</sub>**, che si trova alla distanza di due toni dalla nota **sol<sub>2</sub>**. Nel grafico i punti rilevati si distribuiscono però in due macchie, una più in alto e l'altra

più in basso, collegate fra loro. Queste macchie si estendono da 223 Hz fino a 270 Hz, con intensità che vanno da 53 a 76 dB e si sovrappongono in parte alla dispersione di punti che rappresenta le realizzazioni di **do<sub>3</sub>** (262 Hz). Le due note, che sono distanziate da un intervallo di seconda minore, sono in questa parte del fonetogramma indistinguibili tra di loro.

Proseguendo verso le frequenze più

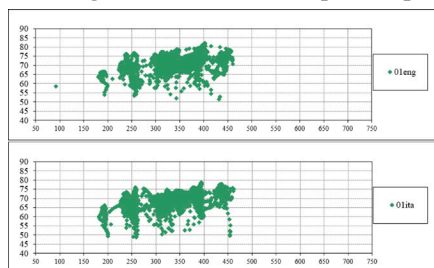


Figura 9: Fonetogrammi delle due versioni di Contralto 2.

acute, ben separata dalle precedenti, si presenta un'ampia concentrazione di punti che, partendo dalle frequenze intorno alla nota **re<sub>3</sub>** (294 Hz) prosegue in un *continuum* fino ai punti rilevati per il **sol<sub>3</sub>** (392 Hz), con massimi di frequenza a 407 Hz. La nota **mi<sub>3</sub>** (330 Hz) si distingue grazie a un prolungamento della macchia verso le frequenze più basse, fino a 54 dB. La nota **fa<sub>3</sub>** (349 Hz) si trova mezzo tono al di sopra di **mi<sub>3</sub>** e perciò nel fonetogramma non è facilmente individuabile, se non per la particolare intensità rilevata in alcuni dei 24 punti che la rappresentano e che fanno emergere una “gobba” (verso l'alto), con massimo di intensità

a 77 dB.

Anche la nota seguente, **fa#<sub>3</sub>** (370 Hz) si perde visivamente nel *continuum* sonoro e si trova in corrispondenza delle due misure isolate con intensità attorno a 78 dB. Un'ampia macchia verticale si sviluppa invece intorno ai 392 Hz della nota **sol<sub>3</sub>**: il punto più in basso è a 391 Hz e 57 dB, mentre quello più in alto è a 401 Hz e 81 dB di intensità.

Questo *continuum* si separa da un'estesa macchia localizzata intorno alla nota **la<sub>3</sub>** (440 Hz), la nota più acuta della partitura. Questa concentrazione si colloca tra 429 Hz e 460 Hz sull'asse delle ascisse e 65 dB e 78 dB sull'asse delle ordinate.

Nel fonetogramma della **versione italiana**, *Astro del ciel*, della figura 9b, è proprio la dispersione dei valori rilevati per questa nota che segna la differenza rispetto alla versione inglese.

Andando per ordine vediamo che i valori campionati visibili partono da 183 Hz e 58 dB. Una linea quasi-verticale più definita parte poi da 199 Hz e 49 dB e prosegue verso l'alto fino a 190 Hz e 64 dB, rendendo distinguibi-

le la posizione della nota **sol<sub>2</sub>** (196 Hz) che è la nota più grave della partitura dei contralti, e viene cantata una sola volta sulla parola *cuor*.

A distanza di 2 toni a destra di questa linea e ben distinta da essa, c'è un'altra linea più ampia e più estesa che include le frequenze di 247 Hz, corrispondenti alla nota **si<sub>2</sub>** – campionata 7 volte – e quella di 262 Hz corrispondenti alla nota **do<sub>3</sub>** – campionata 11 volte – cantata 5 volte nel brano. Questa nota, caratterizzata da una “gobba” a 75 dB è distinguibile anche nei suoni più gravi, che nel grafico sono rappresentati da una linea sottile che scende da 58 dB sino a 49 dB. L'intervallo tra **do<sub>3</sub>** e **re<sub>3</sub>**, pari a un tono, si caratterizza con una zona caratterizzata da punti abbastanza diradati.

A partire da 291 Hz incomincia un lungo *continuum* sonoro nel quale il **re<sub>3</sub>** (294 Hz), campionato 5 volte, resta poco distinguibile dalla nota successiva, **mi<sub>3</sub>** (330 Hz), campionata 31 volte, che si confonde con il resto del *continuum*. È, viceversa, più facilmente individuabile il blocco di valori che riguardano la nota **fa<sub>3</sub>** (349 Hz) che, con

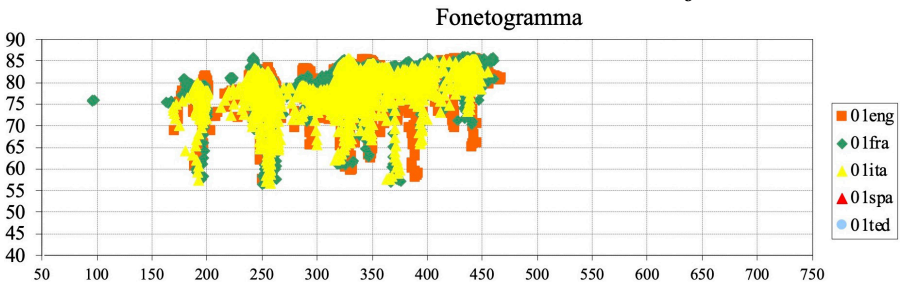


Figura 10: Fonetogrammi sovrapposti delle versioni inglese e italiana di *Contralto 2*.







Frequenza (Hz)	Nota	Numero ripetizioni	Figure musicali e tempi (relativi al tempo di 6/8 del brano)					
			 1/16	 3/16	 1/8	 2/8	 3/8	 6/8
698	fa4	1		1				
659	mi4	1					1	
587	re4	5	1		2	2		
523	do4	6		3	1	1	1	
494	si3	4	2		1		2	
440	la3	10	4		4	2		
392	sol3	11	1	5	4		1	
349	fa3	1	1					
330	mi3	5			1		4	
294	re3	1	1					
262	do3	1						1

Tabella II – Frequenza delle note cantate, numero di ripetizione e valore ritmico delle note dei soprani nella versione inglese.

Soprano



Stil - le Nacht! Hei - li - ge Nacht!  
Si - lent night! Ho - ly night!

Figura 11: Immagine tratta dalla partitura della versione per voci di soprano.

13 ripetizioni nel brano e 58 campioni, si distingue con un macchia contenuta tra 74 a 62 dB. Si intravede poi anche la nota **fa#<sub>3</sub>** (370 Hz) con 11 campioni.

Distinta dal questo *continuum* è la nota **sol<sub>3</sub>** (392 Hz), con un'ampia concentrazione che va da 376 Hz a 403 Hz in orizzontale e da 56 dB a 78 dB in verticale, ben distanziata dalla nota più acuta, **la<sub>3</sub>** (440 Hz), i cui punti si concentrano approssimativamente tra 65 e 77 (fra 426 e 457 Hz) e si disperdono poi in una lunga, caratteristica “coda” dai 65 ai 50 dB (a 453 Hz) che, come anticipato sopra, contribuisce a distin-

guere questa versione dalla precedente.

### 3.4. Soprani

La linea melodica del soprano ha un'ampia estensione che partendo da **do<sub>3</sub>** (262 Hz) comprende tutte le note in sequenza, fino al **fa<sub>4</sub>** (698 Hz). Nella *tabella II* sono riportate, in orizzontale, le figure ritmiche e il relativo valore di durata, mentre in verticale sono riportate le note cantate con la rispettiva frequenza in Hz: per ogni nota viene specificato quante volte viene cantata e la relativa durata.

Inoltre, a fare una maggiore differenza tra le varie versioni si presentano alcuni disallineamenti tra sillabe e note che si riflettono in una diversa segmentazione e in salti frequenziali piuttosto impegnativi che non sempre riescono senza “sbavature” (cioè manifestazioni

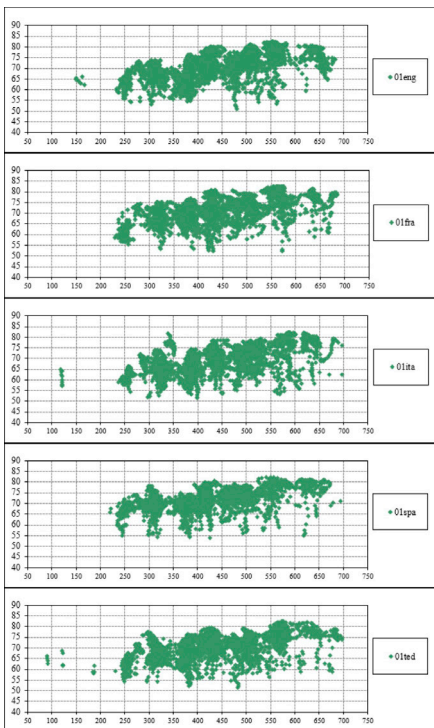


Figura 12: Fonetogrammi delle cinque versioni di Soprano 1.

grafiche delle modalità di passaggio). Tra la versione tedesca e quella italiana si nota ad es. il caso di *Schlaf*, con due note, associate a una vocale doppia, che corrispondono alle due sillabe di *pace*.

Un altro esempio appare, confrontando le due versioni inglese e tedesca, nel caso del *sol*<sub>3</sub> della seconda battuta che, come osservabile in figura 11, si trova su una croma puntata seguita da una semicroma a cui corrisponde una sillaba diversa (*hei-li*, dove l'inglese ha *ho*).

### 3.4.1. Soprano 1

Il Soprano 1 è plurilingue, ed è l'unico soggetto che ha registrato in cinque lingue diverse il canto: ovvero in inglese (L2), francese (L3), italiano (L1), spagnolo (L5) e tedesco (L4).

Il fonetogramma della **versione inglese** (figura 12a), presenta una dispersione grafico di punti di frequenza e intensità con una disposizione generalmente crescente, iniziando da 238 Hz e 60 dB ed estendendosi fino a 683 Hz e 74 dB<sup>23</sup>.

Delle 11 note cantate dalla voce dei soprani, 10 sono individuabili attraverso macchie ben distinte le une dalle altre.

Partendo da sinistra, si identifica un primo agglomerato di suoni intorno alla nota *do*<sub>3</sub> (262 Hz), che nel brano viene cantata una sola volta sulla parola *peace*, per la durata di 6/8. Tali suoni si estendono da 262 Hz e 54 dB, verso la parte bassa del fonetogramma, per arrivare a 266 Hz e 70 dB nella parte alta. Per quanto riguarda le frequenze dei suoni, l'estensione di questa prima macchia va da 234 Hz a 265 Hz. Alla distanza di un tono, si trova la nota *re*<sub>3</sub> (294 Hz), che nel brano è cantata una sola volta sulla sillaba finale della parola *heavenly*, per una durata di 1/8. Se ne intravedono i punti a destra della prima macchia intorno a 294 Hz con intensità da 61 a 97 dB. Subito dopo,

<sup>23</sup> Vi sono anche in questo caso misure di valori anomali a 150 Hz e 65 dB, 153 Hz e 63dB, 158 Hz e 63 dB, 162 Hz e 66 dB, 166 Hz e 62 dB.

alla distanza di un intervallo di seconda maggiore si trova la nota **mi**<sub>3</sub> (330 Hz) che i soprani cantano 5 volte, consentendo la misurazione di molti valori che formano una concentrazione ben identificabile. La nota **fa**<sub>3</sub> (349 Hz) è cantata solo una volta per la durata di 1/16 sulla sillaba *-ven-* della parola *heavenly*; eppure, è anch'essa identificabile intorno a 349 Hz e intensità tra 57 e 65 dB. Proseguendo verso la destra del grafico, si vede un'altra macchia molto ampia intorno a 392 Hz, con punti che corrispondono alla nota **sol**<sub>3</sub>, cantata nel brano ben 11 volte. Questa macchia, infatti, è molto estesa sia in orizzontale, con suoni che partono da 362 Hz e arrivano a 409 Hz, sia in verticale, partendo da intensità di 54 dB fino a 75 dB.

La nota seguente, **la**<sub>3</sub> (440 Hz) dista un tono dal **sol**<sub>3</sub>, nella scala di **do** maggiore ed è cantata 10 volte nel brano. Anche l'agglomerato di punti intorno al **la**<sub>3</sub> forma una macchia molto ampia, con intensità maggiore rispetto alla precedente; infatti, il punto meno intenso è a 62 dB e 421 Hz, mentre il più intenso si trova a 80 dB e 447 Hz. La nota **si**<sub>3</sub> (494 Hz), a un intervallo di seconda maggiore da **la**<sub>3</sub>, viene cantata 4 volte nel brano e si identifica nel fonetogramma con la macchia successiva. I campioni che rappresentano questa nota partono da 455 Hz, a salire di frequenza fino a 494 Hz, punto in cui l'agglomerato di suoni si unisce alla

concentrazione di punti relativi alla nota successiva, **do**<sub>4</sub> (523 Hz), distante solo mezzo tono, che presenta un'agglomerazione preponderante con massimo d'intensità a 81 dB (a 505 Hz). In corrispondenza della frequenza della nota **re**<sub>4</sub>, che è cantata 5 volte, c'è una nuova e ampia macchia con quasi tutti i suoni al di sotto di 587 Hz (in realtà campionato 1 sola volta, con intensità 73 dB). L'ultima macchia ben identificata sulla destra del fonetogramma corrisponde alla nota **mi**<sub>4</sub> cantata una sola volta sulla seconda sillaba della parola *peace*, con una durata superiore ai  $\frac{3}{8}$  (sopra alla nota c'è un punto coronato che ne allunga la durata), mentre, infine, nessuna stima affidabile ha consentito il tracciamento dei punti corrispondenti alla nota **fa**<sub>4</sub> (698 Hz).

Nel fonetogramma della **versione francese**, *Douce Nuit* (figura 12b), non sono visibili misure anomale. Similmente alla versione in inglese, i suoni con frequenza 698 Hz, corrispondenti alla nota **fa**<sub>4</sub>, non sono stati rilevati, ma risultano presenti nella registrazione e sono chiaramente percepibili nel sonoro. Il fonetogramma è abbastanza simile al precedente con gruppi di punti disposti in aree di minore intensità (fra 55 e 65 dB) per il **do**<sub>3</sub> (262 Hz) e agglomerati disposti lungo una scala progressivamente ascendente fino agli 82 dB del punto a 574 Hz, per poi concludersi con una piccola concentrazione di valori, ancora relativi alla nota **mi**<sub>4</sub>

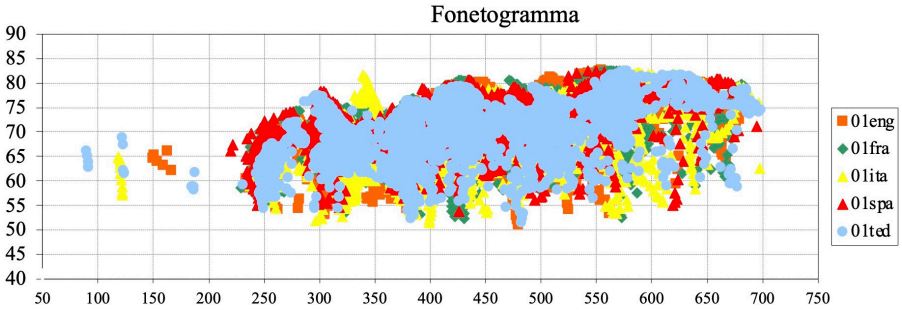


Figura 13: Fonotogrammi sovrapposti delle cinque versioni di Soprano 1.

che si avvicina alle frequenze di 698 Hz, corrispondenti alla nota **fa**<sub>4</sub>; ma il punto con valore più acuto visibile si colloca a 684 Hz e 78 dB.

Il fonotogramma della **versione italiana** di *Astro del Ciel*, rappresentato nella figura 12c, incomincia, a sinistra, con una fila di valori anomali posizionati su una sottile linea quasi-verticale compresi tra 121 Hz e 57 dB e 118 Hz e 64 dB. Prosegue poi verso destra con un primo gruppo di suoni che si addensano intorno alla frequenza di 262 Hz, corrispondente alla nota **do**<sub>3</sub>, la più grave del brano, cantata solo una volta nel finale, con durata di 6/8, sulla parola *cuor*. Dopo un raggruppamento di valori relativi alla nota **re**<sub>3</sub> si presentano i punti relativi a un **mi**<sub>3</sub> che si estende un ampio gruppo di valori molto compatte che si sviluppano principalmente in verticale, con massimo a 73 dB, mentre spicca rispetto alle versioni precedentemente descritte, un **fa**<sub>3</sub> che, pur essendo cantato solo una volta (sulla sillaba *-di* della parola *infondi*, con una durata

di 1/16) presenta una dispersione di valori più in alto, con valori medi di energia intorno a 77 dB e un massimo a 80 dB. Questa macchia non emerge neanche nelle altre due versioni in spagnolo e tedesco (v. dopo). Ben distinto dai gruppi precedenti e da quello successivo è poi un altro blocco di valori, ampio e compatto, che individua il **sol**<sub>3</sub> (392 Hz), cantato 11 volte dai soprani. Si sviluppano poi gli addensamenti che individuano le note **la**<sub>3</sub>, **si**<sub>3</sub>, **do**<sub>4</sub> e **re**<sub>4</sub> (587 Hz), con un'intensità globalmente crescente da valori medi di 70 dB a 78-80 dB. Un'ultima macchia ben visibile si sviluppa infine in alto a destra, con valori di alta intensità, individuando la nota **mi**<sub>4</sub> (659 Hz), da cui parte una scia di punti culminante in un massimo a 697 Hz e 62 dB, vicinissimo ai 698 Hz della nota **fa**<sub>4</sub>, cantata sulla prima sillaba della parola *dona*, con durata 3/16.

Nella figura 12d è illustrato il fonotogramma dell'unica **versione spagnola**, *Noche de Paz*, di questa ricerca che è stata registrata da Soprano 1. Questa



versione risulta essere, di tutte quelle registrate da questa voce, la meno precisa dal punto di vista dell'intonazione.

Partendo da sinistra, si osservano le dispersioni delle varie note rappresentate da agglomerati di punti simili a quelli delle altre versioni, ma forse proprio la nota più grave, il **do<sub>3</sub>** dell'ultimo *amor*, con durata 6/8 e più di 150 campioni, caratterizza maggiormente questa versione rispetto alle altre dato che si dispone con valori fino a 277 Hz e 72 dB, culminando in una coda che scende fino a 56 dB (a 244 Hz). Non figurano nel fonetogramma i punti relativi all'esecuzione della nota **fa<sub>4</sub>** (698 Hz), se non un punto erratico a 694 Hz e 71 dB, che si distacca dall'ultimo blocco con frequenze intorno a 659 Hz relativo alla nota **mi<sub>4</sub>** (cantata nel brano un'unica volta sull'ultima sillaba del primo *amor*).

Infine, il fonetogramma della **versione tedesca**, *Stille Nacht*, di figura 12e, che – a parte una serie di valori anomali sulla sinistra – si estende dai 242 Hz della nota **do<sub>3</sub>**, cantato per 6/8 sulla parola *Ruh*, fino a un blocco di valori centrato sui 678 Hz e massimo a 698 Hz, che realizza in modo chiaro, più che nelle altre versioni, la frequenza del **fa<sub>4</sub>** (698 Hz), la nota più acuta cantata una sola volta per la durata di 3/16 sulla sillaba *him-* della parola *himmlischer*.

Dalla sovrapposizione dei 5 fonetogrammi, visibile in figura 13, si rileva infine che:

- la versione tedesca è l'unica in cui la

nota più acuta è chiaramente visibile;

- la versione spagnola si sviluppa su una melodia caratterizzata da valori sempre leggermente meno acuti delle altre versioni;
- le versioni francesi e italiane mostrano le macchie più definite intorno alle frequenze delle note;
- la versione italiana, nell'ambito dei singoli gruppi di suoni, ha le maggiori estensioni di intensità.

### 3.4.2. Soprano 2

Il Soprano 2 è una musicista professionista e cantante esperta con italiano L1, inglese L2, tedesco L3, lingue nelle quali ha effettuato le registrazioni.

Osservando i fonetogrammi delle sue esecuzioni si notano differenze significative rispetto ai fonetogrammi precedentemente descritti: oltre a differenziarsi, come vedremo, a seconda delle versioni, i grafici presentano dispersioni più concentrate e meno “cariche” di punti, grazie alle quali si distinguono sempre chiaramente i diversi blocchi di valori relativi alle varie note.

Nel fonetogramma della **versione inglese**, visibile nella figura 14a, si individuano alcune misurazioni anomale (a 124 Hz fra 68 e 71 dB, e a 146 Hz tra 58 e 65 dB), escluse le quali di hanno poi dieci distinti gruppi di punti che identificano in maniera piuttosto precisa la posizione di tutte le note cantate, a eccezione di **fa<sub>3</sub>**, che, cantata una sola volta, per la durata di 1/16 sulla sillaba

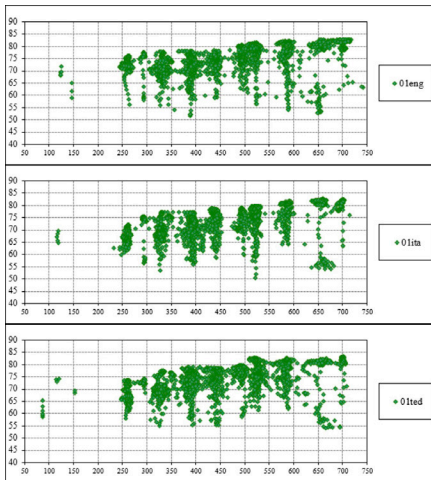


Figura 14: Fonetogrammi delle tre versioni di Soprano 2.

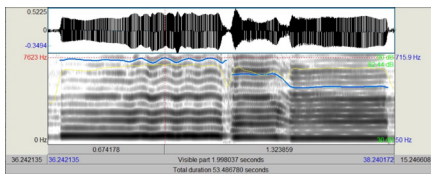


Figura 15: Oscillogramma, spettrogramma e curva di  $f_0$  sulla parola *heavenly* di Soprano 2, con l'evidente vibrato di  $\mathbf{fa}_4$  nella parte finale della prima sillaba.

-ven- di *heavenly*, presenta due soli campioni che si confondono nel gruppo di punti intorno a  $\mathbf{mi}_3$  (330 Hz).

Molto ben distanziato e definito, anche rispetto alle altre versioni, partendo da 54 dB di intensità ed estendendosi fino a 81 dB, si presenta qui il gruppo di valori che indica la nota alla frequenza media di 587 Hz ( $\mathbf{re}_4$ ). I punti verificati della nota  $\mathbf{mi}_4$ , alla frequenza tipica 659 Hz, riuniti in un gruppo concentrato a intensità compresa tra 78 e 82 dB, si uniscono in una macchia orizzontale,

con frequenze che si estendono fra 685 e 715 Hz, che include i campioni relativi alla nota  $\mathbf{fa}_4$ <sup>24</sup>. Centrata alla frequenza di 698 Hz, in virtù di quattro oscillazioni di vibrato (v. Fig. 15), quest'ultima presenta però valori che vanno da 677 a 716 Hz (richiedendo l'ampliamento della scala delle ascisse a 750 Hz).

Nel fonetogramma della **versione italiana**, *Astro del Ciel*, di Soprano 2 (14b), tutte le undici note della melodia sono facilmente identificabili<sup>25</sup>. Infatti, se si eccettua una parziale sovrapposizione tra le dispersioni di valori delle note  $\mathbf{mi}_3$  (330 Hz) e  $\mathbf{fa}_3$  (349 Hz) e, al contrario, una serie di valori dispersi intorno a 414 Hz, tra  $\mathbf{sol}_3$  (392 Hz) e  $\mathbf{la}_3$  (440 Hz), tutte le concentrazioni di

<sup>24</sup> Anticipiamo qui che un elemento apparentemente distintivo delle versioni di questa voce avrebbe potuto essere la macchia aggiuntiva che caratterizza la nota  $\mathbf{mi}_4$ , per la quale alcuni valori risultano dispersi ad es. nella versione inglese tra 53 e 65 dB. Tuttavia è stato possibile verificare che queste misure corrispondono a un riverbero che segue l'esecuzione della nota rispettivamente nelle sillabe *peace*, *-ti* di *menti* e *Rub*. In particolare negli ultimi due casi l'intensità rilevata è quella di un forte rumore d'ispirazione, mentre nel caso della prima corrisponde all'intensità della frizione di [s]. Ringrazio il comitato scientifico della rivista per avermi segnalato questo dettaglio, incoraggiandomi a verificarlo nei dati.

<sup>25</sup> Anche in questo caso, dopo attenta verifica, si è preferito lasciare nel grafico la serie di cinque punti anomali rilevati a circa 118 Hz (tra 64 e 68 dB) nella caduta di  $f_0$  che si verifica tra i primi due suoni vocalici di *agnello*, nel corso dell'articolazione di [ɲ].

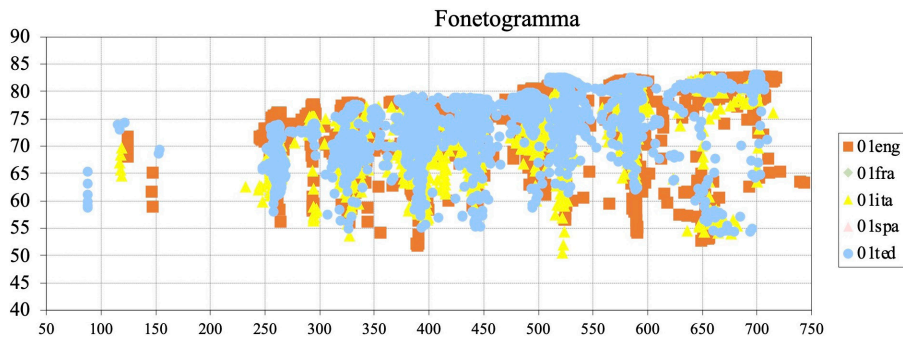


Figura 16: Fonetogrammi sovrapposti delle versioni inglese, italiana e tedesca di Soprano 2.

punti risultano ben centrate sui valori tipici delle diverse note. Di nuovo, però, la nota  $mi_4$  (659 Hz), cantata una sola volta, presenta 15 punti a bassa intensità fra 54 e 58 dB (v. n. 24) e una dispersione ovoidale che si distingue stavolta da quella della nota  $fa_4$  (698 Hz). Rispetto alla versione inglese, il vibrato che la contraddistingue si presenta più contenuto, con valori che si estendono tra i 691 e i 701 Hz di frequenza e i 78 e gli 81 dB di intensità.

Anche nel fonetogramma della **versione in tedesco**, *Stille Nacht*, di Soprano 2 (figura 14c) sono perfettamente identificabili tutte e undici le note della partitura dei soprani. A parte i falsi rilevamenti della parte sinistra del fonetogramma (a 87, 114 e 116 Hz) e la macchia spuria del  $mi_4$  (659 Hz) già discussa per le altre versioni (v. n. 24), questa versione si caratterizza per una serie di agglomerazioni di punti più legate fra loro da valori intermedi e per un vibrato più contenuto (come ben visibile ad es. dalla nota  $fa_4$  della prima sillaba di *himmlischer*, essen-

zialmente rappresentata da una piccola macchia ad alta intensità fra 80 e 82 dB, con frequenze tra 689 e 706 Hz).

Sovrapponendo i tre fonetogrammi, come si vede nella figura 16, il grafico con le dispersioni meno compatte risulta essere quello della versione in inglese che è anche quello coi valori più gravi e più acuti raggiunti con maggior intensità. Quello con il maggior numero di punti che “scivolano” lungo le basse intensità dalle agglomerazioni più dense è invece in molti casi quello italiano, laddove a fare da collante tra i suoni vocalici del testo ci siano consonanti sonore.

### 3.4.3 Soprano 3

Il Soprano 3, che in realtà presenta caratteristiche vocali da mezzosoprano, è una cantante professionista bilingue con italiano L2 e tedesco L3 e in queste due lingue ha effettuato le registrazioni.

I fonetogrammi basati su questi dati sono diversi dagli altri perché la curva di risposta del sistema di registrazione usato penalizza i suoni a bassa intensi-

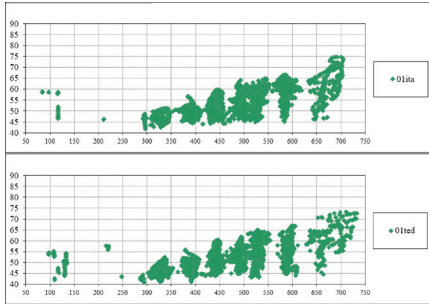


Figura 17: Fonetogrammi delle due versioni di *Soprano 3*.

tà, creando uno scarto rispetto a quelli di maggiore intensità che induce l'algoritmo di estrazione di valori usato dallo script a omettere diverse misurazioni: su entrambi i fonetogrammi delle versioni in italiano e in tedesco i suoni con frequenza 262 Hz (nota  $do_3$ ) non risultano campionati, essendo questa nota quella finale del brano cantata in modo particolarmente debole (con intensità stimata inferiore ai 40 dB)<sup>26</sup>.

Per quanto riguarda il fonetogramma della **versione in italiano** (figura 17a), oltre a mancare i rilevamenti corrispondenti al  $do_3$ , si nota una linea formata da suoni con intensità crescente da 41 a 75 dB, con concentrazioni di punti dense e abbastanza ben distinte l'una dall'altra, con valori più dispersi per i suoni che realizzano le note  $mi_4$  (659 Hz) e  $fa_4$  (698 Hz).

Il curioso disegno formato da diverse

linee che s'intrecciano nella parte destra del grafico dipende non solo dalla curva di risposta del microfono e da misurazioni interferite dal riverbero, ma da instabilità energetiche della voce che si presentano in fase di impostazione e decadimento delle singole vocali pronunciate in corrispondenza di queste note. Questo si può verificare ad es. nel crescendo locale che caratterizza la sillaba accentata di *dona* (centrata sui 698 Hz), su cui si produce poi il vibrato (nello stesso passaggio *Luce dona alle menti* questo accade anche per la prima sillaba di *menti*, su una nota centrata intorno a 523 Hz), e sulla sillaba accentata di *mite* (centrata sui 660 Hz) caratterizzata da un crescendo proprio sul vibrato.

Nel fonetogramma della **versione in tedesco**, *Stille Nacht*, visibile nella figura 17b, oltre a diversi punti anomali nella parte sinistra del fonetogramma, si nota subito anche una dispersione significativa anche nella parte destra del grafico. Anche questo fonetogramma, come quello della versione italiana, non presenta suoni campionati per la nota  $do_3$  (tranne i due punti sovrapposti a 248 Hz e 43 dB). Ma anche la nota  $re_3$  (294 Hz) e diverse altre presentano punti concentrati in piccole macchie con intensità piuttosto basse. Tuttavia, considerato che la relativa perdita di campioni riguarda soprattutto la transizione iniziale, le note più lunghe (con tenute maggiori) restano comunque

<sup>26</sup> Ciononostante anche in questo caso si presentano alcuni valori anomali nella parte sinistra del grafico.

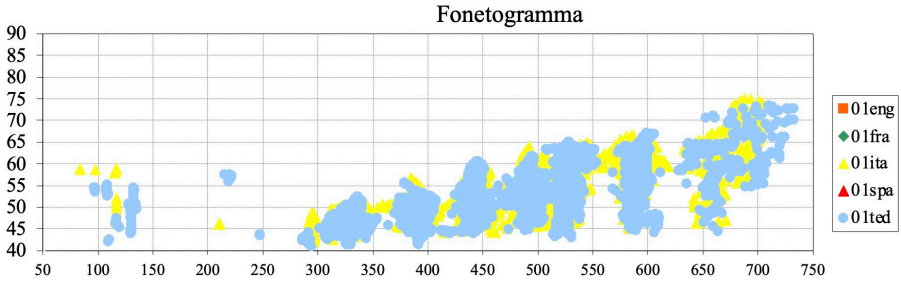


Figura 18: Fonetogrammi sovrapposti delle versioni italiana e tedesca di Soprano 3.

ben individuabili sul grafico. Quanto al  $mi_4$  e al  $fa_4$  valgono le considerazioni che abbiamo anticipato dettagliando la versione italiana. Si tratta di misure molto disperse, soprattutto nel caso della nota più acuta che presenta valori di molto superiori ai 698 Hz attesi, per via di un vibrato molto accentuato, associato però a un minor controllo dell'intensità (a cui contribuisce forse anche l'irregolarità della risposta microfonica).

Sovrapponendo i due fonetogrammi dei brani eseguiti dal Soprano 3, come si evidenzia nella figura 18, si nota che i suoni della versione italiana presentano una maggiore dispersione, tranne che sulla nota finale,  $fa_4$ , in corrispondenza della quale i campioni della versione tedesca, rilevati sulla prima sillaba della parola *himmlischer* presentano “scie” verso frequenze più acute rispetto a una relativa maggiore concentrazione di quelli rilevati sulla prima sillaba della parola *dona*.

#### 3.4.4. Soprano 4

Il Soprano 4 è una cantante amatoriale, con studi di canto alle spalle, plurilingue: italiano è la L1, inglese L2, francese L3 e tedesco L4. Ha registrato 3 brani in inglese, italiano e tedesco.

Osservando i suoi fonetogrammi, si nota che tutti, al contrario di quelli osservati al §3.4.3, presentano valori d'intensità generalmente maggiore, arrivando persino a 90 dB in alcuni punti. Nonostante ciò, in nessuno dei fonetogrammi sono presenti rilievi intorno a 698 Hz, cioè la frequenza corrispondente alla nota  $fa_3$  (che abbiamo già visto essere particolarmente difficile da rilevare con lo script utilizzato), ma stavolta anche nel caso della nota  $re_4$ , che ci saremmo aspettati di vedere rappresentata da punti intorno a 587 Hz e che invece non risulta mai campionata (se non nel corso di “scie” o con valori erratici).

Nel fonetogramma della **versione inglese** (figura 19a), i suoni partono da 235 Hz e 72 dB e all'aumentare della frequenza presentano un graduale aumento d'intensità, disperdendosi tuttavia in concentrazioni disposte verticalmen-

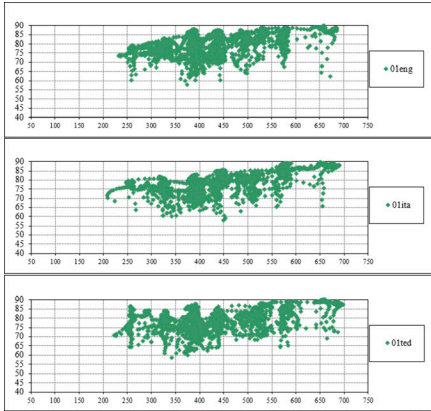


Figura 19: Fonetogrammi delle tre versioni di Soprano 4.

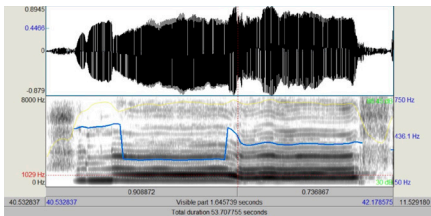


Figura 20: Oscillogramma, spettrogramma e curva di  $f_0$  sulla parola Schlaf di Soprano 4, con l'evidente salto d'ottava commesso dall' algoritmo di estrazione di  $f_0$  in corrispondenza della prima nota di Schlaf e l'irregolare variazione di ampiezza nella transizione alla seconda nota (da  $do_4$  a  $sol_3$ ), ma con "scie" di collegamento che spesso s'incrociano trasversalmente con valori d'intensità relativamente più bassi

(evidentemente a causa di transizioni da una nota all'altra che avvengono nel corso di suoni sonori sui quali si verifica una variazione di frequenza, come nel caso di [m] di *calm* e nella transizione tra [n] e [ə] di *tender*). Il fonetogramma termina in alto a destra con una macchia che presenta uno sviluppo all'incirca orizzontale, con intensità molto alte che arrivano a 89 dB, nella quale si congiungono i campioni della nota  $mi_4$  (659 Hz) e la maggior parte dei campioni della nota  $fa_4$  (fino a 685 Hz e 88 dB), mancando i punti che avrebbero rappresentato il suo valore centrale di 698 Hz.

Nel fonetogramma della **versione italiana** (figura 19b), i primi punti rilevati riguardano una "scia" che parte da 207 Hz per arrivare alla frequenza centrale della nota  $do_3$  (di 262 Hz) concentrandosi in una macchia con intensità fra 74 e 78 dB. La scia è dovuta al crescendo di frequenza che si presenta nel corso dell'articolazione di [w] di *cuor* (ultima parola dell'intero testo, su cui si localizza la nota più grave). Anche la nota che si trova subito a destra ( $re_3$  a 294 Hz), è individuata meglio che nella versione

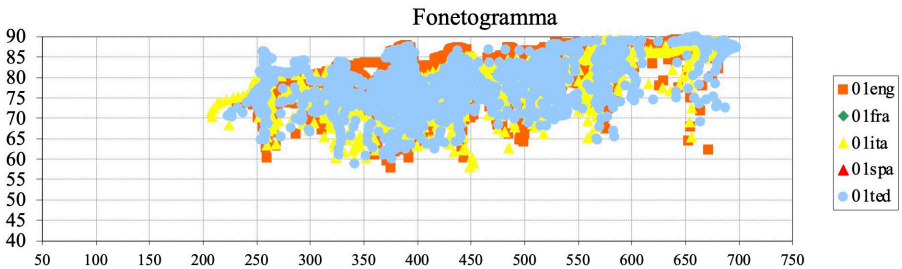


Figura 21: Fonetogrammi sovrapposti delle tre versioni di Soprano 4.



precedente, ma con valori d'intensità più bassi (da 74 a 77 dB vs. gli 80 dB della versione inglese). La differenza tra le due versioni è ancora più evidente nel caso della nota **sol**<sub>3</sub> (392 Hz), cantata 11 volte dai soprani (con 49 campioni nel grafico) e individuata in italiano da massimi che si concentrano intorno a 82 dB (vs. gli 87 dB della versione inglese). Lo stesso si verifica poi anche per il gruppo di punti che individua il **do**<sub>4</sub> (523 Hz), con una dispersione frastagliata a circa 83 dB dalla quale non emergono i massimi a 85 dB osservabili nel grafico precedente e in quello seguente.

Il fonetogramma della **versione in tedesco** (figura 19c) somiglia di più a quello inglese, ma presenta massimi maggiori per le note più gravi. Occorre però rilevare che i valori più intensi osservabili in corrispondenza di **do**<sub>3</sub> (a circa 262 Hz) sono in realtà il risultato di false misurazioni scalate un'ottava più in basso della prima nota **do**<sub>4</sub> di *Schlaf* nella transizione verso il **sol**<sub>3</sub> della seconda parte della vocale (lunga) di questa parola, cui corrisponde un registro ambiguo (ai limiti della diplofonia) e a cui si associano anche un inatteso *passaggio* (v. fig. 20) e valori di **sol**<sub>3</sub> intorno a 370-380 Hz, al di sotto della frequenza attesa (392 Hz; cfr. propinquinanza verso sinistra del quarto blocco di punti in fig. 19c)<sup>27</sup>.

L'insieme di queste osservazioni è ul-

<sup>27</sup> Anche in questo caso, ringraziamo uno dei revisori di questo lavoro che ha avuto l'accortezza di verificare questa complessa dinamica.

teriormente verificabile in fig. 21.

### 3.4.5. Soprano 5

Il Soprano 5 è una cantante e musicista amatoriale, con studi formali di musica, parlante italiana L1, con inglese L2 e tedesco L3; ha registrato in queste tre lingue il brano.

Nel fonetogramma della **versione inglese**, in figura 22a, i punti rilevati si dispongono partendo da sinistra a 212 Hz e 55 dB, formando una linea curva che si unisce alla prima macchia intorno ai 262 Hz, corrispondente alla nota **do**<sub>3</sub> che si estende da 53 a 67 dB. A destra di questa, è visibile una macchia sonora molto più piccola, al cui interno si trovano i campioni con frequenza intorno a 294 Hz, ovvero la nota **re**<sub>3</sub>, che risulta più definita che nelle altre due versioni. Le concentrazioni successive si estendono con intensità crescenti fino a stabilizzarsi (partendo dal **la**<sub>3</sub>, a

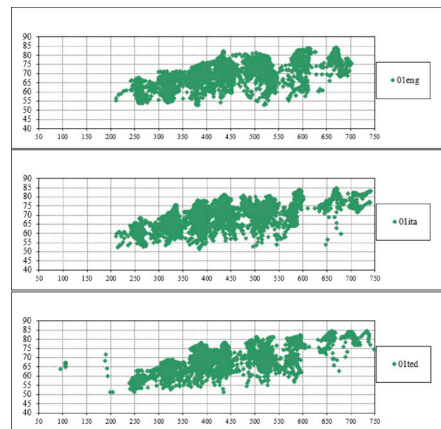


Figura 22: Fonetogrammi delle tre versioni di Soprano 5.



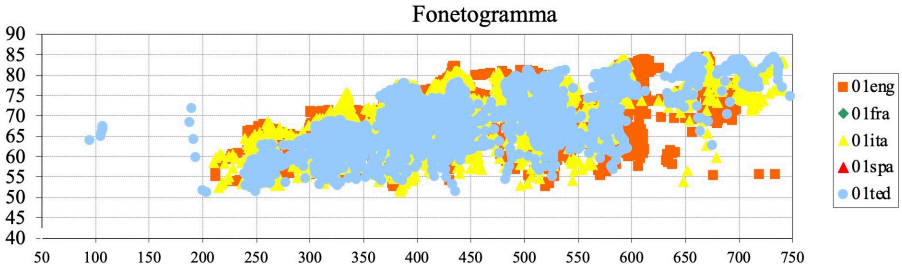


Figura 23: Fonetogrammi sovrapposti delle tre versioni di Soprano 5.

440 Hz) su massimi tra 81 e 83 dB (con un picco sul **mi**<sub>4</sub>) e valori inferiori sulla nota più acuta (**fa**<sub>4</sub>) rappresentata da un piccolo gruppo di valori a circa 693 Hz (poco sotto gli attesi 698 Hz) e massimo d'intensità a 77 dB.

Nel fonetogramma della **versione italiana**, rappresentato nella figura 22b, sono presenti alcune “scie” inattese prima del **do**<sub>3</sub> (262 Hz) e al di sopra dei 698 Hz del **fa**<sub>4</sub> a destra, verso l'alto. Rispetto alla versione in inglese alcune concentrazioni presentano massimi più definiti e con intensità maggiori, come ad es. quello del **do**<sub>4</sub> centrato sui suoi 523 Hz, ma è notevole anche la concentrazione sotto i 600 Hz corrispondente alla nota **re**<sub>4</sub> (587 Hz), con punti da 54 dB a 83 dB, che invece nella versione inglese si presenta dispersa anche sopra i 600 Hz. Anche il **mi**<sub>4</sub> si presenta con punti disposti disordinatamente con intensità intorno a 75 dB e valori di frequenza ancora al di sotto dei 659 Hz attesi che poi vengono superati all'aumentare dell'intensità verso gli 85 dB (raggiungendo gli stessi massimi delle versioni inglese e tedesca), distinguendosi comunque dal gruppo

dei campioni del **fa**<sub>4</sub> descritti sopra.

Nel fonetogramma della **versione tedesca**, visibile nella figura 22c, superate alcune misure anomale, si osservano gruppi di punti relativamente ben concentrati e con intensità inferiori (per via delle qualità intrinseche del suono [u] di *Ruh*) che raggiungono valori simili a quelli delle altre versioni visibili nel grafico in alto a destra. Qui la nota **fa**<sub>4</sub> si assesta su massimi di intensità, ma con valori di frequenza superiori a 700 Hz e con una scia associata a un vibrato che si allinea in fase con un'oscillazione di intensità.

Confrontando i fonetogrammi, come si vede nella figura 23 appare un certo sfasamento in frequenza che porta la versione inglese a disperdere punti con valori di frequenza spesso più alti (come risulta evidente nel caso del **re**<sub>4</sub> che 587 Hz sale diffusamente sopra i 600 Hz), come anche talvolta la versione italiana rispetto alla tedesca, lasciando emergere per questa voce, più che per le altre, una minore intonazione che può presentarsi per effetto dell'ordine di esecuzione.

#### 4. Conclusioni

Dopo aver analizzato tutti i fonetogrammi ottenuti dalle registrazioni, è il momento di ripercorrere gli effetti evidenziati dalle diverse versioni in relazione alle frequenze e alle intensità dei suoni ottenuti per ogni lingua e aggiungere qualche ulteriore commento.

#### 4.1. *Discussione dei dati delle singole voci*

##### 4.1.1. *Basso 1*

Il Basso 1 ha prodotto tre fonetogrammi piuttosto simili, con fasce allungate sull'asse verticale: ciò significa che le note (tutte distinguibili) avevano una durata sufficiente per raccogliere un buon numero di campioni anche nel corso di variazioni di intensità significative dal piano al forte.

Nella versione italiana, l'individuazione delle note sul fonetogramma è risultata più precisa, soprattutto nel registro più acuto e con i suoni di maggiore intensità.

Al contrario, nel tedesco, le singole note sono state maggiormente distinguibili nei suoni meno forti e più confuse nei forti. Infatti, sull'asse delle ascisse (corrispondenti alle frequenze, misurate in Hz) nei suoni con maggior intensità aumenta il vibrato della voce e la quantità di suoni emessi con frequenze diverse, anche distanti dalla frequenza della nota di riferimento.

La versione italiana è quella in cui il Basso 1 ha prodotto, in media, suoni con maggiore intensità, a eccezione della nota  $\text{sol}_2$  (quindi verso il registro

più acuto della voce di basso) che risulta rappresentata da un maggior numero di campioni nella zona di maggiore intensità, almeno nella versione in inglese.

##### 4.1.2. *Tenore 1*

I fonetogrammi realizzati dalle registrazioni del Tenore 1 sono stati i più complessi da analizzare, in quanto gli spazi di intervallo fra nota e nota erano meno evidenti. Il fraseggio della voce del tenore ha una dinamica maggiore rispetto al basso e in tutti i fonetogrammi si riflette in un esteso *continuum* sonoro, entro cui si trovano anche le frequenze principali delle note del brano.

Nella versione in inglese, i gruppi di suoni in prossimità delle frequenze delle note cantate sono meglio definiti, con fasce a volte più nette e a volte meno. Dal punto di vista dell'intensità è sempre l'inglese la versione che ha registrato suoni di intensità maggiore. La versione francese risulta essere quella con i suoni meno identificabili, mentre quella italiana presenta minori estensioni di intensità e di frequenza nei suoni campionati.

##### 4.1.3. *Tenore 2*

Il Tenore 2 in entrambi i fonetogrammi presenta molto vibrato causando dispersioni dei campioni delle note che spesso si sovrappongono.

Nella versione francese abbiamo osservato una maggiore variazione

di frequenza che si riflette anche nei contorni più frastagliati delle agglomerazioni di punti rispetto a quelle della versione italiana. Sempre la versione francese mostra suoni leggermente più spostati a destra di quella italiana, tranne che per le note **mi<sub>3</sub>** e **fa<sub>3</sub>**.

#### 4.1.4. Contralto 1

Le registrazioni del Contralto 1 sono quelle con maggiori differenze fra una lingua e l'altra dal punto di vista quantitativo.

Nella versione inglese molte note non sono identificabili graficamente, in quanto si perdono in un *continuum* sonoro con dispersioni ampie delle note cantate nel brano.

Nell'italiano si ha una maggiore estensione dell'intensità, rispetto all'inglese e al francese. Nel fonetogramma in italiano le note sono meglio definite rispetto alle versioni in inglese e francese.

#### 4.1.5. Contralto 2

I fonetogrammi del Contralto 2 hanno molte zone di *continuum* sonoro, cioè non tutte le note cantate sono distinguibili graficamente, spesso per via del vibrato che porta a considerevoli sovrapposizioni soprattutto delle note a distanza di un solo semitono.

Appare però molto evidente la maggiore intensità dei suoni del brano in inglese. Si nota anche, in una maniera simile a quella del Contralto 1 che nel-

la versione italiana le note sono meglio distinguibili le une dalle altre. Inoltre, sempre nella versione italiana, vi è una maggiore estensione della dispersione complessiva in relazione all'intensità dei suoni.

#### 4.1.6. Soprano 1

Tutte le note del Soprano 1 hanno molto vibrato e, dalla forma molto irregolare delle agglomerazioni di punti intorno alle note si può dedurre che non abbiano avuto omogeneità nell'emissione, soprattutto a livello di intensità. Ma quasi tutte le note sono state identificabili.

Nella versione inglese del Soprano 1 le note **si<sub>3</sub>** e **do<sub>4</sub>** risultano avere molto vibrato e quindi formano un'unica macchia e la nota **fa<sub>4</sub>**, benché cantata e registrata, non risulta nel campionamento. La versione tedesca è l'unica in cui la nota più acuta è chiaramente visibile (va però ricordato un unico campione a 697 Hz in italiano). La versione spagnola, meno precisa dal punto dell'intonazione, risulta essere quella con campioni meno acuti rispetto alle altre versioni, mentre la versione francese, e quella italiana mostrano le concentrazioni più definite intorno alle frequenze delle note.

#### 4.1.7. Soprano 2

Il Soprano 2 è una delle voci professionali che hanno partecipato alla ricerca. Tutti i suoi fonetogrammi mo-

strano punti ben raggruppati intorno alle frequenze principali delle note con una distribuzione contenuta anche in termini di intensità.

Nel fonetogramma della versione italiana e di quella tedesca, tutte le note cantate sono ben distinguibili, ma nella versione italiana il vibrato è più contenuto e i gruppi sonori sono più distanziati. Nella versione inglese invece solo dieci gruppi di punti visibili, con i campioni di **mi**<sub>4</sub> e **fa**<sub>4</sub> sovrapposti e con campioni generalmente localizzati nella parte alta del fonetogramma in zone di maggiore intensità (soprattutto nella versione tedesca).

#### *4.1.8. Soprano 3*

Il Soprano 3 è l'altra voce professionale, femminile, della ricerca. In realtà la sua voce ha le caratteristiche del mezzosoprano; probabilmente per questa ragione i suoi fonetogrammi per quanto riguarda l'intensità sono posizionati più in basso sull'asse delle ordinate.

Sia nel fonetogramma in italiano che in quello tedesco non sono visibili i suoni con frequenza 262 Hz (nota **do**<sub>3</sub>) a causa del fatto che l'intensità di questa nota, nel finale di brano, è leggermente inferiore rispetto alle altre note. I campioni della versione italiana risultano però leggermente spostati verso destra, tranne che sulla nota finale, **fa**<sub>4</sub>, dove i campioni della versione in tedesco, cantati sulla prima sillaba della parola *himmlischer* risultano più

acuti rispetto a quelli italiani, cantati sulla prima sillaba della parola *dona*. Anche in termini di intensità, è la versione tedesca quella che presenta maggiore estensione nel fonetogramma.

#### *4.1.9 Soprano 4*

Osservando i suoi fonetogrammi, si nota che i suoni del canto, in tutte le versioni, hanno molto volume; infatti, vi sono punti in cui l'intensità arriva a 90 dB. Inoltre, pur con alcune differenze in tutte le versioni, ci sono molti campioni a frequenze diverse, ovvero sia molte variazioni di frequenza. Purtroppo, in nessuno dei fonetogrammi sono presenti suoni con frequenza a 698 Hz, corrispondente alla nota **fa**<sub>3</sub>. Si evidenziano invece molto bene le differenze della versione in tedesco che, nelle note più acute, risulta spostata verso destra (i gruppi di punti presentano generalmente frequenze più alte).

Le versioni inglese e tedesca hanno, in media, suoni con maggior intensità. La versione in italiano, simile a quella in inglese, ha però macchie più uniformi e meno punti isolati sparsi. Per quanto riguarda l'intensità è infine la versione tedesca a mostrare le maggiori dispersioni.

#### *4.1.10. Soprano 5*

In tutti e tre i fonetogrammi del Soprano 5 si nota molto vibrato ma, nonostante ciò, tutte le note sono indivi-

duabili in gruppi sonori ben separati. Le macchie sonore intorno alle note cantate della versione italiana appaiono più compatte e maggiormente distinte fra loro rispetto a quelle della versione inglese e tedesca. Come mostrato, è questo il caso che più di tutti presenta uno sfasamento frequenziale tra le versioni, possibile effetto di una progressiva minore intonazione forse dovuta all'ordine di esecuzione dei brani nelle tre lingue.

#### 4.2. *Tentativo di sintesi*

Lo scopo di questo studio era quello di analizzare il campo vocale di alcuni cantanti professionisti, valutando l'incidenza del testo cantato e le potenzialità di emissione della voce in termini di intensità e di frequenza in relazione all'utilizzo di lingue diverse.

Secondo Dromey, Carter e Hopkin (2003) le “voci più belle” hanno un vibrato costante e regolare, ma non troppo esteso; pertanto, la regolarità delle vibrazioni e la “leggibilità” delle stesse (indice quindi di un vibrato non eccessivo) sono state fra gli elementi più osservati.

Si riportano pertanto, qui di seguito, le conclusioni principali di questo lavoro.

Nei fonetogrammi del Basso 1, Contralto 1, Contralto 2, Soprano 1, Soprano 2, Soprano 3, Soprano 4, Soprano 5, ovvero di otto cantati su dieci, il fonetogramma della versione italiana risulta più “leggibile” in termini di fre-

quenza. Quindi il vibrato intorno alle frequenze fondamentali delle note è in tutti questi esempi – pur tenendo conto delle differenze già espresse in precedenza – più contenuto rispetto alle versioni nelle altre lingue. Di questi 8 cantanti, 7 sono di madrelingua italiana e una inglese.

Nel Tenore 1 il fonetogramma più “leggibile” è quello in inglese, mentre nel caso del Tenore 2 non c'è grande differenza fra il francese e l'italiano.

In termini di intensità, 5 fonetogrammi in italiano (Basso 1, Contralto 1, Contralto 2, Soprano 1 e Soprano 5) hanno mostrato una maggior dispersione; 3 in tedesco (Soprano 2, Soprano 3 e Soprano 4) e uno solo in inglese (Tenore 1); anche in questo caso, per il Tenore 2 non vi è molta differenza fra le due versioni.

C'è una correlazione, che coinvolge 5 soggetti su 9, fra la maggior ampiezza della dispersione di valori in termini di intensità e la maggiore regolarità, accompagnata da una minore estensione del vibrato intorno alle frequenze delle note fondamentali.

Sempre in termini di intensità è l'inglese, con 4 cantanti, a essere la lingua che raggiunge le intensità maggiori, seguita dal tedesco; mentre l'italiano in 4 casi è la lingua in cui i suoni mediamente hanno minore intensità.

Le risposte ai quesiti iniziali hanno trovato, dunque, un riscontro: effettivamente, sulla base dei dati raccolti,

nelle registrazioni analizzate vi sono state delle variazioni in termini di frequenza e intensità che si sono presentate al variare della lingua, ma non al variare della melodia. Si sono evidenziate anche delle corrispondenze abbastanza significative: quella fra un vibrato più controllato e una minore sovrapposizione tra le concentrazioni di campioni.

Come in ogni ricerca, le prime risposte aprono a quesiti successivi, infatti in questo ambito non è stato possibile analizzare quali sono le ragioni che hanno determinato queste variazioni di caratteristiche. Potrebbero esse dipendere senz'altro del materiale segmentale che costituisce i testi nelle diverse lingue, ma forse anche dalla diversità di sillabazione delle parole in relazione alle note e alle figure musicali. Può darsi che una maggiore articolazione del testo, che segue l'articolazione della partitura faciliti il controllo del vibrato. Si tratta di ipotesi e nuovi quesiti aperti che, molto probabilmente, una successiva ricerca potrebbe chiarire.

## Bibliografia

- Albera R. (2018) *Orecchio e musica. Come il nostro orecchio percepisce la musica e come la musica ne è condizionata*, Milano: Minerva Medica.
- Bonomi I. (1998) *Il dolce idioma - L'italiano lingua per la musica*, Roma: Bulzoni.
- Brancacci A. (a cura di) (2019) *Musica e Parola da Platone a Adorno*, Milano: Mimesis.
- Colonna V. & Romano A. (2020) "Claudia Ruggeri: voce con canto", *Bollettino del Laboratorio di Fonetica Sperimentale «Arturo Genre»*, 6, 45-59.
- Cornut G. (2002) *Moyens d'investigation et pédagogie de la voix chantée*. Paris: Symétrie.
- De Candè R. (1961) *Dizionario di musica*. Milano: Bompiani,
- De Colle, W., Spiller, R. & Nicoletti, M. (2003) Correlazione fra valutazione percettiva della voce e parametri vocaligrafici: studio preliminare, in P. Cosi, E. Magno Caldognetto & A. Zamboni (a cura di), *Voce Canto Parlato*, Padova: Unipress, 101-108.
- Dromey C., Carter N. & Hopkin H. (2003) Vibrato Rate Adjustment, *Journal of Voice*, 17(2), 168-178.
- Fussi F. (2000-2011) *La voce del cantante. Saggi di foniatra artistica* (7 voll.). Torino: Omega.
- Henrich Bernardoni N. (2021) La voce umana, dal respiro al canto, *Bollettino del Laboratorio di Fonetica Sperimentale «Arturo Genre»*, 7, 43-57.
- Juvarra A. (2015) *Il canto e le sue tecniche*. Milano: Ricordi.
- Karoly O. (1965) *La grammatica della musica*, Torino: Einaudi.
- Maturi P. (2006) *I suoni delle lingue, i suoni dell'italiano*, Bologna: Il Mulino.
- Pamies Bertrán A. (2010) "Quelques malentendus à propos du concept de rythme en Linguistique?". In: M. Rus-

so (a cura di), *Prosodic Universals. Comparative Studies in Rhythmic Modeling and Rhythm Typology*, Roma: Aracne, 227-263.

Patel Aniruddh D. (2010) *Music, language, and the brain*. Oxford: Oxford University Press (ed. it. *La musica, il linguaggio e il cervello*, Roma: Giovanni Fioriti, 2014).

Righini P. (1994) *L'acustica per il musicista – Fondamenti fisici della musica*, Milano: Ricordi.

Romano A. (2009) *Inventari sonori delle lingue*. Alessandria: Dell'Orso.

Romano A. (2021) Carmelo Bene: voci dall'Amleto 1974, *Bollettino del LFSAG*, 8, 35-41.

Romano A., Cesari U., Mignano M., Schindler O. & Vernerio I. (2012) *Voice Quality / La qualità della voce*. In: A. Paoloni & M. Falcone (a cura di), *La voce nelle applicazioni*, Roma: Bulzoni, 75

(art. CD 35 pp.).

Romano A., De Iacovo V., Strangis D. & Roatta S. (2022) Primi rilievi EGG sulla voce cantata. *Bollettino LFSAG*, 9, 33-46.

Romano A. & Miletto A. (2017) *Argomenti scelti di glottologia e linguistica*, Torino: Omega (1<sup>a</sup> ed. 2010).

Schindler O. (2009) *La voce: fisiologia, patologia clinica e terapia*. Padova: Piccin.

Schindler O. & Mari N. (1986) *Il canto come tecnica, la foniatria come arte*. Milano: Zanibon.

Uberti M. (2005) *Acustica della voce*, in Cingolani S. e Spagnolo R. (a cura di), *Acustica musicale e architettonica*, Torino: Utet.

Volli U. (2010) *Il nuovo libro della comunicazione. Che cosa significa comunicare: idee, tecnologie, strumenti, modelli*. Milano: Il Saggiatore.