

In: G. Marotta & Nadia Nocchi (acd) (2003). *La coarticolazione*. Pisa, ETS, 321-329.

**Atti delle XIII Giornate di Studio del G.F.S.**

Pisa, 28-30 Novembre 2002

## **CARATTERISTICHE ACUSTICHE DELLE FRICATIVE DELLO SVEDESE: UNO STUDIO DELLE TRANSIZIONI FORMANTICHE IN CONTESTO VCV\***

Ludovica De Sio<sup>1</sup> - Antonio Romano<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Loquendo - Vocal Technology and Services S.p.A., Torino*

<sup>2</sup> *Università degli Studi di Torino*

### **1. INTRODUZIONE**

Nell'ambito della costituzione di un sistema di sintesi vocale da testo scritto della lingua svedese<sup>1</sup>, e in particolare durante una prima fase di ricognizione, abbiamo constatato che diversi argomenti meritavano una sistematizzazione schematica necessaria ai fini operativi. Tra gli argomenti che hanno richiesto una riflessione particolare, si sono imposti quelli relativi a un'esatta comprensione del sistema accentuale e a una descrizione più accurata del sistema vocalico - il quale conta 19 vocali (23 se si considerano alcuni importanti allofoni). Oltre a questi aspetti, ai quali è dedicata una ricca bibliografia, è stato necessario descrivere - in maniera coerente e con un minimo approfondimento fonetico - la complessa categoria di suoni costituita dalle fricative.

Nonostante la ricchezza di lavori (da Fant [15] a Engstrand [9], a Elert [8]) riguardanti questa lingua e la presenza nel mondo scientifico internazionale di eminenti fonetisti di origine svedese, abbiamo constatato, tra il materiale raccolto durante la fase di ricerca bibliografica, alcune persistenti oscillazioni nella rappresentazione di alcune classi di suoni. In particolare, abbiamo riscontrato numerose incertezze descrittive riguardanti le caratteristiche articolatorie e la variabilità contestuale delle fricative. Abbiamo quindi deciso di studiare le caratteristiche acustiche di questa serie di consonanti dello svedese e alcuni aspetti del loro comportamento in diverse condizioni di coarticolazione, sulla scia di quanto discusso da Öhman [27] per le occlusive.

### **2. MATERIALI**

Dati gli obiettivi pratici dello studio, era necessario rivolgersi ad un sistema coerente che non tenesse conto della variabilità dialettale, a cui la bibliografia fa spesso riferimento. Abbiamo quindi considerato la varietà di prestigio (*Rikssvenska*), scelta indispensabile ai fini di ottenere un parlato standard di riferimento.

Per testare la distintività a livello acustico delle principali realizzazioni fricative che sembrano produrre più casi di variabilità, sono stati presi in esame due *corpora*: il primo è composto da 112 logatomi (in due ripetizioni da 56 ciascuna), i quali sono stati ottenuti dalla combinazione delle 7 fricative che si volevano testare ([f s ç ŋ ʃ] + [ʃ ç] in parole di origine straniera, associate quindi a 7 ortografie "tipiche" diverse: *f, s, tj, sj, rs, + sh, ch*<sup>2</sup>)

---

\*Sebbene l'articolo sia nato da un'idea comune dei due autori e i §§ 1, 4 e 7 siano stati oggetto di una redazione congiunta, sono attribuiti a ciascuno dei due autori singolarmente: i §§2-3 a L. De Sio e i §§5-6 ad A. Romano.

<sup>1</sup> Una versione demo è ora disponibile alla pagina <http://actor.loquendo.com>

<sup>2</sup> Non mancano però naturalmente casi di allografia. Ad es. al fonema /f/ possono corrispondere le seguenti grafie tradizionali: *sj* (*sjö* 'lago'), *skj* (*skjuta* 'sparare'), *stj* (*stjärna* 'stella'), *sk* (*i, e, ä, ö...*) (*kanske* 'forse'), e spesso anche numerose altre grafie presenti in prestiti da lingue straniere, *sch* (*dusch* 'doccia'), *si(o)* (*explosion* 'esplosione'), *ti(o)* (*station* 'stazione'), *ch* (*chans* 'possibilità'), *sh*

con 8 vocali del complesso sistema vocalico svedese (/i e ø ε a o u ʉ/). Il secondo è un *corpus* foneticamente bilanciato di più di 2000 frasi, messo a punto da uno degli autori (LDS) e da un consulente madrelingua (ST), lette in maniera professionale e disinvolta, che costituisce la base dati acustica della voce “Annika” del sistema di sintesi vocale *LoquendoTTS*.

Le acquisizioni sono state effettuate presso lo studio di registrazione professionale Micstudio di Stoccolma, e il materiale è stato digitalizzato direttamente a 16 bit con frequenza di campionamento di 44100 Hz (per conservare la minima ampiezza di banda necessaria per analizzare in maniera soddisfacente la configurazione spettrale di alcune fricative come [f]). La speaker SVG di Stoccolma, la cui età si aggirava attorno ai 30 anni al momento della registrazione, ha prodotto ogni logotomo due volte, allungando le vocali prima e dopo la fricativa (si vedano i contesti studiati in [27]).

### 3. TRATTAMENTI

Tutti i campioni audio sono stati trattati con gli strumenti grafici interattivi *Wasp*, *Cool Edit*, *Praat* e *Matlab*. All'interno del corpus *VCV*, nel tentativo di individuare dei *loci* distinti, è stata misurata la posizione della seconda formante ogni 40 ms da  $V_1||C$  indietro e da  $C||V_2$  in avanti su sonagrammi e sezioni spettrali (al momento, solo i logotomi relativi alle tre vocali /i a u/ sono stati analizzati estensivamente). I *loci* sono stati ricostruiti manualmente e su foglio elettronico, per ciascuno dei luoghi articolatori teoricamente sfruttati (con le stesse strategie utilizzate da [5], [6], e da tutti gli altri autori che si sono occupati dei *loci* delle occlusive, v. anche [17] e [2]). Come metodo alternativo per il loro ottenimento, si è fatto ricorso anche alla determinazione delle equazioni dei *loci*.

Un'occasione di verifica di questi aspetti di variabilità temporale delle articolazioni, è stato l'aver potuto lavorare sul *corpus* foneticamente bilanciato di circa 2000 frasi, registrate dalla stessa parlante; a questo scopo, si sono rivelate particolarmente utili le fricative presenti in un campione di circa 30 frasi selezionate come rappresentative.

Di tutte le fricative analizzate è stato poi valutato lo spettro di rumore (analizzato con tecniche FFT e LPC, v. §§ 4 e 5) con particolare attenzione alla sua variabilità temporale.

### 4. FRICATIVE DELLO SVEDESE

Tradizionalmente (anche se non tutti gli autori consultati concordano sull'interpretazione di alcuni fenomeni fonologici più o meno periferici), il sistema delle fricative dello svedese di riferimento prevede il ricorso a 6 fricative sorde distinte<sup>3</sup>, articolate in luoghi e modi diversi<sup>4</sup>: una labiodentale /f/, una alveodentale /s/, le realizzazioni dominanti dello *sj-ljud* e dello *tj-ljud* (definite in [9] rispettivamente dorso-palatale/velare e alveolo-

---

(*sherry* 'sherry'), *sc(i)* (*fascinerande* 'affascinante'), *j* (*journalist* 'giornalista'), *g(e)* (*plantage* 'piantagione').

<sup>3</sup> Secondo Ladefoged & Maddieson (1996): “Swedish has four phonologically distinct fricative gestures. The contrasting sounds are sometimes symbolized **f**, **s**, **ç**, **ʃ**; in addition, in Standard Swedish, there is a retroflex fricative **ʂ**, which is, phonologically, the sequence /rs/” ([22], p. 171). A queste bisognerebbe naturalmente aggiungere la fricativa laringale sorda /h/, spesso realizzata come approssimante (più comunemente sonora [ɦ]; sorda [h] solo quando iniziale assoluta o preceduta da consonante sorda).

<sup>4</sup> Oltre alle 6 fricative sorde da noi prese in considerazione, il sistema prevede anche 2 fricative sonore: la labiodentale /v/ e la palatale /j/, quest'ultima solitamente diversa, nelle sue realizzazioni, dall'approssimante palatale [j] tipica di altre lingue europee, che qui non considereremo. A queste bisognerebbe anche aggiungere le frequenti realizzazioni fricative di /ɹ/.

palatale<sup>5</sup>) e una laringale /h/; a queste si aggiunge la realizzazione fonetica del *cluster* /rs/, che corrisponde a un suono retroflesso, da tutti ritenuto un importante allofono, al punto da essere utilizzato sistematicamente nei dizionari di pronuncia ([19]; v. anche [30] e [18])<sup>6</sup>.

Altre fricative potenzialmente distinte, ma difficilmente opponibili fonologicamente, apparirebbero nella pronuncia di parole straniere, in particolare la postalveolare [ʃ], definita da Elert [8] come “*Europeiskt*” *sj-ljud*, e la pronuncia dell'*ich-Laut* tedesco, in molti casi distinto dalle realizzazioni native dello /ç/<sup>7</sup>.

## 5. DATI ARTICOLATORI E CORRISPONDENZE ACUSTICHE

Si riportano a titolo d'esempio nella Tabella I, le descrizioni articolatorie di alcune realizzazioni fricative di più difficile definizione: quelle associate allo *tj-ljud* e allo *sj-ljud*. Si tratta di due suoni sconosciuti agli italofofoni, a cui sono solitamente riservate definizioni diverse e controverse in letteratura.

	/ç/	/ʃ/
Engstrand (1999)	ç alveolo-palatale	ʃ dorso-palatale/velare
Canepari (1983)*	ç costr. piatta palatolabiale	ʃ costrittiva solcata postalveo-velare
Wells (1995)** [trad. nostra]	C (palatale)	S front / back allophones (postalveolare)
Elert (1997) [trad. nostra]	ç palatale anteriore	1) posteriore ʃ 2) anteriore ç
Elert (2000) [trad. nostra (dallo sv. all'ingl. ST)]	ç palatale anteriore	ʃ velare: ʃ <sup>f</sup> labiodentale velarizzata (Centro-Sud) ʃ <sup>x</sup> velare con vibrazioni irregolari (Skåne)
Haglund (1997)	ç palatale	1) ʃ velare (dorso) 2) ʃ palatoalveolare (apice) [con caratteristiche di labialità]
Lindblad (1980) [da [22], trad. nostra]	predorsoalveolare (con varianti palatali simili a ç)	1) labiodent. velare o velarizzata [“highly rounded”] 2) dorsovelare (con vibrazioni [irregolari alla costrizione])
Ladefoged & Maddieson (1996) [trad. nostra]	postalveolare palatalizzata	1) con frizione labiodentale 2) più avanzata di x e con minor frizione

\* Si noti che ç ≠ ç ≠ ç e che ʃ ≠ ʃ ≠ ʃ

\*\* Sulla base delle definizioni alla pagina <http://www.phon.ucl.ac.uk/home/sampa/home.htm>

**Tabella I:** Simboli e definizioni articolatorie adottate per i due fonemi /ç/ e /ʃ/ (fric. sorde).

Guardando i dati articolatori riportati in [11] (p. 298) e [12] (p. 22), si possono constatare articolazioni alveolari-palatali per /ç/ e labiali-velari per /ʃ/, mentre nel caso di [ʃ] sembrerebbe trattarsi più che altro di articolazioni di tipo alveolare (con abbassamento e

<sup>5</sup> Per Elert (2000), invece, che fa distinzioni molto più fini, si tratta rispettivamente di palato-alveolari/velari, a volte persino retroflesse, e di semplici palatali.

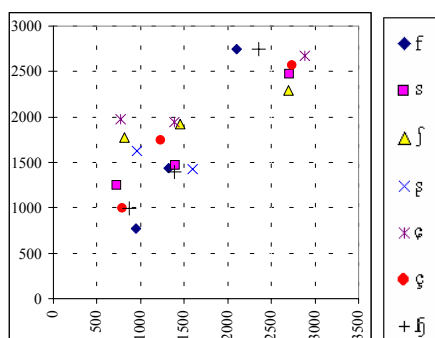
<sup>6</sup> Esempi delle realizzazioni di queste fricative, raccolti in [9], sono disponibili nel sito del manuale di fonetica dell'IPA alla pagina <http://web.uvic.ca/ling/resources/ipa/handbook.htm>

<sup>7</sup> A questo proposito sembrerebbe interessante fare riferimento a [25] e [26], citati in altri lavori (per es. [18]), che non ci è stato possibile consultare.

arretramento del corpo della lingua, oltre che con frequente protrusione)<sup>8</sup>. Ciò che però sembra contribuire maggiormente a fare la differenza tra il primo e il terzo, è la dimensione longitudinale del contatto laterale dell'articolatore mobile, maggiore nel primo caso, quindi forse indice di una maggiore sulcalizzazione (a questo proposito si veda [24], pp. 459-460). La velarità nell'articolazione di /f/ sembra ancora più evidente in contesto di /a/ e di /i/ ([12], p. 25).

Dalle misure delle transizioni di  $F_2$  per i contesti con  $V=i/$ , /a/, /u/, non è risultata una chiara convergenza per [f] (anche se i valori oscillano tra 600 e 1200 Hz), mentre si ottengono i seguenti valori di  $L_2$  per le altre fricative (valori in Hz):  $L_{2[s]} = 1800$ ,  $L_{2[ʃ]} = 1400$  (valore piuttosto variabile, con minimi anche al di sotto di 1000),  $L_{2[ç]} = 2300$ ,  $L_{2[ʂ]} = 1500$ , mentre per i due xenofoni [ʃ] e [ç] (quest'ultimo realizzato piuttosto arretrato e labializzato) si ottengono rispettivamente  $L_{2[ʃ]} = 2000$ , e  $L_{2[ç]} = 2100$ .

Dei valori leggermente diversi si ottengono, a partire dalle stesse misure da noi effettuate, facendo ricorso all'equazione dei loci  $y = mx + c$ . Abbiamo considerato valori di  $F_2$  stabili nella fase di tenuta della vocale ( $F_2$  *offset*) e valori di transizione ( $F_2$  *onset* = primo o ultimo valore misurabile della transizione), e abbiamo posto l'uguaglianza tra le due variabili dipendenti, ottenendo il valore di  $L_2$ . Riportiamo in sintesi solo un diagramma semplificato ( $F_2$  *onset* vs.  $F_2$  *offset*, v. Fig. 1) con le rette di regressione per le 7 fricative in contesto VCV ( $V=i$ , a, u). I valori da noi ottenuti si discostano da quelli riportati in letteratura (v. Tab. II), in quanto nel nostro caso si tratta di una locutrice (per un confronto tra voci maschili e femminili riguardo a questi aspetti si veda [2]).



**Fig. 1:** Grafico delle rette di regressione per le 7 fricative in contesto VCV.

	L2 [Hz]		
	nostri - LocEq	Badin (1991)	JMB (1985)
[f]	600-1200	1282	660
[θ]	-	1456	1380
[s]	1800	1500	1620
[ʃ]	1400	-	-
[ç]	2300	-	-
[ʂ]	1500	-	-
[ʃ]	2000	1710	2000
[ç]	2100 ([ç <sup>w</sup> ])	2036	-
[x]	-	1211	-

**Tabella II:** Valori in frequenza [Hz] per i loci  $L_2$  delle diverse fricative.

Oltre a condividere le riserve espresse da Öhman (1966) [27] riguardo all'applicabilità della teoria dei *loci* in generale (relative alla presenza di effetti di anticipazione e/o "coarticolazione a distanza"), e in particolare alle fricative ([27], p. 164), abbiamo constatato che l'estrema variabilità delle informazioni ricavabili dalla determinazione dei *loci* risentiva di una frequente variabilità dinamica delle fricative nel corso della loro produzione (v. §6), ed era messa particolarmente in crisi dalla presenza di luoghi d'articolazione multipli. Ci è sembrato dunque opportuno aggiungere delle verifiche basate sull'osservazione di tracciati spettrografici. D'altra parte, se è vero che, per alcune fricative dalla debole caratterizzazione

<sup>8</sup> Lindblad & Lundqvist (1995:460) [24] sottolineano l'importanza di distinguere costrizioni primarie e secondarie per diverse realizzazioni fricative. Si vedano anche [1] e [3].

spettrale, le proprietà distintive sono prevalentemente affidate ad aspetti relativi alla coarticolazione (transizioni da e verso le vocali, v. [28]), resta un dato di fatto, esplorato da una ricca bibliografia (specializzatasi a partire da [29] e [20]), che le opposizioni tra fricative siano imputabili a diverse proprietà spettrali.

## 6. ANALISI SPETTRALE

Una prima osservazione degli spettrogrammi ottenuti nei contesti *VCV* ci ha convinto della necessità di ricorrere a un'analisi di tipo spettrale, per cercare di inquadrare meglio le opposizioni tra sibilanti presenti in questo sistema (e che magari rendesse conto delle latitudini di variazione dei fonemi corrispondenti, in rapporto alla categorizzazione semplificata che si fa tradizionalmente in Italia per questi suoni).

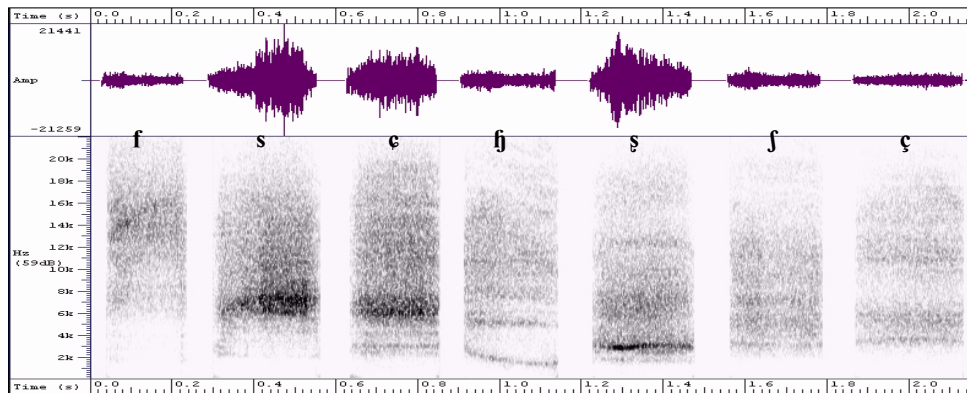
Nonostante la notevole variabilità individuale nelle caratteristiche spettrali del rumore delle fricative, già evidente in [23]<sup>9</sup>, abbiamo voluto valutare gli involucri degli spettri di frequenza delle fricative realizzate dalla nostra parlante in contesti comparabili (mettendo in evidenza una distintività che resta valida limitatamente al caso esaminato), e discuterne le proprietà acustiche in relazione ai dati bibliografici disponibili sull'argomento.

Una disamina delle diverse distribuzioni di energia di rumore è stata effettuata ricorrendo agli involucri di spettri a breve termine misurati nella sezione intermedia delle diverse fricative. Un'analisi spettrografica, come quella riportata in Fig. 2, ha però rivelato una significativa variabilità temporale delle stesse, e quindi la necessità di ricorrere a una rappresentazione dinamica (si vedano a questo proposito le interessanti conclusioni in [10]).

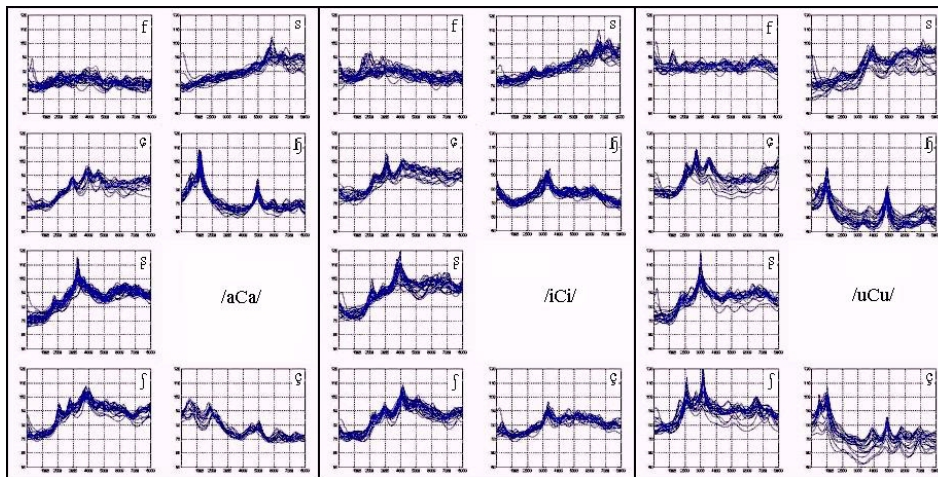
Nell'ambito delle realizzazioni *VCV*, abbiamo quindi comparato tutte le fricative come in Fig. 3, mediante sovrapposizione di una serie di rilevamenti sequenziali LPC nel corso della produzione di una stessa fricativa, per constatare le variazioni temporali delle concentrazioni d'energia (formanti di rumore). Si noti l'andamento piuttosto piatto per [f] (con particolare aumento d'energia nel caso di [u]), e l'andamento ascendente che caratterizza [s] fino alla prima colorazione a 4-6 kHz. Particolarmente distinte sembrano le tre componenti di [ç] a 2.8, 3.8 e 4.6 kHz (mai sotto i 1800 Hz, componente depressa nel caso di [a]) e le due diverse caratterizzazioni di /ʃ/ (indipendenti dalla sua allofonia geosocio-idiolettale discussa in letteratura - cfr. [8], pp. 75-78): in contesto di [i] le condizioni di velarità e labialità sono molto ridimensionate e le concentrazioni d'energia si modificano sostanzialmente passando dalle due componenti a 1000-1200 Hz e 5 kHz per [a, u], alla sola componente rilevante a 3.2 kHz per [i]. Simile a quest'ultima variante, ma in altri contesti, [ʂ] (molto soggetta a variazione dinamica per via della sua latente forma fonologica /rs/) presenta nel caso di [a, u] componenti simili a queste (anche se con diversa energia), lasciando invece dominare due componenti a 2 e a 3.8 kHz nel caso di [i].

---

<sup>9</sup> Le proprietà acustiche delle fricative dello svedese discusse nel lavoro di P. Lindblad (alcuni diagrammi del quale sono riprodotti nella Fig. 5.30, a p. 175 di [22]) trovano corrispondenza nelle caratteristiche generali delle fricative desumibili dai grafici riportati negli studi di W. Jassem (v. ad es. [21]).

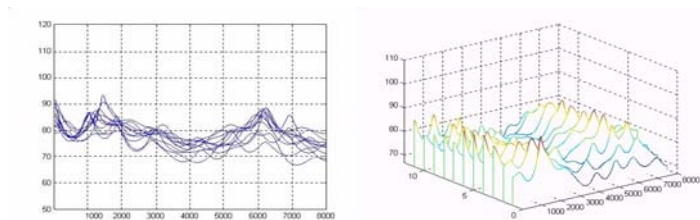


**Fig. 2:** Oscillogramma e spettrogramma per le 7 fricative oggetto del presente studio avulse dal loro contesto originario (i)C(i). Si noti in particolare la diversa distribuzione dell'energia per ciascuna di esse, e la loro possibile classificazione in due gruppi “energetici” (in particolare la seconda, la terza e la quinta si presentano nettamente più forti delle altre quattro). Si noti inoltre la variabilità temporale della concentrazione di energia per la prima, la seconda e la quarta (Grafici relativi alla seconda serie di logatomi registrata).

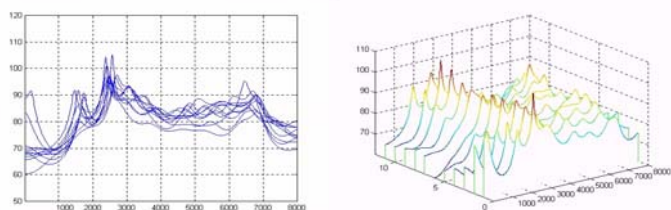


**Fig. 3:** Grafici di misure LPC a 20 coefficienti, determinati in corrispondenza delle 7 fricative in 3 contesti VCV (nei tre riquadri da sinistra a destra rispettivamente V = a, i, u). Analisi effettuata con finestre di segnale di 256 campioni (16 ms), con avanzamento di 160 campioni (10 ms) a partire dalla prima finestra con segnale non periodico (Grafici relativi alla prima serie di logatomi registrata). In ascissa frequenze da 0 a 8 kHz, in ordinata guadagno del filtro LPC (misure riportate in dB).

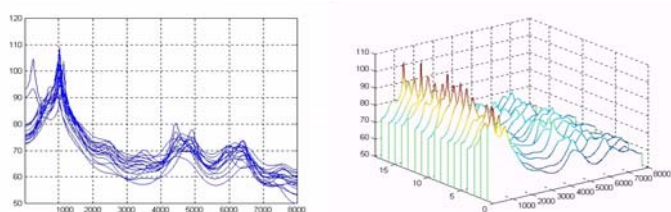
In contesto di [i], le realizzazioni di [ʃ] sembrano vicine a quelle di [ç], mentre quelle di [ç] condividono delle proprietà spettrali con le varianti palatali di /fj/, mostrando che quest'ultima è soggetta alle stesse alternanze allofoniche del tedesco (*ich-laut* e *ach-laut*). Dai nostri riscontri nel resto dei materiali del corpus, abbiamo notato che a volte, a inizio di parola o in attacco di sillaba accentata, le realizzazioni di /fj/ possono presentare uno spettro debole con concentrazioni affievolite che la avvicinano a una [f] velarizzata.



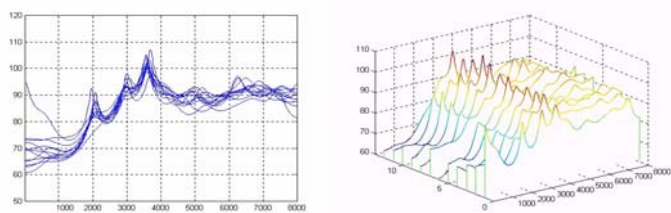
**Fig. 4a:** Grafici di misure LPC e LPC in cascata della realizzazione dello *sj-ljud* in *vanemänniskor* /<sup>ˈ</sup>va:nə menɪfjʊr/ ‘persone abituarie’.



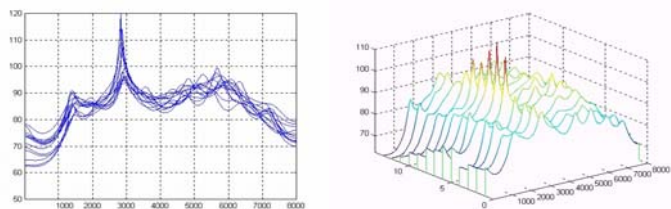
**Fig. 4b:** Realizzazione dello *sj-ljud* in *emotionell* /ɛmu(t)ʃjuˈnɛl/ ‘emotivo’ (v. Fig. 4a).



**Fig. 4c:** Realizzazione dello *sj-ljud* in *trehundraogosju* /<sup>ˈ</sup>tre:hʊndraʊɡʊ,ʃju:/ ‘trecentoventisette’ (v. Fig. 4a).



**Fig. 5a:** Grafici di misure LPC e LPC in cascata della realizzazione dello *tj-ljud* in *ethundraogosju* /<sup>ˈ</sup>ɛthʊndraˈɔ:ɡʊ/ ‘centoventi’.



**Fig. 5b:** Realizzazione di /rs/ in *korsord* /<sup>ˈ</sup>kɔ:s ʊ:d/ ‘cruiverba’ (v. Fig. 4a).



Dal confronto con le frasi della base dati acustica, è stato possibile verificare la variabilità riscontrata nel *corpus VCV*. Si vedano gli esempi riportati nelle Figg. 4 e 5, in cui si riporta una rappresentazione a cascata (grafico di diversi profili LPC in successione temporale ogni 10 ms con finestre da 16 ms) che permette di mostrare meglio la variabilità temporale (anche legata all'andamento dell'energia) nei diversi contesti. In particolare, si notino nelle Figg. 4a e 4c due varianti dell'allofono [x<sup>w</sup>] di /fj/ (di cui la prima simile a una [f]) e in Fig. 4c una realizzazione dell'altro allofono, piuttosto di tipo [ʃ] (v. Fig. 5b).

## 7. CONCLUSIONI

Allo stato attuale, cominciando ad avere una rappresentazione più chiara, ci proponiamo di intraprendere una verifica su locutori diversi, ricorrendo ad una categorizzazione incrociata (magari anche con varietà regionali dell'italiano) sulla base dello schema presentato in [13], associando alle rappresentazioni fin qui utilizzate quelle ottenibili mediante FFT a banda larga (seguendo un utile suggerimento di P. Badin). Riguardo ai *loci*, stiamo attualmente procedendo a una loro rideterminazione sulla base di tutti gli 8 contesti vocalici a disposizione (distinguendo, come è necessario, sottogruppi di vocali posteriori e di vocali labializzate, e tenendo conto delle dettagliate descrizioni articolatorie di [10]).

### Ringraziamenti

Una menzione particolare va a Sten Thaning, consulente presso *Loquendo* nel periodo in cui questo studio è stato condotto, per averci aiutati nella sistematizzazione delle relazioni tra le fricative svedesi e nella comprensione di passaggi di articoli e manuali in svedese. Ringraziamenti anche a Giovanna Marotta per gli utili suggerimenti bibliografici.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Badin, P. (1991), "Fricative consonants: acoustic and X-ray measurements", *Journal of Phonetics*, 19, 397-408.
- [2] Barillari, U., Giannini, A., Pettorino, M. e Siani, M. (1995), "Indici acustici e movimenti articolatori nella voce maschile e femminile", *Studi Italiani di Linguistica Teorica e Applicata*, 25, 2, 265-277.
- [3] Beauteemps, D., Badin, P. e Laboissière, R. (1995), "Deriving vocal-tract area functions from midsagittal profiles and formant frequencies: A new model for vowels and fricatives consonants based on experimental data", *Speech Communication*, 16, 27-47.
- [4] Canepari, L. (1983). *Phonetic notation / La notazione fonetica*. Venezia, Cafoscarina.
- [5] Cooper, F.S., Delattre, P.C., Liberman, A.M., Borst, J.M. e Gerstman, L.J. (1952), "Some Experiments on the Perception of Synthetic Speech Sounds", *Journal of the American Society of Acoustics*, 24/6, 597-606.
- [6] Delattre, P. (1961), "Le jeu des transitions de formants et la perception des consonnes", *Proc. of the 4<sup>th</sup> ICPhS* (Helsinki, 1961) Mouton, L'Aja, 1962, 407-417 (anche in *Studies in French and comparative Phonetics*. Mouton, L'Aja, 276-286).
- [7] Elert, Cl.-Chr. (1997), Introd. al *Norstedts Svenska Uttalslexikon* (di P. Hedelin), Stockholm, Norstedts, 10-43.
- [8] Elert, Cl.-Chr. (2000), *Allmän och svensk fonetik*, Norstedts, Stockholm.



- [9] Engstrand, O. (1999), "Swedish", *Handbook of the IPA*, CUP, Cambridge, 140-142.
- [10] Engwall, O. (2000), "Dynamical aspects of coarticulation in Swedish fricatives – a combined EMA e EPG study", *TMH-QPSR, KTH*, Stockholm, 4, 49-73.
- [11] Engwall, O. e Badin, P. (1999a), "An MRI Study of Swedish Fricatives: Coarticulatory Effects", *Proc. of the 5<sup>th</sup> Speech Production Seminar*, 297-300.
- [12] Engwall, O. & Badin, P. (1999b), "Collecting and analysing two- and three-dimensional MRI data for Swedish", *TMH-QPSR, KTH*, Stockholm, 3-4, 11-38.
- [13] Evers, V., Reetz, H. e Lahiri, A. (1998), "Crosslinguistic acoustic categorization of sibilants independent of phonological status", *Journal of Phonetics*, 26, 345-370.
- [14] Faber, A. (1991), "Inter-speaker variability in sibilant production and sound change involving sibilants", *Proc. of the 12<sup>th</sup> ICPhS (Aix-en-Provence, 1991)*, 118-121.
- [15] Fant, G. (1960), "Structural Classification of Swedish phonemes", *STL-QPSR, KTH*, Stockholm, 2, 10-15.
- [16] Fant, G., Lindblom, B. e Mártony, J. (1963), "Spectrograms of Swedish stops", *STL-QPSR, KTH*, Stockholm, 3, 1.
- [17] Giannini, A. e Pettorino, M. (1992), *La fonetica sperimentale*, Ed. Scientifiche Italiane, Napoli.
- [18] Haglund, Y. (1997), *Manuale di Fonetica della Lingua Svedese (confronti con l'italiano)*, Alinea, Firenze.
- [19] Hedelin, P. (1997), *Norstedts Svenska Uttalslexikon*, Norstedts, Stockholm.
- [20] Jassem, W. (1962), "Noise spectra of Swedish, English, and Polish Fricatives", *Proc. of the Speech Comm. Seminar, STL, KTH*, Stockholm (dati riportati in [22], citato anche in *4<sup>th</sup> Int. Congress on Acoustics, Copenhagen, Rep. G 17*).
- [21] Jassem, W. (1968), "Acoustical Description of Voiceless Fricatives in Terms of Spectral Parameters", *Speech Analysis and Synthesis*, 1, 189-206.
- [22] Ladefoged, P. e Maddieson, I. (1996), *The Sounds of the World's Languages*, Blackwell, Oxford.
- [23] Lindblad, P. (1980), "Svenskans sje- och tje-ljud i ett Allmänfonetisk Perspektiv", *Travaux de l'Institut de Linguistique de Lund*, 16, Gleerup, Lund (dati riportati in Ladefoged & Maddieson 1996).
- [24] Lindblad, P. e Lundqvist, S. (1995), "The groove production of Swedish sibilants – an EPG analysis", *Proc. of the 13<sup>th</sup> ICPhS (Stoccolma 1995)*, 2, 458-461.
- [25] Mártony, J. (1962), "On the Perception of Swedish voiceless fricatives", *STL-QPSR, KTH*, Stockholm, 2, 25-28.
- [26] Ohlsson, S. (1972), "Svenskt sje och tje i kontrastiv belysning", *Archiv för nordisk fil.*, 140-162.
- [27] Öhman, S.E.G. (1966), "Coarticulation in VCV Utterances: Spectrographic Measurements", *Journal of the American Society of Acoustics*, 39/1, 151-168.
- [28] Shadle, C.H., Badin, P. e Moulinier A. (1991), "Towards the spectral characteristics of fricative consonants", *Proc. of the 12<sup>th</sup> ICPhS (Aix-en-Provence, 1991)*, 42-45.
- [29] Stevens, P. (1960), "Spectra of fricative noise in human speech", *Language & Speech*, 3, 32-49.
- [30] Wells J.C. (1992), "Sampa for Swedish",  
<http://www.phon.ucl.ac.uk/home/sampa/swedish.htm>