
Normes phonétiques de base pour l'enfant franco-qubécois

Basic Phonetic Norms for the French Quebec Child

John Ryalls, Annie Larouche,

Christine Dupont, et Annie Fournier

Ecole d'orthophonie et d'audiologie

Faculté de médecine

Université de Montréal

Résumé

L'objectif de cette recherche était d'étudier la performance phonétique de dix enfants franco-qubécois normaux (cinq garçons et cinq filles, âge moyen de 8 ans 10 mois) dans le but d'établir des normes de base pour cette population. Nous avons bâti un protocole de la parole en combinant les occlusives voisées et non-voisées des trois lieux d'articulation (/p b t d k g/) aux trois voyelles extrêmes du triangle vocalique (/i, a, u/). Les dix-huit syllabes de base de la parole (/pi ti ki bi di gi pa ta ka ba da ga pu tu ku bu du gu/) ainsi obtenues ont été présentées aux enfants sous forme écrite et de façon aléatoire, cinq fois chacune (90 syllabes par enfant au total). Par la suite nous avons effectué des mesures de (1) la durée totale, (2) VOT, (3) la fréquence fondamentale, et (4) les trois premiers formants. Nous discuterons ici des résultats de la recherche en comparant les données à celles qui ont été obtenues dans quelques études portant sur l'adulte.

Abstract

The objective of this research was to study the phonetic performance of ten normal Québec French children (five boys and five girls, average age 8 years 10 months) with the goal of establishing basic norms for this population. We composed a speech protocol by combining the voiced and voiceless occlusives for the three places of articulation (/p b t d k g/) with the three extreme vowels of the vowel triangle. The eighteen basic syllables of speech (/pi ti ki bi di gi pa ta ka ba da ga pu tu ku bu du gu/) thus obtained were presented in written form five times each to each child in random order (90 syllables total per child). Then we conducted measures of (1) total duration, (2) VOT, (3) fundamental frequency, and (4) the first three formants. We discuss the results of this research comparing them to studies on adults.

Introduction

Bien qu'il y ait environ six millions de francophones au Québec, il existe très peu de données acoustiques sur le français que l'on parle ici (et même sur cette langue en général). En effet, il ne semble exister qu'une seule étude portant sur les voyelles (Santerre, 1971) et deux études portant sur les consonnes

(Jacques, 1983; Caramazza et Yeni-Komshian, 1974). Celles-ci ne portent toutefois que sur le système phonétique de sujets adultes ; d'après nos recherches bibliographiques, il ne semble pas exister de données acoustiques publiées sur la parole enfantine franco-qubécoise. Cela constitue une lacune évidente puisque nous savons qu'il y a des différences acoustiques importantes entre la phonétique des voyelles de l'adulte et celle de l'enfant à cause de différences de forme et de dimension du tractus vocal (Peterson et Barney, 1952; Lieberman, 1984). Il existe également chez l'enfant une variation plus importante des caractéristiques acoustiques des consonnes au moins jusqu'à l'adolescence (Eguchi et Hirsh, 1969; Kewley-Port et Preston, 1974). Il nous semble important d'établir des normes afin de mieux comprendre les phénomènes pathologiques tels que la déficience auditive et les troubles phonologiques sévères. Nous comparons présentement ces aspects phonétiques de la parole avec ceux d'un groupe de jeunes malentendants du même âge.

Le but de cette étude était donc d'établir des normes acoustiques de base pour l'enfant franco-qubécois. Nous entendons par "normes de base" les trois premiers formants des voyelles /i/, /a/ et /u/ qui délimitent le champ vocalique, ainsi que la fréquence fondamentale, le VOT (Voice Onset Time) et la durée totale des syllabes. Les sujets retenus pour cette étude avaient entre 7 et 11 ans. Cet intervalle d'âge répondait à deux critères : les enfants devraient être suffisamment âgés pour être en mesure de lire aisément de courts mots, mais ne devaient pas avoir atteint l'adolescence, dans le but d'éviter les effets acoustiques de différenciation de fréquences dus au dimorphisme sexuel secondaire.

Méthode

Pour neutraliser l'influence de la cible phonétique (syllabe prononcée par le chercheur) sur la production de l'enfant, nous avons choisi de présenter le protocole sous forme écrite. Un pré-test nous permettait de nous assurer avant

l'expérimentation que les enfants étaient en mesure de lire les syllabes sans difficulté.

Nous avons opté pour une représentation "logatome" des syllabes afin de limiter l'influence de la méconnaissance ou de la familiarité des mots sur la production de l'enfant. Toutefois, certaines syllabes demeurent des mots existant dans la langue (ex. : /pa/, "pas" ; /tu/ "tout").

Les syllabes ont été prononcées à haute voix par les enfants à une distance d'environ 6 pouces du microphone (microphone électrodynamique UHER M518). Les productions étaient enregistrées sur des bandes de haute qualité à l'aide d'un magnétophone UHER Report 4000.

Sujets

Le groupe se composait de cinq filles et cinq garçons francophones normaux. L'âge moyen des garçons était de 8 ans 7 mois et celui des filles, de 9 ans 1 mois.

Analyse acoustique

Cinq répétitions des syllabes, semblant correctement réalisées à l'oreille, ont été filtrées à 9 kHz suivant le théorème de Nyquist (Rabiner et Schaffer, 1979; Lieberman et Blumstein, 1988) à l'aide d'un filtre passe-bas. Les enfants ont produit toutes les syllabes correctement sauf un enfant pour lequel un 'ga' a été omis. Nos mesures portaient donc sur 899 stimuli. Les productions ont ensuite été numérisées à un taux d'échantillonnage de 20 kHz à l'aide du logiciel de traitement de signal BLISS (Mertus, 1989) et d'un micro-ordinateur IBM AT compatible doté d'une carte analogue numérique Data Translation DT 2801-A.

Résultats

Durée totale

Nous avons mesuré la durée totale de chacune des syllabes, d'après l'aspect oscillographique, à partir du début de la consonne (à partir de l'explosion pour les non-voisées et du début du voisement pour les consonnes voisées) jusqu'à la fin de la voyelle (amplitude nulle). Les mesures de durée obtenues sont semblables pour toutes les syllabes, mais on note une certaine variabilité d'une répétition à l'autre. Nous avons obtenu une moyenne totale de 300 millisecondes pour la durée des syllabes (le Tableau 1 présente les moyennes des cinq répétitions pour chaque sujet).

Tableau 1. Chaque valeur constitue la moyenne de cinq mesures, sauf * qui n'a été calculée qu'à partir de quatre mesures.

Durée totale (en millisecondes)										
	pi	pa	pu	ti	ta	tu	ki	ka	ku	
1.	224	271	246	295	312	219	279	297	273	
2.	443	397	435	596	446	449	429	455	493	
3.	176	210	192	239	183	180	231	260	253	
4.	228	231	252	275	254	240	256	277	285	
5.	250	249	300	407	257	280	279	292	306	
6.	204	185	221	247	196	232	219	221	222	
7.	169	163	179	242	169	178	195	183	167	
8.	152	170	148	208	171	142	197	178	179	
9.	159	169	181	228	220	166	204	229	189	
10.	294	277	310	393	279	267	368	324	369	
M=	230	232	246	313	249	235	266	272	274	
Durée totale (en millisecondes)										
	bi	ba	bu	di	da	du	gi	ga	gu	
1.	336	313	340	324	394	339	367	354	362	
2.	530	571	569	654	585	567	593	614	596	
3.	253	271	278	306	294	313	263	292	307	
4.	278	319	295	396	314	342	336	352	343	
5.	389	382	402	392	368	478	353	398	412	
6.	289	324	345	377	342	359	*318	380	341	
7.	184	221	235	266	224	216	192	261	209	
8.	219	225	191	313	224	246	242	238	245	
9.	225	276	244	266	293	253	249	275	244	
10.	394	333	423	439	368	438	399	419	516	
M=	310	324	332	373	340	355	331	358	358	

Voice onset time

Nous avons mesuré le VOT des consonnes de la façon suivante :

- (1) de l'explosion de l'occlusive jusqu'au voisement périodique de la voyelle pour les consonnes sourdes ;
- (2) du début du voisement de la consonne (qui débute généralement avant l'explosion en français) jusqu'à l'explosion pour les occlusives sonores. Par convention, cette mesure est négative (Lisker et Abramson, 1964).

Pour effectuer les mesures, nous avons utilisé l'information visuelle (fournie par l'aspect oscillographique) de façon complémentaire à l'information auditive fournie par l'analyse du signal sonore numérisé. Les mesures effectuées ainsi que les moyennes et les écarts-types calculés sont

Tableau 2. Chaque valeur constitue la moyenne de quinze mesures, sauf *, qui n'a été calculée qu'à partir de quatorze mesures.

VOT (en millisecondes)						
	p	t	k	b	d	g
1.	40	54	70	-90	-93	-77
2.	58	105	100	-135	-128	-133
3.	37	56	77	-80	-91	-75
4.	26	42	56	-73	-77	-77
5.	26	83	63	-97	-92	-85
6.	21	39	45	-111	-96	*-112
7.	39	67	65	-78	-79	-68
8.	32	48	60	-75	-95	-86
9.	16	36	50	-56	-49	-38
10.	29	74	66	-116	-113	-125
M=	32	60	65	-91	-91	-88
ét=	(12)	(22)	(15)	(24)	(21)	(28)

présentés au Tableau 2. Elles reflètent un fait classique : plus le phonème est postérieur, plus le VOT est long (Lisker et Abramson, 1964). Ces mesures correspondent donc aux données obtenues par Jacques (1983) pour l'adulte franco-québécois et Serniclaes et al. (1984) pour l'adulte francophone de Belgique. Toutefois, il est à noter que l'enfant semble réaliser plus de différences temporelles entre ses productions sourdes et sonores que ne le fait l'adulte. Nos données correspondent également à celles de Caramazza et Yeni-Komshian (1974) pour les consonnes non-voisées, mais sont différentes pour les voisées. Étant donné que trois études présentent des valeurs semblables pour les consonnes voisées du français, il y a lieu de s'interroger sur la façon dont Caramazza et Yeni-Komshian (1974) ont effectué leurs mesures du VOT des consonnes voisées.

Fréquence fondamentale

Nous avons réalisé une mesure de la fréquence fondamentale à partir de l'onde brute de la voyelle. Cette mesure constitue une moyenne de la fréquence calculée sur dix périodes ("fo," cf. Tableau 3). La moyenne totale est de 265 Hz pour les garçons et de 271 Hz pour les filles. Cette différence fréquentielle n'est pas énorme mais annonce quand même l'écart plus important que l'on retrouve chez l'adolescent (Peterson et Barney, 1952).

Tableau 3. Chaque valeur constitue la moyenne de cinq mesures, sauf *, qui n'a été calculée qu'à partir de quatre mesures.

Fréquence fondamentale (en Hertz)									
garçons (M = 265 Hz, ét = 6):									
	pi	pa	pu	ti	ta	tu	ki	ka	ku
1.	307	296	315	297	290	308	317	286	318
2.	252	261	258	257	247	257	253	255	253
3.	243	234	243	241	230	244	242	230	237
4.	247	243	263	252	241	248	250	246	250
5.	290	285	286	297	286	285	302	282	311
M=	268	264	273	269	259	268	273	260	274
ét=	(29)	(27)	(28)	(26)	(27)	(27)	(34)	(24)	(38)
Filles (M = 271 Hz, ét = 12):									
1.	264	264	271	271	265	277	263	268	296
2.	254	231	262	246	236	266	262	243	270
3.	287	270	280	290	269	281	285	269	280
4.	259	249	266	264	231	270	260	245	259
5.	322	279	346	313	284	344	325	292	341
M=	277	259	285	277	257	288	279	263	289
ét=	(28)	(19)	(35)	(26)	(23)	(32)	(28)	(20)	(32)
garçons:									
	bi	ba	bu	di	da	du	gi	ga	gu
1.	292	283	303	294	272	289	303	281	297
2.	258	249	255	257	253	263	257	241	261
3.	234	225	230	230	225	235	229	220	232
4.	250	232	236	245	233	242	238	234	244
5.	292	285	285	290	279	292	297	292	311
M=	265	263	262	263	252	264	265	254	269
ét=	(26)	(24)	(31)	(28)	(24)	(26)	(34)	(31)	(34)
filles:									
1.	270	253	266	263	257	266	280	254	273
2.	238	224	245	243	227	250	240	232	250
3.	280	258	276	283	255	270	279	270	281
4.	253	239	233	249	231	258	251	236	247
5.	331	284	336	322	280	317	*329	305	324
M=	274	252	271	272	250	272	276	254	275
ét=	(35)	(22)	(40)	(32)	(22)	(26)	(34)	(30)	(31)

Fréquence des formants

Le protocole comporte trente répétitions de chacune des trois voyelles /i/, /a/ et /u/ (combinaison avec six occlusives répétée cinq fois). De la même façon que le spectrogramme,

Tableau 4. Chaque valeur sous F constitue la moyenne du nombre de mesures présentées sous #. Les écart-types se trouvent sous ét.

	Formant 1 (en Hertz)								
	/i/			/a/			/u/		
	F:	ét:	#:	F:	ét:	#:	F:	ét:	#:
garçons:									
1.	326	(18)	29	882	(77)	27	333	(17)	30
2.	322	(60)	30	633	(139)	17	348	(70)	30
3.	322	(41)	30	825	(188)	16	376	(48)	30
4.	404	(47)	30	775	(85)	26	391	(52)	29
5.	324	(15)	30	643	(102)	23	312	(15)	30
M=	340			752			352		
ét=	(36)			(110)			(32)		
filles:									
1.	367	(66)	30	935	(109)	24	381	(67)	30
2.	432	(56)	30	893	(54)	23	427	(63)	30
3.	395	(39)	30	1003	(59)	30	431	(50)	30
4.	400	(70)	29	1047	(84)	20	355	(53)	30
5.	362	(33)	29	1169	(61)	17	356	(24)	30
M=	391			1009			390		
ét=	(28)			(107)			(37)		
M(10)=	365	(45)	30	881	(96)	22	371	(46)	30
ét=	(41)			(170)			(38)		

Tableau 5. Chaque valeur sous F constitue la moyenne du nombre de mesures présentées sous #. Les écart-types se trouvent sous ét.

	Formant 2 (en Hertz)								
	/i/			/a/			/u/		
	F:	ét:	#:	F:	ét:	#:	F:	ét:	#:
garçons:									
1.	3118	(318)	9	1886	(93)	30	1343	(538)	20
2.	3187	(602)	10	1815	(100)	28	1792	(344)	12
3.	3139	(484)	3	1808	(122)	30	1838	(275)	17
4.	2640	(157)	22	1826	(86)	30	1339	(921)	7
5.	2957	(137)	14	1760	(72)	28	1029	(300)	16
M=	3008			1819			1468		
ét=	(223)			(45)			(342)		
filles:									
1.	3306	(240)	4	2038	(199)	28	1450	(515)	16
2.	3145	(641)	10	1848	(112)	29	1600	(436)	8
3.	2949	(229)	11	1916	(65)	29	1087	(76)	25
4.	3527	(79)	9	1875	(118)	30	761	(105)	13
5.	3358	(169)	7	1789	(255)	18	1217	(400)	22
M=	3257			1893			1223		
ét=	(220)			(93)			(326)		
M(10)=	3133	(306)	9	1856	(122)	28	1346	(391)	16
ét=	(247)			(79)			(340)		

l'algorithme du LPC ("Linear Predictive Coding" ou "encodage linéaire prédictif") utilisé pour évaluer les formants des voyelles a démontré certaines lacunes. L'extraction des formants très proches les uns des autres a parfois posé des problèmes :

- (1) L'algorithme n'a pas fourni de valeur pour tous les formants ;
- (2) Nous avons dû rejeter les valeurs "non-interprétables" de quelques formants (lorsqu'il n'était pas possible de déterminer s'il s'agissait de F2, F3 ou d'une harmonique parasite).

Le LPC a éprouvé de la difficulté principalement à extraire le deuxième formant de la voyelle /i/. La voyelle /a/ a démontré une variation plus importante de ses formants que les deux autres voyelles du protocole.

La moyenne totale et l'écart-type des fréquences ont été calculés pour chacun des trois premiers formants et nous

avons noté le nombre de valeurs à partir desquelles les calculs ont été effectués (Tableaux 4 à 6). Les formants des voyelles prononcées par les filles ont des fréquences plus aiguës dans tous les cas pour le premier formant, dans deux cas sur trois pour le deuxième et seulement dans un cas sur trois pour le troisième formant. Le Tableau 7 présente la moyenne des valeurs de formants de notre étude comparativement aux données obtenues par Delattre (1965) pour l'adulte français et à celles de Peterson et Barney (1952) pour les mêmes voyelles en anglais (chez l'enfant et l'adulte).

Discussion

Notre étude, quoique préliminaire, démontre que les valeurs acoustiques de la phonétique de l'enfant franco-québécois sont assez différentes de celles de l'adulte. Ceci ayant déjà été clairement démontré pour l'anglais parlé aux Etats-Unis (Peterson et Barney, 1952), il n'est pas étonnant d'obtenir ce résultat pour le franco-québécois. Par exemple, nous notons plus de différences entre le VOT des consonnes voisées et

Tableau 6. Chaque valeur sous F constitue la moyenne du nombre de mesures présentées sous #. Les écart-types se trouvent sous ét.

<i>Formant 3 (en Hertz)</i>								
<i>/i/</i>			<i>/a/</i>			<i>/u/</i>		
F:	ét:	#:	F:	ét:	#:	F:	ét:	#:
garçons:								
1.	3814 (197)	29	3610 (109)	30	3731 (261)	26		
2.	3815 (147)	28	3670 (122)	30	3776 (239)	21		
3.	3961 (150)	22	3627 (104)	29	3598 (77)	17		
4.	3663 (195)	29	3674 (80)	20	3504 (315)	18		
5.	3704 (99)	29	3597 (194)	20	3473 (421)	15		
M=	3791		3636		3616			
ét=	(116)		(35)		(134)			
filles:								
1.	3875 (252)	26	3687 (421)	29	3905 (419)	28		
2.	3648 (146)	27	3598 (194)	23	3788 (719)	13		
3.	3696 (94)	30	3645 (128)	20	3837 (369)	7		
4.	3892 (178)	23	3693 (376)	19	3702 (161)	21		
5.	3836 (193)	19	3532 (101)	29	3671 (245)	19		
M=	3739		3631		3681			
ét=	(110)		(67)		(96)			
M(10)=	3790	(165)	3633	(183)	3681	(323)	19	
ét=	(107)		(51)		(140)			

non-voisées chez l'enfant que chez l'adulte: la différence moyenne obtenue est de 53 msec. supérieure à celle de l'étude de Jacques (1983). Cette "exagération" constitue probablement pour l'enfant une stratégie servant à distinguer clairement les deux catégories de VOT. Nous avons également noté d'importantes différences entre les formants enfantins et ceux de l'adulte ; la fréquence des formants était plus aiguë chez les enfants.

La différenciation formantielle a été mise en évidence dans cette étude. Si l'on pouvait s'interroger sur la pertinence de traiter la phonétique de l'enfant sans différencier les sexes, cette étude semble démontrer que la réponse est négative (au moins pour les enfants dont l'âge correspond à celui des sujets de notre recherche).

Nous espérons que ces données seront utiles pour l'orthophonie franco-québécoise. A tout le moins, elles contribueront à augmenter la banque de données phonétiques qui permettront de mieux saisir la production de la parole française. Nous pouvons éventuellement espérer le

Tableau 7. Comparaison des fréquences de formants de cette étude avec celles de Delattre (1965) et de Peterson et Barney (1952).

<i>Fréquences des formants (en Hertz)</i>			
Français:			
Enfants franco-québécois:			
	<i>/i/:</i>	<i>/a/:</i>	<i>/u/:</i>
F1	365	881	371
F2	3133	1856	1346
F3	3790	3633	3699
Delattre (1965): Adultes françaises			
F1	250	750	250
F2	2500	1200	750
Anglais (Peterson et Barney 1952)			
Enfants américains			
	<i>/i/:</i>	<i>/a/:</i>	<i>/u/:</i>
F1	370	1030	430
F2	3200	1370	1170
F3	3730	3170	3260
Hommes américains			
F1	270	730	300
F2	2290	1090	870
F3	3010	2440	2240
Femmes américaines			
F1	310	850	370
F2	2790	1220	950
F3	3310	2810	2670

développement d'un test phonétique qui permettra de mieux dépister les enfants à risque pour les troubles de la parole.

Remerciements

La réalisation de ce projet de recherche a été rendue possible grâce à une subvention octroyée par l'organisme Voice for Hearing Impaired Children et le fonds CAFIR de l'Université de Montréal. Mme Larouche a également bénéficié d'une bourse de recherche d'été du Fonds de la recherche en santé du Québec (FRSQ). Nous tenons à remercier M. Gilles Masson, qui nous a été d'un grand support dans la mise en fonction du système d'analyse de la parole, ainsi que tous les enfants qui ont participé à cette étude.

Adresse :
J. Ryalls, Ph.D.
Ecole d'orthophonie et d'audiologie
Université de Montréal
C.P. 6128, Succ. A
Montréal, Qc
H3C 3J7

Références

- Caramazza, A. et Yeni-Komshian, G., 1974. Voice onset time in two French dialects. *Journal of Phonetics* 2 : pp. 239- 245.
- Delattre, P., 1965. *Comparing the Phonetic Features of English, French, German and Spanish : An Interim Report*. Chilton Books : Philadelphia, PA.
- Eguchi, S. et Hirsh, I., 1969. Development of speech sounds in children. St.Louis, MO. : Central Institute for the Deaf, Supplement 257.
- Jacques, B., 1983. étude acoustique des consonnes du français parlé à Montréal: analyse spectrale, intensité, durée. Thèse de doctorat, Université de Montréal.
- Kewley-Port, D. et Preston, M., 1974. Early apical stop production : A voice-onset time analysis. *Journal of Phonetics* 2 : pp. 195-210.
- Lieberman, P., 1984. *The Biology and Evolution of Language*. Harvard University Press : Cambridge, MR.
- Lieberman, P. et Blumstein, S., 1988. *Speech Physiology, Speech Perception, and Acoustic Phonetics*. Cambridge University Press : Cambridge, U.K.
- Lisker, L. et Abramson, A., 1964. A cross-language study of voicing in initial stops : Acoustical measurements. *Word* 20 : pp. 384-422.
- Mertus, J., 1989. BLISS Manual. Department of Cognitive and Linguistic Sciences, Brown University, Providence, R.I.
- Peterson, G. et Barney, H., 1952. Control methods used in a study of the vowels. *Journal of the Acoustical Society of America* 24 : pp. 175- 184.
- Rabiner, L. et Schaffer, J., 1979. *Digital Processing of Speech*. McGraw-Hill: New York.
- Santerre, L., 1971. Les voyelles orales dans le français parlé à Montréal. Thèse de doctorat d'état, Université de Strasbourg.
- Serniclaes, W., D'Alimonte, G. et Alegria, J., 1984. Production and perception of French stops by moderately deaf subjects. *Speech Communication* 3 : pp. 185- 198.