CFA/VISHNO 2016

La nasalité dans le répertoire Gwoka de la Guadeloupe

M. Tahon[a] et P.-E. Sitchet[b]
[a]IRISA, 6 rue Kérampont, 22300 Lannion, France
[b]IReMus, 2 rue de Louvois, 75002 Paris, France
marietahon@noath.net

Cette étude s'inscrit dans un projet pluridisciplinaire portant sur un répertoire de musique traditionnelle. Genre musical né en Guadeloupe au XVII^{ème} siècle avec l'esclavage transatlantique, le gwoka est exclusivement chanté en langue créole. Construit autour de la forme responsoriale, le chant gwoka présente généralement une alternance entre des mélodies interprétées par la voix principale et un refrain "répondè" repris par un chœur. L'improvisation occupe une large place dans ce répertoire. L'objectif de ce projet est d'étudier les composantes musicales et culturelles du gwoka. Même s'il existe quelques recherches linguistiques portant sur le créole (relatives notamment à l'enseignement de cette langue), assez peu d'études phonatoires ont été réalisées. Dans la présente contribution, les auteurs examinent la nasalité dans le chant gwoka. Cette étude s'appuie sur la comparaison d'un même texte parlé et chanté par six chanteurs différents. Plusieurs éléments seront analysés à partir des signaux sonores : la forme du triangle vocalique et les voyelles utilisées, ainsi que certains éléments caractéristiques de la nasalité La nasalité constitue de ce fait un élément caractéristique du style vocal – comme dans certains chants traditionnels d'Europe de l'Est.

1 Introduction

L'étude de musiques traditionnelles sous un angle acoustique est encore assez peu répandue. La majorité des travaux existant ont été réalisés dans un contexte ethnomusicologique. Dans les musiques de tradition orale, la partition n'existe pas. L'unique support permettant d'éclairer le chercheur est donc l'enregistrement sonore. La transcription sur partition permet de comprendre l'événement sonore et d'en soustraire les éléments pertinents afin de pouvoir les analyser. L'une des difficultés de notre recherche réside dans l'obtention d'un échantillon d'enregistrements qui soit suffisamment représentatif pour permettre une généralisation des résultats. Dans ce contexte, l'analyse automatique des enregistrements à partir de l'extraction de descripteurs acoustiques est un choix pertinent.

Aujourd'hui, les analyses automatiques d'enregistrement se focalisent sur la musique savante, tout particulièrement sur la musique électroacoustique. Cependant quelques études de ce type émergent dans le domaine des musiques populaires qu'elles soient de tradition orales ou non. Nous pouvons citer notamment des travaux sur le fado Portugais [17], sur des chants de Mongolie [13] ou des chants croates [3, 14]. Une récente étude s'est intéressée aux liens entre la langue parlée et le chant traditionnel lithuanien [1]. Cleveland et al. [6] a également comparé les spectres de chanteurs de *country music* entre la voix chantée et la voix parlée ; les auteurs montrent qu'il n'y a pas de différence significatives entre les deux modes de production, notamment en ce qui concerne le formant du chanteur. Dans de précédents travaux sur le gwoka, *l'intérêt d'une approche pluridisciplinaire pour l'étude de chants vocaux traditionnels* a été exploré, ainsi que le choix de descripteurs acoustiques pertinents pour ce type de signaux [20, 21].

Notre étude porte sur une musique traditionnelle guadeloupéenne exclusivement chantée en créole, le gwoka, et s'appuie sur une analyse acoustique qui s'intéresse à la nasalité. Le gwoka, né au XVII^{ème} siècle avec l'esclavage transatlantique est construit autour du tambour, de la danse et du chant. Sous la forme responsoriale, ce chant présente généralement une alternance entre des mélodies interprétées par la voix principale et un refrain "répondé" repris par un chœur. L'improvisation occupe une place de choix dans cette musique. Même s'il existe quelques recherches linguistiques portant sur le créole (relatives notamment à l'enseignement de cette langue), assez peu d'études phonatoires ont été réalisées sur la parole ou sur le chant.

La plupart des études sur la nasalité portent sur des voyelles isolées [19]. Cependant, de récentes études tentent de travailler sur des matériaux plus réalistes, en contexte de parole ou de chant [2, 22, 18]. L'intérêt d'étudier la nasalité dans un contexte plus large que la voyelle isolée est d'étudier l'importance de la coarticulation, mais aussi de la nasalisation de certaines voyelles précédant une consonne nasale, comme c'est le cas en portugais du Brésil [16] ou en anglais Américain [5]. L'utilisation de la nasalité comme une technique vocale a déjà été étudiée dans certains chants d'Europe de l'Est [14], mais pas dans des chants en langue créole, déjà fortement nasalisée.

Nous présenterons dans un premier temps au répertoire gwoka que nous avons collecté en Guadeloupe, en section 2. La seconde partie sera consacrée à l'extraction des voyelles et des descripteurs acoustiques. La troisième partie présentera l'analyse des résultats obtenus. La dernière étape de notre étude propose une conclusion des travaux présentés et ouvre de nouvelles perspectives de recherche.

2 Corpus de chant gwoka

2.1 Collecte des chants

Les chanteurs de gwoka sélectionnés pour notre étude sont originaires de deux des îles Guadeloupéennes (Basse-Terre et Grande-Terre) et appartiennent chacun à des générations différentes. Tous sont des acteurs majeurs du gwoka. L'idée était d'avoir une représentation suffisamment large de l'utilisation de la voix dans le gwoka à travers différents styles et différentes générations. Nous avons sélectionné six enregistrements *a capella* (voir tableau 1) de six différentes chansons interprétées par quatre chanteurs. Ces quatre chanteurs ont été enregistrés une première fois alors qu'ils déclamaient les paroles, et une seconde fois pendant qu'ils les chantaient.

2.2 Quelques caractéristiques de la langue créole

Le gwoka se chante exclusivement en créole, que les linguistes considèrent comme un mélange de langues (le français, l'anglais, l'amérindien et des langues africaines) né dans les colonies. En d'autres termes, c'est une rencontre entre des langues européennes et celles des esclaves d'origine africaine déportés en Guadeloupe. Le créole a

Tableau 1 – Les 6 interprétations utilisées dans la présente étude.

Piste	Chanson	Chanteur	# voyelles		durée (sec.)	
			chantées	parlées	chantée	parlée
1	Grand Bon Matin	RM	285	181	48.6	18.8
2	Dodo	MT	222	214	63.2	38.0
3	Fwansémé	JJ	97	101	16.7	11.1
4	Kan Siren La Sone	RM	576	404	128.3	47.6
5	Olaouteye	MT	360	366	94.5	62.9
6	Wolen	MLD	190	153	43.3	20.7

une double étymologie : *criollo* en espagnol et *crioulo* en portugais. Ces mots tirent leurs origines du latin *criare* qui signifie élever, éduquer ou nourrir. Derrière ce terme se profile l'idée de création.

Le créole guadeloupéen est parlé dans l'ensemble de l'archipel qui compte près de 430 000 habitants. Dans le contexte diglossique (français et créole) que connaît la Guadeloupe, le créole est très utilisé dans les chansons. L'alphabet du créole Guadeloupéen (tableau 2) est composé de 23 lettres : les lettres H, Q et X du français ne sont pas utilisées. Le créole Guadeloupéen comporte 39 phonèmes dont 10 sont considérés comme étant nasal (tableau 3) et le français en comporte 8 sur 36. Comme en français, les voyelles /a/, /ɛ/ et /ɔ/ sont nasalisées ainsi que les consonnes /m/ et /n/. Le créole possède également un type de phonème qui consiste à combiner une voyelle nasalisée avec une consonne nasale, par exemple /ɛ̃n/ ou bien /ɔ̃n/.

Le créole Guadeloupéen se distingue de la langue française par le phénomène de nasalisation des voyelles. Par exemple, l'ensemble des verbes se terminant par /ɛ̃dre/ ou par /ãdre/ en français, se termine en créole en /ẽn/ ou en /ãn/ d'après la thèse de doctorat de Delumeau [8]. Certaines consonnes comme le /d/ ou le /r/ sont nasalisées en créole et substituée par une consonne nasale comme le /m/ ou le /n/. L'ensemble de ces phénomènes phonologiques ont été étudiés en détails dans la thèse citée ci-dessus [8] en vue d'une synthèse de voix en créole. Ces observations permettent de faire état d'une langue où la nasalité est déjà très fortement présente. Nous étudierons par la suite comment le passage du parlé au chanté modifie cette nasalité.

Tableau 2 – Prononciation (IPA) de l'alphabet en créole Guadeloupéen.

A	B	C	D	E	F	G	I	J	K	L	M
a	be	aʃ	de	ə	ɛf	ge	i	ʒe	ka	ɛl	ɛ̃m
N	O	P	R	S	T	U	V	W	Y	Z	
ɛ̃n	o	pe	ɛr	ɛs	te	y	ve	du've	i'gɛk	ze	

Tableau 3 – Phonèmes et leur prononciation (IPA) en créole Guadeloupéen.

a	an	ann	ayi	b	ch	d	e	en	enn	eu	é
a	ã	ãn	a$\breve{i}$i	b	ʃ	d	ə	ɛ̃	ɛ̃n	œ	e
éyi	è	f	g	i	in	j	k	l	m	n	o
e$\breve{i}$i	ɛ	f	g	i	in	ʒ	k	l	m	n	o
on	onn	ou	oun	ò	p	r	s	t	u	v	w
ɔ̃	ɔ̃n	u	un	ɔ	p	r	s	t	y	v	w
wa	y	z									
wɑ	j/i	z									

3 Méthodologie

3.1 Segmentation des voyelles

La segmentation manuelle des voyelles à laquelle nous avons procédé, a été réalisée à partir du signal acoustique, avec l'outil *Transcriber*[1]. Celle-ci permet d'obtenir directement le nombre de voyelles. Une segmentation automatique aurait été préférable pour assurer une meilleure reproductibilité des résultats. Malheureusement les outils de segmentation automatique en phonèmes ne sont pas disponibles pour le créole. Le nombre de voyelles obtenues après segmentation pour chaque chanson est référencée dans le tableau 1.

3.2 Extraction de descripteurs

Il n'existe a priori pas de consensus pour la définition d'un éventuel degré de nasalité [18]. Cependant plusieurs types de descripteurs permettent de mettre en avant ce phénomène. Lors de la production d'un phonème nasalisé, le voile du palais (ou velum) s'abaisse, l'air expiré passe de ce fait à la fois par les fosses nasales et orales. Il en résulte une baisse de l'énergie acoustique.

D'après Delattre [7], l'ouverture des fosses nasales ce qui induit une augmentation du volume des cavités et donc un abaissement de la fréquence de résonance de celles-ci. Cela peut se traduire non seulement par une baisse de l'amplitude du 1er formant mais également par une augmentation de la bande passante de ce même formant [12] et une augmentation de sa fréquence [9, 11]. Hawkins et Stevens [10] ont démontré l'existence d'une anti-résonance lors de la production d'un phonème nasal. L'apparition de fréquences de résonance propres aux cavités nasales a été également mise en évidence, notamment autour de 250-450 Hz. L'apparition d'un formant nasal autour de F_1 induit une répartition de l'énergie vers des fréquences plus élevées.

Les descripteurs régulièrement utilisés pour l'analyse de la nasalité sont généralement basés sur la différence d'amplitude entre le premier formant (A_1) et l'émergence d'un pôle nasal (P_1) [4]. Mais aussi les formants, notamment dans l'étude du triangle vocalique [15]. D'autres descripteurs ont été proposés, comme une différence d'énergie avant 320 Hz et après [18], ou encore les coefficients cepstraux, dans le but de faire une reconnaissance automatique [22]. Les descripteurs utilisés ici sont (1) les valeurs des trois premiers formants et de leur bande passante, (2) l'énergie

1. trans.sourceforge.net/

Tableau 4 – Résultats parlé/chanté du test ANOVA sur les 6 chansons pour les trois premiers formants et leur bande passante (* variation significative si $p < 0.01$).

Piste	F_1	F_2	F_3	BP_1	BP_2	BP_3
1	104.6/110.4*	125.3/124.6	135.4/134.9*	85.2/85.3	94.3/84.1*	105.3/101.8*
2	108.3/110.9*	126.9/125.8*	136.4/134.9*	86.7/82.1*	103.4/98.5 *	102.5/104.2
3	108.1/109.5	127.3/128.2	135.4/135.1	76.4/75.7	98.0/88.5*	103.1/105.3
4	105.6/110.2*	124.9/125.9*	135.4/135.1*	77.5/82.8*	88.1/85.1*	103.8/89.2*
5	106.9/108.1*	125.2/125.2	136.0/135.1*	84.9/81.1*	100.6/98.8	104.4/106.0
6	106.4/110.9*	126.3/127.3	136.0/136.6*	80.5/79.7	96.1/85.8*	98.2/95.3

dans les bandes de fréquences [0-320 Hz] et [320-5360 Hz] (intervalles obtenus d'après [18]) à partir du spectre LPC. Ces descripteurs ont l'avantage d'être simples et robustes pour l'extraction automatique. D'après l'état de l'art, nous nous attendons à observer une augmentation de F_1, ainsi que de sa bande passante BP_1 dans le mode chanté et un rapport entre l'énergie hautes-fréquences et l'énergie basses-fréquences supérieur dans le cas du chant.

4 Résultats

Trois types d'analyses ont été conduites sur l'ensemble des chansons du corpus. La première a consisté à réaliser une analyse de variance sur les descripteurs formantiques entre les modes chanté et parlé. La seconde a porté sur l'étude du triangle vocalique examiné à partir des deux premières fréquences formantiques. Enfin la dernière analyse a été réalisée sur l'observation des spectres obtenus directement sur les signaux.

4.1 Analyse de variance

Dans cette partie, une analyse de variance (ANOVA) est réalisée sur les descripteurs formantiques : trois premières fréquences de résonance F_1, F_2 et F_3 et trois premières bandes passantes BP_1, BP_2 et BP_3. Le tableau 4 donne les valeurs moyennes de chacun des six descripteurs dans les deux modes chanté et parlé. Une différence significative est notée avec une étoile ($p < 0.01$).

D'après le tableau 4, on peut remarquer que le formant F_1 a tendance à augmenter lors du passage de la voix parlée à la voix chantée. Le formant F_2 ne semble pas quant à lui varier significativement sur l'ensemble des voyelles. Le formant F_3 est plus élevé pour le mode parlé (5/6). On observe par ailleurs une faible réduction de la bande passante de F_1 (4/6) et une réduction significative de celle de F_2 (5/6). Aucune tendance n'émerge pour la bande passante de F_3.

4.2 Analyse du triangle vocalique

Selon certains auteurs (par exemple Schwartz [19], la nasalité n'influe pas de la même manière toutes les voyelles. Dans cette section, nous étudions les deux moyennes des deux premiers formants suivant le type de voyelles /a, e, i, o, u/. Pour faciliter l'annotation, les voyelles nasales ont été regroupées avec les voyelles normales. Pour chacune des chansons, deux triangles vocaliques sont pris en compte : le triangle classique /a, i, u/ et le triangle réduit /a, e, o/. Les aires de ces triangles sont calculés en semitons.

D'après le tableau 5, l'aire du triangle vocalique classique est significativement plus élevée dans le mode chanté (sauf dans le cas 3), alors que celle du triangle réduit est plus élevée dans le mode parlé. D'après les valeurs obtenues pour chacune des cinq voyelles annotées, on peut remarquer plusieurs tendances lors du passage d'un mode parlé à un mode chanté. L'augmentation de la fréquence F_1 est significative pour toutes les voyelles sauf i. Cette augmentation est particulièrement importante pour les voyelles e, o, u. F_2 a tendance a croître pour o et à diminuer pour e, u, augmentant ainsi le triangle classique a, i, u et diminuant le triangle réduit a, e, o. L'augmentation du triangle vocalique classique dans le mode chanté, révèle une plus grande articulation, probablement due à l'adaptation des formants aux tons produits.

4.3 Analyses des spectres (LPC)

Les courbes des figures (figures 1 et 2) ont été construites à partir de coefficients issus d'un filtre LPC. Elles permettent de visualiser clairement l'allure du spectre correspondant au filtre du conduit vocal. Les courbes de LPC ont été moyennées pour toutes les voyelles d'une même catégorie et ce pour chaque mode. Elles ont ensuite été normalisées par l'amplitude obtenue aux faibles fréquences. Pour toutes les voyelles à l'exception du i, on observe une augmentation de la fréquence du premier formant, comme déjà établi précédemment.

Pour chacune des 5 voyelles et des 6 chansons, on observe un ratio d'énergie entre [0-320] et [320-5360] plus élevé dans le cas du chant. Dans le cas du mode chanté, il y a un renforcement de l'énergie dans les hautes fréquences propre à ce mode de production de la parole. Il est donc difficile de faire la part des choses entre un abaissement de l'amplitude de F_1 et une augmentation des hautes fréquences liée à l'exécution de ce mode. Cependant on remarque pour les e, i, o une baisse relative en amplitude de F_1 par rapport à F_2.

Schwartz [19] avait reporté l'apparition d'une anti-résonance dans le cas des voyelles nasales autour de 134.7 st (2400 Hz) pour a et autour de 132.4 st (2100 Hz) pour i. On remarque dans nos courbes une anti-résonance pour le a d'environ 135 st et pour le i, d'environ 125 st. Ces anti-résonances se retrouvent généralement dans les deux modes chanté et parlé principalement pour les voyelles a, i, o, confirmant ainsi le caractère nasal de la langue créole.
Des études supplémentaires semblent nécessaires pour conclure avec affirmation à une nasalisation des voyelles dans le mode chanté en langue créole. Pour cela une

Tableau 5 – Resultats parlé/chanté (⋆ variation significative si $p < 0.01$)

	F_1						
Piste	/a/	/e/	/i/	/o/	/u/		
1	108.2/112.5⋆	101.2/108.7⋆	103.7/102.6	103.0/110.6⋆	99.9/105.1		
2	111.9/112.4	106.5/110.5⋆	103.4/102.3	107.4/111.2⋆	103.6/107.7⋆		
3	112.2/112.4	105.0/108.1	101.7/103.6	108.0/112.1	104.5/105.7		
4	110.4/115.2⋆	103.1/107.7⋆	100.5/102.1	104.1/109.8⋆	100.9/103.6		
5	112.2/113.0	104.9/107.3⋆	105.0/103.4	106.0/107.4⋆	103.8/104.8		
6	112.7/115.9⋆	105.0/111.5⋆	103.4/104.6	102.0/108.4⋆	101.3/106.0⋆		
	F_2					Triangle	
Piste	/a/	/e/	/i/	/o/	/u/	/a, i, u/	/a, e, o/
1	123.8/124.7	130.2/127.7⋆	129.9/129.1	119.7/121.5	122.8/118.7	27.3/46.1	30.5/8.9
2	125.7/124.2⋆	128.6/128.1	129.8/127.8	124.1/123.6	126.2/122.0	14.9/19.9	10.9/3.0
3	126.3/127.3	130.4/129.9	131.5/130.9	121.7/124.2	117.4/121.4	66.2/38.1	25.0/7.0
4	124.2/125.1⋆	130.4/128.5⋆	128.4/121.9⋆	119.2/121.9⋆	124.5/122.9	18.7/47.0	34.1/21.4
5	123.8/124.4	130.3/129.4	129.5/133.1⋆	120.7/121.5	121.2/119.6	33.3/58.6	31.6/22.2
6	126.8/127.0	131.5/130.4	128.6/131.2⋆	120.3/122.7	123.6/122.0	24.8/49.1	49.7/22.3

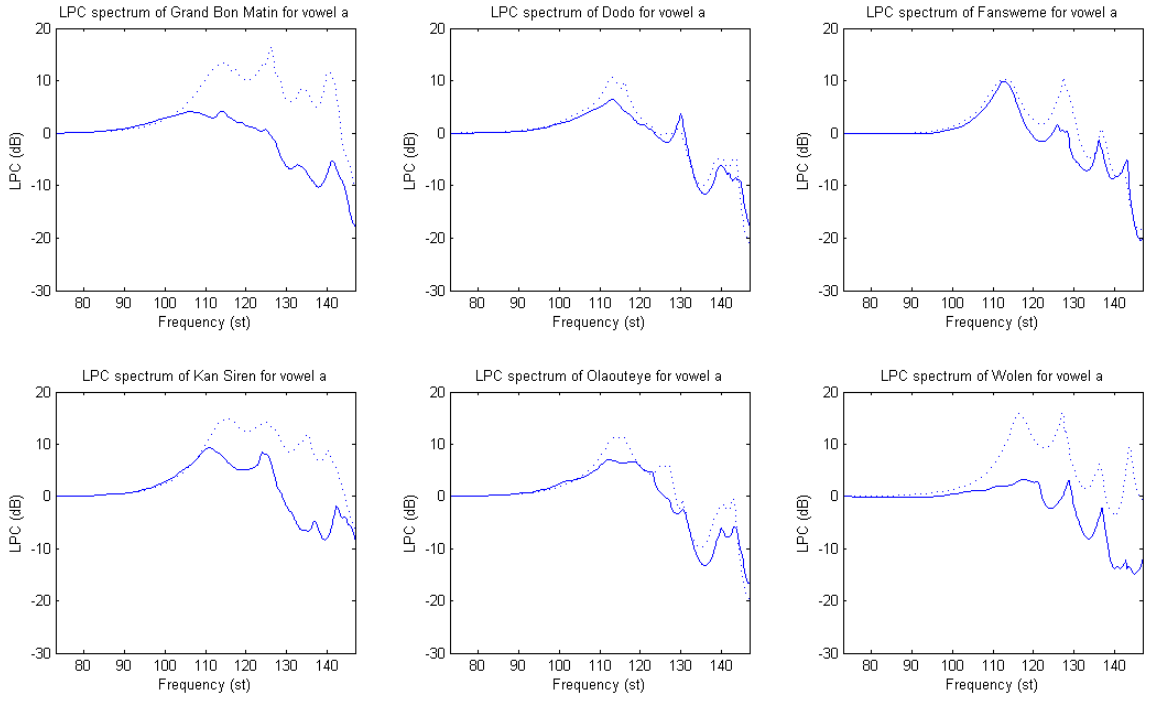

Figure 1 – Spectre LPC pour les 6 chansons pour la voyelle a

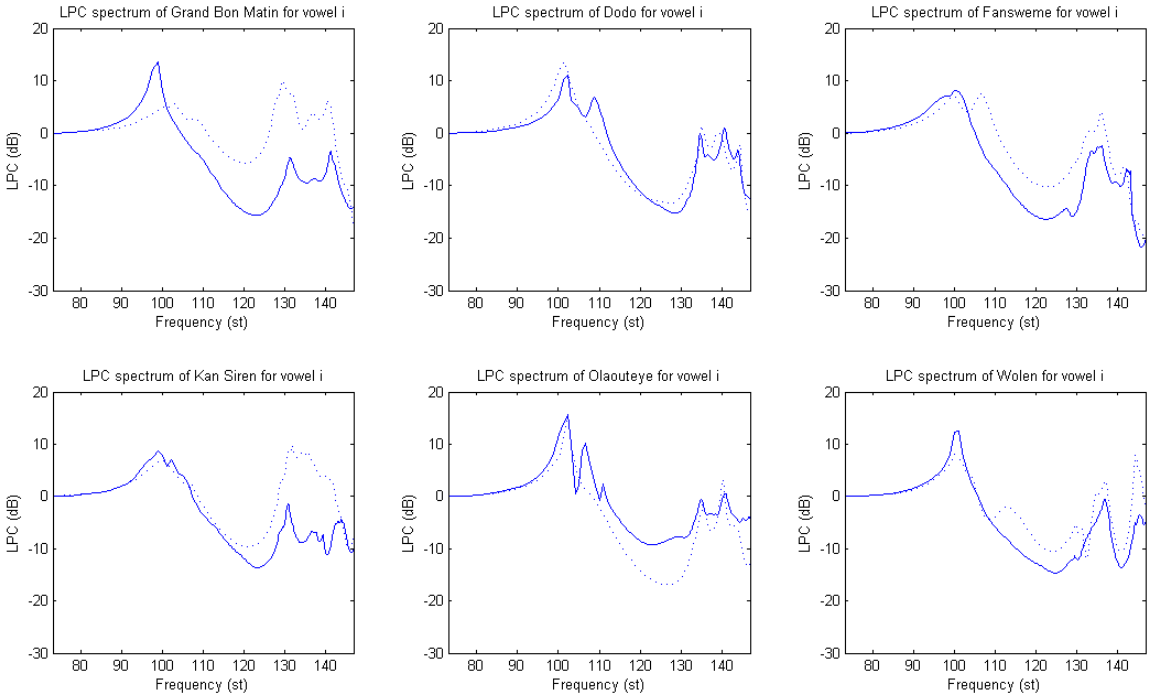

FIGURE 2 – Spectre LPC pour les 6 chansons pour la voyelle i

annotation plus fine des phonèmes (voyelles et consonnes nasales) et l'utilisation d'autres mesures pourraient apporter des éléments complémentaires. Par exemple, la quantité d'air passant par la fosse nasale, la mesure des amplitudes des premiers formant (A1) et pôle (P1). Cependant, ces mesures doivent être suffisamment robustes à l'environnement acoustique, aux différences de chanteurs et de pièces.

5 Conclusion

D'après l'analyse des voyelles extrait du gwoka, nous observons une augmentation des formants F_1 et F_2 dans le mode chanté, une réduction de la bande passante des deux premiers formants. L'analyse du triangle vocalique montre une augmentation du triangle classique et une diminution du triangle réduit, lié à l'évolution de F_2 suivant le type de voyelle. L'analyse du spectre confirme la présence d'une anti-résonance forte dans les deux modes, et une augmentation relative de l'énergie dans les hautes-fréquences dans le mode chanté. L'ensemble de ces résultats nous permet de confirmer la nasalité de la langue créole, mais également d'émettre l'hypothèse d'une nasalisation des voyelles dans le chant. Des études complémentaires doivent être réalisées pour confirmer cette hypothèse.

L'utilisation de voyelles nasales semble intrinsèque à la langue créole mais la nasalité nous parait être un élément récurrent dans le chant gwoka tout comme dans certains chants traditionnels de l'Europe de l'Est. En dehors de l'impact fondamental de la langue créole dans la pratique du gwoka, la nasalité apparaît comme une forme d'accentuation émotive qui a pour but de susciter l'empathie. Dans l'objectif de se faire comprendre et de captiver l'auditoire, les chanteurs tendent à insister sur l'élongation nasalisée des voyelles. La nasalisation, donnée paralinguistique, renforce l'ethos au moyen des expressions émotionnelles qui l'entourent, telles que la tristesse, la nostalgie, la complainte.

La nasalité apparaît comme une manière d'intensifier l'expressivité du chant et deviendrait implicitement une esthétique particulière recherchée dans le gwoka. Selon l'ethnomusicologue Aaron Fox, le phénomène de nasalisation est à la tristesse et à la plainte dans la *country music* américaine. Cette analyse pourrait aussi s'appliquer au gwoka qui, de part son histoire a longtemps été une musique de révolte, de revendication avec toutes les charges émotionnelles qui l'accompagnent.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier les chanteurs de gwoka qui ont accepté de donner leur voix pour le corpus de chants.

Références

[1] R. Ambrazevičius et A. Leskauskaitė, Effect of spoken dialect on singing technique in lithuanian traditional music, In : *Conference on Interdisciplinary Musicology*, 2007.

[2] S. Le Bagousse, Etude Perceptive et acoustique du timbre de la voix chantée dans le contexte des répertoires de tradition orales, *Mémoire de master*, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6, 2008.

[3] P. Boersma et G. Kovačić, Spectral characteristics of three styles of croatian folk singing, *J. Acoust. Soc. Am.*, **119 (3)**, 1805-1816, 2006.

[4] M.Y. Chen, Acoustic correlated of English and French nasalized vowels, *J. Acoustic. Soc. Am.*, *102*(4), pp.2360-2370, 1997.

[5] N.F. Chen, J.L. Slifka et K.N. Stevens, Vowel nasalisation in American English : acoustic variability dur to the phonetic context, *ICPhS XVI*, 905-908, 2007

[6] T.F. Cleveland, P.J. Sundberg et R. Stone, Long-term-average spectrum characteristics of country singers during speaking and singing, *Journal of Voice*, **15**, 54-60, 2001.

[7] P. Delattre, Les attributs de la nasalité vocalique et consonantique, *Stud. Linguist.*, **8**, 103-109, 1954.

[8] F. Delumeau, Une description linguistique du créole guadeloupéen dans la perspective de la génération automatique d'énoncés, *Thèse de Doctorat*, Université de Nanterre - Paris 10, 2006.

[9] O. Fujimura et J. Lindqvist, Sweep-tone measurements of vocal-tract characteristics, *J. Acoust. Soc. Am.*, **49**, 541-558, 1971.

[10] S. Hawkins et K.N. Stevens, Acoustic and Perceptual correlates of the nonnasal-nasal distinction of vowels, *J. Acousti. Soc. Am.*, **20**, 267-274, 1985.

[11] A.S. House et K.N. Stevens, Analog studies of the nasalization of vowels, *J. Speech Hear. Dis.*, **21**, 218-232, 1956.

[12] M. Huffman, Implementation of nasal : timing and articulatory landmarks, *UCLA Working Papers in Phonetics*, **75**, 112-143, 1990.

[13] P. Åke Lindestad, M. §ödersten, B. Merker et S. Granqvist, Voice source characteristics in mongolian "throat singing" studied with high-speed imaging technique, acoustic spectra, and inverse filtering, *Journal of Voice*, **15**, No. 1, 78-85, 2001.

[14] G. Kovačić, P. Boersma et H. Domitrović, Long-term average spectra in professional folk singing voices : a comparison of the kapla and dozivaćki styles, In *International Conference of Phonetic Sciences (IFA)* Proceedings, 2003.

[15] P. B. de Mareüil, M. Adda-Decker et C. Woehrling, Analysis of oral and nasal vowel realisation in nothern and southern French varieties, *ICPhS XVI*, 2007.

[16] B. R. de Medeiros, Nasal Coda and Vowel Nasality in Brazilian Portuguese, *In Selected Proceedings of the 5th Conference on Laboratory Approaches to Romance Phonology*, ed. Scott M. Alvord, 2011.

[17] A.P. Mendes, A.F. Rodrigues et D.M. Guerreiro, Acoustic and phonatory characterization of the fado voice, *Journal of Voice*, **27**, No. 5, pp.655.e9–655.e15, 2012.

[18] T. Pruthi et C.Y. Espy-Wilson, Acoustic parameters for automatic detection of nasal manner, *Speech Communication*, **43**, 225-239, 2004.

[19] M.F. Schwartz, The acoustics of normal and nasal vowel production. *The Cleft Palate Journal*, **5**, 125-140, 1968.

[20] P.E. Sitchet et M. Tahon, De l'intérêt d'un enseignement de l'analyse musicale d'une œuvre à travers différents prismes. Analyses croisées de deux pièces musicales du répertoire gwoka de la Guadeloupe, *Journées d'Analyses Musicales*, 2015.

[21] M. Tahon et P.E. Sitchet, Interest of a mixed approach combining paradigmatic method and signal processing. Case study : Analysis of two musical pieces of gwoka from Guadeloupe, In *International Colloquium : Innovant tools and methods for music and signal processing teaching*, 2015.

[22] J. Yuan et M. Liberman, Automatic measurement and comparison of vowel nasalization across languages, *ICPhS XVII*, 2244-2247, 2011.