

Un paradoxe de perception de la hauteur : la "quintina" des chanteurs sardes

Castellengo Michèle*, Lortat-Jacob Bernard** Léothaud Gilles***

* Laboratoire d'Acoustique Musicale (Univ. Paris 6, CNRS, Minist.de la Culture)

** Laboratoire d'Ethnomusicologie (CNRS, UMR9957)

*** Département de Musicologie (Univ. Paris 4)

E-mail : michele.castellengo@upmc.fr

Résumé :

La théorie du "résidu" de Schouten et celle de la hauteur virtuelle de Terhardt expliquent le fait que plusieurs composantes harmoniques de fréquence élevée peuvent produire la sensation d'un son fondamental grave. Ces théories sont fondées sur les résultats d'expériences faites en laboratoire, avec des sons purs et des mélodies élémentaires. Notre recherche concerne une pratique musicale étonnante de chanteurs traditionnels sardes. B. Lortat-Jacob a constaté que lors d'une polyphonie à quatre voix, une cinquième voix pouvait se faire entendre. Contrairement aux expériences de laboratoire la voix naturelle est peu stable et le spectre en est très complexe.

A l'aide de filtrages réalisés par Phase Vocoder nous montrons que 1/ seules deux composantes du spectre total suffisent pour générer la cinquième voix; 2/ ces deux composantes, qui sont les harmoniques 2 et 3 du fondamental de la cinquième voix, sont situées dans la zone de fréquence dite "dominante". Le phénomène se produit lorsque les chanteurs réalisent une fusion particulière entre leurs voix. Le rôle des relations harmoniques entre les chanteurs et ceux des ajustements vocaliques sont analysés et discutés.

1- INTRODUCTION

Parmi les chants polyphoniques du bassin Méditerranéen les chants de Sardaigne sont particulièrement remarquables et ont fait l'objet de plusieurs études approfondies par B. Lortat-Jacob [1]. L'étude que nous présentons porte sur un chant très particulier dit du "Jesu", exécuté pendant la procession du Lundi Saint, par la confrérie de l'Oratorio di Santa Croce du village de Castelsardo.

Le chœur est constitué de quatre voix masculines s'échelonnant du grave à l'aigu : bassu, contra, bogi et falzittu¹. Dans l'extrait que nous présentons la polyphonie est fondée sur des enchaînements d'accords parfaits, majeur ou mineur, selon la disposition suivante : fondamental, quinte, octave, tierce majeure (à la dixième du fondamental). Soit, en partant du sol grave de la basse : Sol1, Ré2, Sol2 et Si2.

Les voix sont timbrées, très riches en harmoniques mais, fait remarquable, une voix aiguë, au timbre particulier semble planer au dessus du falzittu. Cette cinquième voix, dont l'effet est très apprécié des chanteurs, n'émerge que lorsque la prestation est très réussie. Elle pose un intéressant problème de perception acoustique que nous allons tenter d'éclaircir.

¹ Il faut remarquer que le terme « falsittu » ne correspond pas à un registre vocal particulier. Ce nom traditionnel désigne la voix haute de la polyphonie, qui utilise, comme les autres, le registre dit de poitrine.

2 - LA QUINTINA DU CHANT DE LA PASSION.

La cinquième voix

A l'audition du chant l'auditeur est tout d'abord surpris par la qualité des voix, la plénitude fusionnelle, le déroulement de la polyphonie procédant par mouvements parallèles, et ne détecte pas immédiatement la cinquième voix qui s'intègre parfaitement à l'harmonie générale. Mais dès que l'attention s'y porte, la présence étrange d'une voix féminine dans ce chœur d'hommes surprend et devient très vite obsédante. Dans l'exemple que nous avons analysé, la mélodie de la cinquième voix est entendue deux octaves au dessus de celle du bassu. Si nous prenons comme fréquence de la voix de bassu un Sol₁ = 100 Hz, le fondamental de cette voix se situerait à 400Hz.

Analyse spectrale d'un accord.

Examinons figure 1, l'analyse spectrale de l'un de ces accords parfaits chanté sur la voyelle « a ». On voit à gauche le sonagramme, et au milieu un spectre moyenné réalisé sur l'intervalle de 1,5s qui sépare les deux curseurs verticaux. On constate d'emblée que les fondamentales des quatre voix sont d'intensité relativement faible et que rien de remarquable n'est visible à 400Hz. Les deux maxima du spectre se situent autour de 1250 Hz et 750 Hz. S'agissant d'une musique polyphonique vocale, ce renforcement peut provenir des formants vocaliques mais aussi des harmoniques communs aux sons de l'accord, d'autant que l'ajustement des voix se fait selon les intervalles de la série harmonique, avec en particulier une tierce majeure dite « pure » (rapport 5/4)

Pour mettre en évidence les harmoniques communs nous avons dessiné côte à côte, à la partie droite de la figure, les harmoniques de chaque voix isolée avec la même échelle de fréquences que celle du spectre. Trois coïncidences triples sont visibles sur les sons correspondant aux harmoniques 6, 10 et 12 du bassu. Excepté le Ré₅ il n'y a pas de coïncidence avec la note recherchée. L'exploration des coïncidences entre harmoniques communs ne donne pas d'explication au phénomène de la quintina.

3 - LA QUINTINA : UN SON DE HAUTEUR VIRTUELLE

Investigation perceptive

Pour nous éclairer dans l'interprétation des spectres nous avons effectué l'expérience suivante. Ayant écouté un fragment du chœur de 3 accords descendants, la mélodie de trois sons de la cinquième voix est chantée et enregistrée, puis analysée dans les mêmes conditions. En comparant les deux documents, figure 2, il apparaît alors clairement que les harmoniques 2 et 3 de la voix chantée coïncident avec des zones renforcées dans le spectre. Cette constatation suggère d'orienter l'interprétation de la perception de la quintina vers celle d'une hauteur virtuelle, suggestion confortée par le timbre si particulier de cette voix.

Données psychoacoustiques

On sait que les sons périodiques donnent lieu à une sensation de hauteur non ambiguë dont la désignation coïncide avec la fréquence du premier harmonique ou fondamental. Depuis

les premières observations de Tartini et Romieu au 18^{ème} siècle on sait que deux sons peuvent produire un « troisième son » dont la nature objective ou subjective a donné lieu à discussion. A la suite d'Helmholtz de nombreuses expériences ont été effectuées avec signaux divers (sinus, sons pulsés, sons modulés en fréquence) par Ritsma [2], Plomp [3] Houtsma [4] et Tehardt [5], et quelques principes ont été établis. Nous retiendrons que la sensation de hauteur (*low pitch*) due à la combinaison de fréquences supérieures du spectre (*spectral pitch*) - que ces fréquences soient ou non en rapport harmonique - se produit aisément lorsque les conditions suivantes sont réunies :

- Les composantes du spectre doivent être dans un rapport d'intervalle proche des premiers harmoniques 2, 3 et 4, ce qui signifie qu'elle sont dans des bandes critiques séparées.
- Les composantes doivent se trouver dans une « zone dominante » du spectre, située grossièrement entre 800 et 2000 Hz.
- Deux composantes suffisent pour produire une sensation de hauteur tonale.

Vérification de l'hypothèse par l'analyse/synthèse

Pour vérifier notre hypothèse nous avons supprimé deux composantes du spectre. A l'aide du Phase Vocoder², nous avons éliminé du spectre les deux composantes correspondant aux harmoniques 2 et 3 de la "cinquième voix". Immédiatement la perception de la quintina a disparu. A l'inverse, en écoutant isolément les deux composantes extraites, on reproduit la quintina ! On peut montrer de plus que le fait d'ajouter ou non la composante correspondant à la fréquence fondamentale ne change pas la sensation de hauteur.

5 - L'AJUSTEMENT DES VOYELLES DANS LE CHANT DU JESU

Si l'on prête un peu attention au texte des chants, on remarque rapidement qu'il est assez difficile d'en comprendre les paroles.³.. Selon B. Lortat-Jacob, les chanteurs savent qu'ils doivent adapter le son des voyelles. Ils le font tout d'abord pour donner à chaque voix une sonorité particulière, plutôt « ronde » pour la basse, et plutôt « brillante » pour le falzittu ; mais aussi pour obtenir une parfaite fusion qui va de pair l'émergence de la cinquième voix.

Du point de vue acoustique les voyelles sont des objets complexes que l'on peut caractériser par les paramètres de leurs formants spectraux : fréquence centrale, largeur de bande, intensité. Lorsque ceux-ci sont modifiés, nous pouvons entendre un changement de voyelle mais aussi un changement de timbre de la voix. Les deux premiers formants jouent un rôle prépondérant dans la reconnaissance, et particulièrement le 2^{ème} comme on peut le voir figure 3 : par sa position dans le spectre il donne le caractère clair « è » ou sombre « o » de la voyelle. De plus, le 2^{ème} formant se déplace dans la zone « dominante » comprise entre 800 et 1600 Hz, qui correspond à aux harmoniques de la quintina. En effet, dans le « Jesu », la voix de bassu parcourt un intervalle de quarte, de sol1 (100 Hz) à do2 (125 Hz) . Ses harmoniques 8 et 12 qui correspondent aux 2^{ème} et 3^{ème} harmoniques de la cinquième voix, tombent respectivement dans les zones de 800-1000 Hz et 1200-1500 Hz.

En conséquence, « accorder » la couleur de la voyelle - ici principalement le 2^{ème} formant - d'un « a » ou d'un « o » peut être critique pour la quintina. Cet ajustement concerne les

² logiciel d'Analyse Synthèse Audiosculpt, développé à l'IRCAM

³ il s'agit de textes liturgiques : Miserere, Jesu ».

trois premières voix. Le falzittu qui utilise « é » et « è » contribue plutôt à la sonorité brillante de l'ensemble.

6 – CONCLUSION

La technique d'accordage formantique est bien connue pour produire des mélodies spectrales. Dans le cas des chants de Sardaigne, la hauteur perçue n'est pas directement celle d'un formant, mais la résultante de deux composantes en rapport de quinte, situées dans la zone 800-2000 Hz. Pour que le phénomène se produise les chanteurs doivent satisfaire à une double exigence : une parfaite intonation (fusion harmonique) et un ajustement précis des voyelles. Seuls quatre chanteurs très avertis, en interaction étroite, capables de s'écouter tout en percevant le résultat d'ensemble peuvent parvenir à une telle perfection, et donner naissance à la mystérieuse « quintina ».

7 – REFERENCES

- [1] Lortat-Jacob B., (1998) *Chants de Passion. Au cœur d'une confrérie de Sardaigne*, Les éditions du Cerf, Paris, 343p (with CD).
- [2] Ritsma, R.J., (1967), Frequencies dominant in the perception of the pitch of complex sounds, *J. Acoust.Soc.Amer.*, **42**, 191-198.
- [3] Plomp R., (1976), *Aspects of tone sensation*, Academic Press, London.
- [4] Houtsma, A.J.M., (1979), Musical pitch of two-tone complexes and predictions by modern pitch theories, *J. Acoust.Soc.Amer.*, **66**, 87-99.
- [5] Tehrardt E., Stoll G., Seemann M, (1982; Pitch of complex signals according to virtual-pitch theory: tests, examples, and predictions. *J. Acoust.Soc.Amer.*, **71**, 671-678.
- [6] CD-*Les voix du monde*; Léothaud G., Lortat-Jacob B, Zemp H.; CNRS-Le chant du monde; CMX 374 1010.12

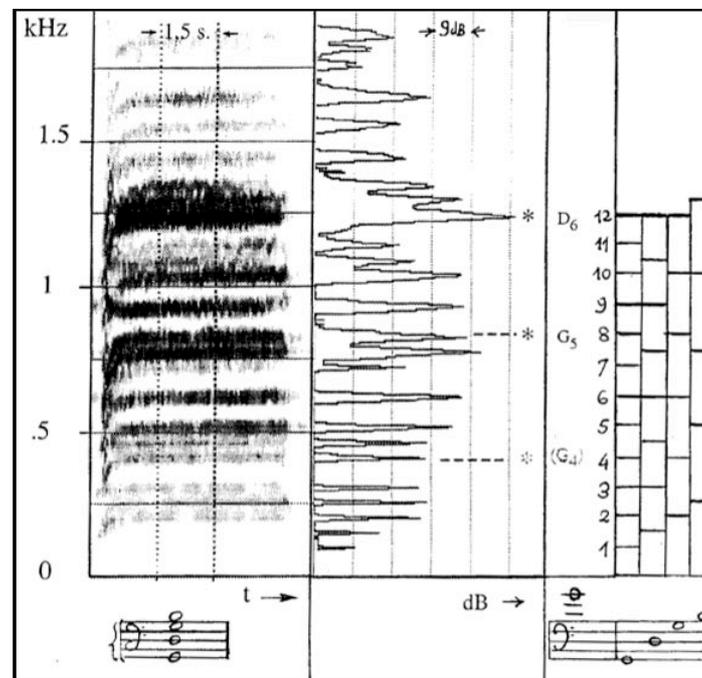


Figure 1 - Analyse d'un accord. De gauche à droite : 1) sonagramme ; 2) spectre moyenné (les astérisques signalent les deux composantes de la quintina et la résultante basse) ; 3) spectre harmonique de chaque voix.

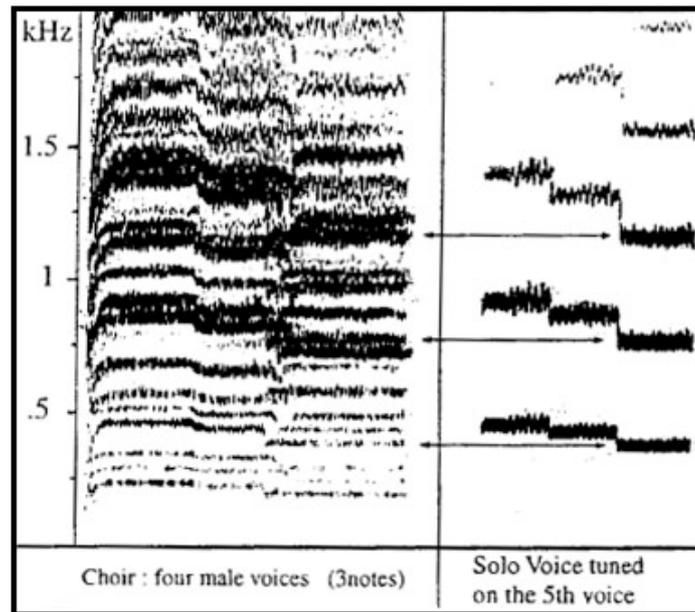


Figure 2 - Analyse sonographique de trois accords successifs chantés par le chœur. A droite : voix solo chantant la mélodie de la "quintina", où l'on voit que les harmoniques deux et trois coïncident avec les zones formantiques les plus intenses.

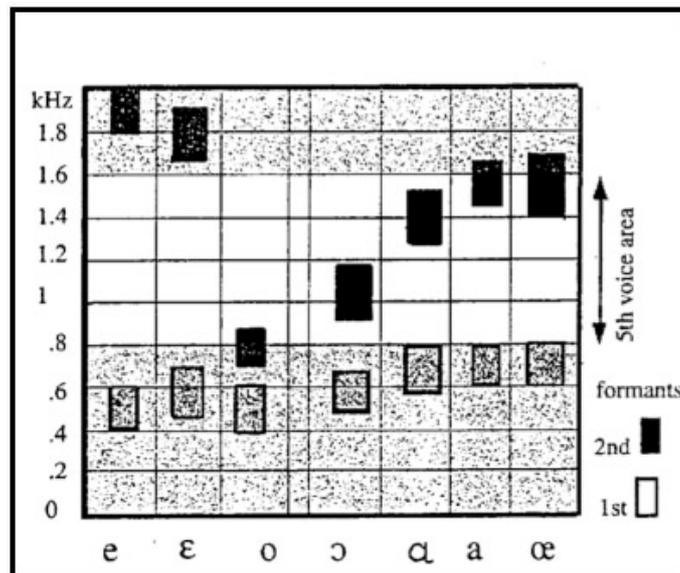


Figure 3 - Position des deux premiers formants vocaliques des voyelles du chant. Notez l'importance du deuxième formant des voyelles "o" ouvert, "â", "a" et "œ" qui sont principalement responsable de la quintina et leur situation dans la zone d'écoute dominante (en blanc).