

Étude comparée de la qualité sonore du jeu de cromorne dans quatre orgues classiques : évaluation psycho-acoustique de la nasalité

M. CASTELLENGO, P. GOAD

Laboratoire d'Acoustique Musicale
CNRS

Université Paris 6

Ministère de la Culture, Case 161, 4, place Jussieu, F-75252 Paris cedex 05
castel@ccr.jussieu.fr / pgoad@scn.org

SUMMARY

This study concerns the timbral qualities of a particular organ stop : the "cromorne" which is very common in the french classical organ. We explored the relationship between the adjective "nasal" used by organ experts to describe the sound, and the variables characterizing differences found in preliminary spectral analyses and suggestions from the literature. Subjects were forced to choose the more nasal between two organ tones of the same pitch across two octaves of the lower range. Four measures of spectra comprising the center of spectral gravity (centroid), high frequency content (sharpness), ratio of odd to even harmonics and fundamental level were chosen as predictor variables in regression analyses, as well as the categorical variable of pitch.

Results showed nasality to be pitch-dependent. In the lower octave (66 to 124Hz) all four criteria were significant predictors of nasality. In the second octave (132 to 248Hz) the centroid, sharpness and odd/even ratio variables were significant. However, in both octaves, only the centroid and sharpness values significantly reduced residual deviance.

1. INTRODUCTION

Les jeux d'orgue à anche : trompette et clairon, cromorne, hautbois, voix humaine tiennent une place originale dans l'orgue classique français, tant par leur nombre et leur emploi musical, que par leur sonorité particulière. Lors d'une étude comparative de quatre instruments historiques de grande qualité, plusieurs experts (organistes, facteurs) ont employé le terme "nasal" pour qualifier la sonorité du cromorne. L'étude de Kendall and Carterette, (1993) ayant montré par ailleurs que ce terme était bien corrélé avec les résultats de l'analyse multidimensionnelle de la dissimilarité de timbres instrumentaux, nous avons porté notre recherche sur la caractérisation acoustique de la "nasalité du cromorne d'orgue" à l'aide de quatre critères spectraux : le centre de gravité spectral (cgs), la brillance (Aures, 1985), le rapport d'énergie des harmoniques impairs aux harmoniques pairs (Fabre et coll. 1989) et le niveau du fondamental.

2. MÉTHODE

2.1 Stimuli - L'enregistrement du son du cromorne a été réalisé dans les mêmes conditions sur chaque instrument : jeu en gamme chromatique détachée, micro situé à environ 10m de la façade, au niveau des bouches du grand orgue. Seules les deux premières octaves graves, caractéristiques de la sonorité ont été retenues pour l'étude. Les sons (Do1 à Si 2) ont été transférés sur ordinateur pour être "préparés". En effet, le test d'écoute comparative ne devant porter que sur les qualités du spectre il était nécessaire d'égaliser perceptivement pour chaque note, la hauteur fondamentale, l'intensité et la durée. Pour les mêmes raisons une enveloppe globale d'attaque (20ms) et d'extinction (150ms) a été appliquée à chaque son. Nous avons ensuite constitué 288 paires de sons de même hauteur (24 hauteurs différentes).

2.2 Protocole - Le test d'écoute est de type "choix forcé". A l'écoute d'une paire AB, répétée librement, le sujet doit désigner le son le plus "nasal" (A ou B). Trois paires bien différenciées sont présentées au début du test à titre d'initiation. 23 sujets ont participé à l'expérience.

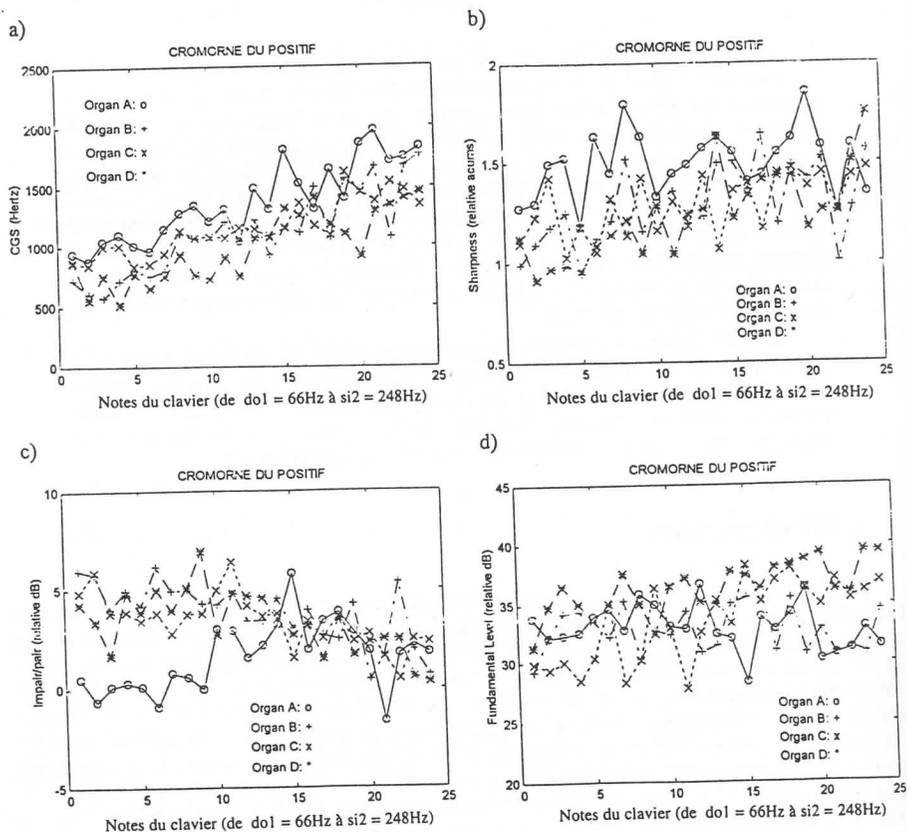


Figure 1 - a) CGS (Centre de Gravité Spectral en Hz) - b) Brillance (acums)
- c) Rapport Impair/Pair (dB) - d) Niveau du fondamental (dB)

2.3 Analyses acoustiques - A partir des données issues de l'analyse FFT de chacun des 96 sons, nous avons calculé la valeur des trois premiers critères, le quatrième étant fourni directement par la FFT.

2.4 Résultats - Chacune des fenêtres de la figure 1 montre, avec un code graphique permettant de différencier les orgues, la courbe de variation de la valeur de chaque critère avec la note du clavier. Soulignons d'emblée l'étonnante variabilité des valeurs pour les notes successives alors qu'il s'agit d'instruments dont la qualité sonore est attestée. Cette observation, déjà signalée lors d'études antérieures (Goad,1994 et Fabre et Castellengo,1989) suggère qu'une étude soit menée de l'élaboration perceptive du concept d'homogénéité timbrale en rapport avec la variabilité des paramètres de description spectraux.

Pour étudier les relations entre chacun des critères et la "nasalité" perçue nous avons soumis les résultats à une régression linéaire généralisée en utilisant une distribution de Poisson. Pour chaque paire la *différence* est calculée, affectée d'un signe négatif ou positif selon l'ordre des présentations. Les résultats, incluant le paramètre "hauteur fondamentale", ont montré que les différences calculées sur chacun des critères : cgs, brillance, rapport pair/impair, niveau du fondamental sont significatives du caractère de nasalité ($p < .05$).

L'étude de la distribution des différences selon la tessiture ayant montré que le facteur fréquence fondamentale était d'importance mineure pour notre corpus, nous avons modélisé les données en traitant séparément les deux octaves. Les résultats montrent que les deux premiers critères, cgs et brillance, sont de très bons prédicteurs de la nasalité et de plus, réduisent de façon prépondérante l'écart résiduel au modèle dans les deux octaves. Pour les deux autres critères, les résultats sont moins nets, en particulier la valeur du niveau du fondamental n'est pas significative dans la deuxième octave. La contribution de ces deux critères à la réduction de l'écart au modèle est faible. Le modèle retenu est alors réduit aux deux premiers critères dont les différences, pour chaque paire sont figurées, après lissage, en fonction de l'accroissement de nasalité. (figure 2)

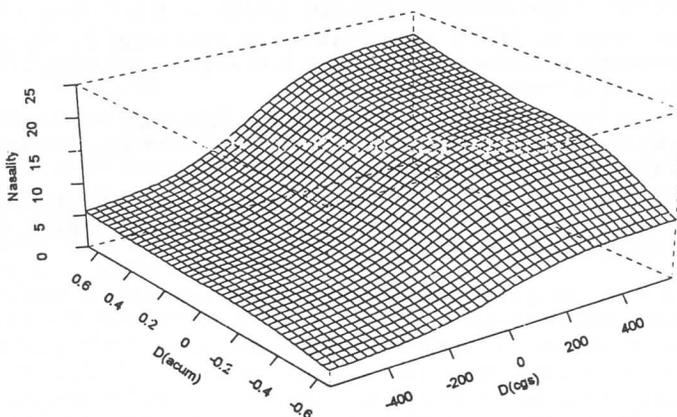


Figure 2. Modèle de régression prédisant l'augmentation du nombre des réponses de "nasalité" avec l'accroissement de la différence en cgs (Hz) et en Brillance (acums) entre les deux sons d'une paire. Le signe de la différence dépend de la première note présentée dans la paire.

3. DISCUSSION

Cette étude portant sur la perception du degré de nasalité des sons d'un jeu d'orgue à anche a permis de montrer la pertinence de deux critères : la brillance et le centre de gravité spectrale. Le rapport d'amplitude des harmoniques impairs et pairs, caractéristique du spectre du cromorne, ainsi que le niveau du fondamental n'ont qu'une part réduite dans l'interprétation des résultats. Une étude de la perception des voyelles (Beddor, 1993) a montré que le qualificatif "nasal" a plutôt un sens relatif qu'absolu et nous pensons qu'il en est de même pour la caractérisation des sons musicaux dans leur écoute habituelle en contexte. Les résultats présentés concernent des sons d'orgue, d'une tessiture donnée (66 à 248Hz) et présentés isolément. Il est probable, compte tenu de la variations des caractéristiques de l'oreille humaine selon les zones de fréquences, que l'écoute des sons des deux octaves supérieures nous aurait conduit à retenir d'autres critères.

Contrairement à des adjectifs comme "chaud, clair" qui relèvent d'autres modalités sensorielles, le terme "nasal" relève strictement du domaine auditif. Nous pensons qu'il peut être relié de façon objective et pertinente aux caractéristiques spectrales des sons. Le développement de cette recherche, qui doit s'appliquer à d'autres catégories de sons, est mené en collaboration avec des spécialistes de l'analyse du langage.

4. BIBLIOGRAPHIE

- Aurès Von, W (1985) Berechnungsverfahren für den sensorischen wohlklang beliebiger schallsignale. *Acustica*, **59**, 130-141.
- Beddor P.S. (1993) The perception of nasal vowels. in *Phonetics and Phonology; Nasals, Nasalization, and the Velum*, **5** (171-196), collectif d'auteurs édité par Huffman M. et Krakow R., San Diego, Academic Press
- Castellengo M. (1994) Approche acoustique de l'orgue F.H. Clicquot, in *Cathédrale de Poitiers : L'orgue François H. Clicquot*, Ed. Minist. de la Culture, p 82-85
- Fabre B., Castellengo M. (1989) Représentation de l'évolution du timbre des instruments de musique en fonction de la tessiture : application à l'orgue, *13th ICA*, Belgrade.
- Goad P. (1994) Timbral Sharpness and Modulations in Frequency and Amplitude : Implications for the Fusion of Musical Sounds. *Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy*. University of Washington.
- Kendall R., Carterette E.C. (1993) Verbal attributes of simultaneous wind instrument timbres : II Adjectives induced from Piston's Orchestration. *Music Perception*, **10** (4), p 469-502.