

ANNEXE 2 : Analyse Acoustique

Analyse acoustique des voix des deux aèdes

Les analyses ont été effectuées dans Matlab avec le Audio Analysis Library (Giannakopoulos, 2020) et le MIRtoolbox (Lartillot et al. 2008 ; Lartillot & Toivainen 2007) pour le calcul et la visualisation des courbes de hauteur, les spectrogrammes, les enveloppes d'amplitude et le *Long-Term Average Spectrum* (LTAS). Parfois, nous avons utilisé Praat (Boersma & Weenink 2007) pour le calcul et la visualisation des formants. Tous les extraits ont une fréquence d'échantillonnage de 44.1kHz.

Les enregistrements ont été effectués en milieu naturel, en conséquence les analyses qui portent essentiellement sur la voix peuvent avoir des traces du paysage sonore autour du chanteur.

Calcul des courbes mélodiques

L'estimation des courbes mélodiques a été faite dans le MIRtoolbox en appliquant une autocorrélation améliorée (*enhanced autocorrelation*), qui reflète d'une manière plus efficace la hauteur de tous les extraits sonores, sauf celui de *Linamin ät Utaraq* (la Dame des Vents d'Ouest). Dans l'extrait de ce personnage, l'amplitude de la voix sur les mots qui suivent son cri, « *Waja kung waja* », est tellement basse que l'autocorrélation améliorée n'arrive pas à résoudre la hauteur et nous avons appliqué une autocorrélation simple (cf. Fig. 3A de l'analyse acoustique de « *Kudaman* », Poster 1). Pour prendre en compte les changements de hauteur en fonction de temps, nous avons décomposé l'extrait sonore en intervalles d'une durée de 47.6 ms et avec un facteur de pas de 10 ms (Tolonen & Karjalainen 2000). Une hauteur minimum et maximum de 25Hz et 600Hz, respectivement, a été définie.

Calcul du spectrogramme

Le spectrogramme a été calculé avec le Matlab Audio Analysis toolbox en appliquant le Short-time Fourier Transform (STFT). Le signal a été divisé en segments de 600 ms avec un chevauchement de 50% (un facteur de pas de 300 ms) et une fenêtre de Hamming a été appliquée à chaque segment. La longueur du FFT a été déterminée

en trouvant la première puissance 2 supérieure à la longueur des segments (NFFT = 1024 pour des fenêtres de 600 ms).

Les enveloppes d'amplitude

Les enveloppes d'amplitude, qui montrent la forme globale de l'onde sonore, ont été calculées avec le MIRtoolbox. Pour extraire les enveloppes, un filtre IIR à passe-bas et avec un constant temporel de 300 ms a été appliqué.

Long-Term Average Spectrum (LTAS)

Pour calculer le LTAS, nous avons décomposé l'extrait sonore en segments avec une longueur FFT de 4096 et un facteur de pas de 2048 sur lesquels une fenêtre de Hamming a été appliquée. Le *Power Spectral Density* (PSD) de chaque segment a été calculé en décibels (dB) et nous avons déterminé le LTAS en calculant la moyenne des PSD. Un lissage gaussien a été appliqué au PSD moyenne pour atteindre une résolution $\frac{1}{3}$ octave. De plus, avant de calculer le LTAS sur un extrait sonore, tous les silences ont été supprimés de l'extrait.