

bouddhisme tibétain contiennent une harmonique renforcée, soutenue par un son fondamental. Plus rare dans d'autres régions du monde, l'utilisation des harmoniques vocales n'en est toutefois pas absente : on l'a étudiée dans le chant traditionnel des femmes Xhosa, en Afrique du Sud, et, dans les années 1920, dans certaines improvisations du chanteur texan Arthur Miles.

Depuis dix ans, l'étude des techniques et des propriétés acoustiques des harmoniques renforcées a suivi le succès grandissant des musiques touva et mongole à travers le monde. On explique le chant en le considérant formé par une source et un filtre : la source (les cordes vocales, qui sont deux membranes horizontales dans le larynx) produit des ondes sonores, que le filtre (le conduit vocal, qui s'étend des cordes vocales aux lèvres) façonne en voyelles, en consonnes et en notes musicales (voir la figure 3).

Passionné d'harmoniques

Le son est la variation de pression périodique qui se propage dans les gaz, dans les liquides ou dans les solides. Quand on parle ou quand on chante, l'onde est créée par les vibrations des cordes vocales, qui perturbent l'air qui sort des poumons ou qui y entre. La périodicité de la vibration des cordes vocales détermine la fréquence (ou hauteur) fondamentale du son produit. Toutefois, cette vibration n'est pas sinusoïdale ; elle est composée de plusieurs ondes sinusoïdales simples, de sorte que le son est un mélange de plusieurs sons purs plus hauts que le son fondamental. Chacun de ces sons est une harmonique ; sa fréquence est un multiple entier de celle du son fondamental. Par exemple, le son d'opéra le plus grave est le *do* grave, dont la fréquence est égale à 65,4 hertz (ou vibrations par seconde) ; ses harmoniques ont des fréquences de 130,8 hertz, de 196,2 hertz, etc. (voir la figure 2). Normalement, l'intensité des harmoniques diminue, avec leur hauteur, de 12 décibels par octave : autrement dit, chaque fois que la fréquence double, l'intensité est divisée par environ 16, puisque l'échelle des décibels est logarithmique.

Le filtre est le conduit vocal que parcourt le son. L'air présent dans le conduit vocal n'est pas un milieu passif qui transmettrait le son sans le

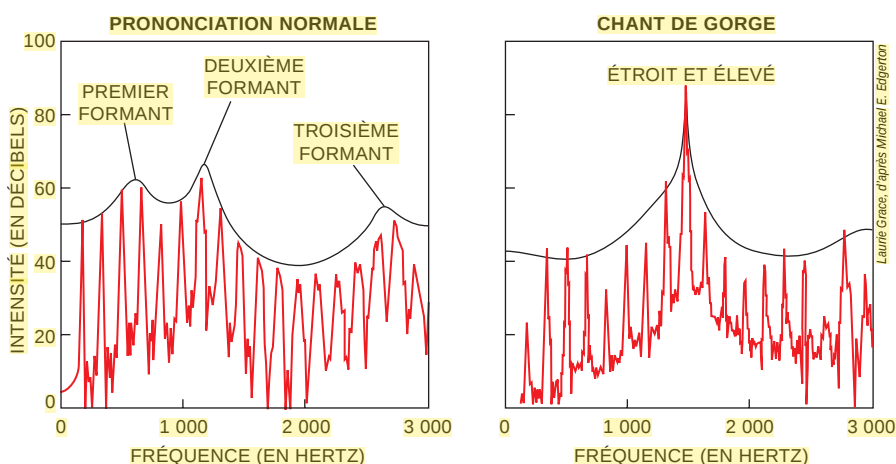
modifier ; il résonne à certaines fréquences, nommées formants, tout comme une bouteille résonne quand on souffle sur le goulot. Selon les fréquences, ces résonances naturelles amplifient ou étouffent le son des cordes vocales, transformant un bourdonnement en sons expressifs.

L'onde est également modifiée lorsqu'elle se propage à l'extérieur de la bouche : dans cet espace plus vaste, elle perd de l'énergie parce que la quantité d'air mise en mouvement est supérieure. Ce filtrage externe, nommé caractéristique de rayonnement, atténue plus les basses fréquences que les hautes fréquences.

L'ensemble de la source, du filtre et de la caractéristique de rayonnement

(voir la figure 3) produit un son dont l'intensité des harmoniques décroît en puissance à raison de six décibels par octave, sauf pour les harmoniques qui ont une fréquence proche de celles des formants (voir *La voix humaine*, par Robert Sataloff, *Pour la Science*, février 1993).

Dans la parole et le chant classiques, la majeure partie de l'intensité est concentrée dans le son fondamental, tandis que les harmoniques déterminent le timbre, c'est-à-dire la qualité sonore, qui distingue, par exemple, le son d'un violon du son d'une flûte. Dans le chant de gorge, une harmonique acquiert une intensité telle qu'elle est perçue comme un son distinct, proche d'un sifflement



4. CES SPECTRES SONORES montrent la différence entre une énonciation normale du son [o] de «fort» (à gauche) et le chant de gorge (à droite). Dans les deux cas, l'intensité est concentrée sur les fréquences des harmoniques produites par les cordes vocales (en rouge). Lorsque les harmoniques ont une fréquence égale à celle d'un formant du conduit vocal (en noir), elles sont amplifiées.

Le chant diphonique : un mode d'emploi de Trâm Quang Hai

Après quelques années d'essais infructueux, je suis soudainement arrivé à maîtriser la technique du chant diphonique dans un embouteillage sur le boulevard périphérique parisien. Grâce à d'autres expériences, dans mon laboratoire cette fois-ci, j'ai ensuite mis au point deux méthodes de chant diphonique accessibles à tous.

Dans la première méthode, la langue est en position de repos, (la base de la langue peut être légèrement remontée, mais elle ne touche jamais le voile du palais). Répétez les deux voyelles *u* et *i* alternativement (comme pour dire *oui*) et bougez seulement la bouche et les lèvres : vous percevez alors faiblement des harmoniques.

La seconde méthode implique la division de la bouche en deux cavités. Chantez avec une voix de gorge la lettre *l*. Puis maintenez la pointe de la langue au centre du palais. Prononcez alors la voyelle *u*, la pointe de la langue est toujours collée fermement à la limite du palais dur et du palais mou. Ensuite, tout en chantant, contractez les muscles du cou et de l'abdomen, comme lorsque vous soulevez un objet très lourd. Donnez un timbre nasal à votre chant et, enfin, prononcez alternativement les voyelles *i* et *u* (ou *o* et *a*) liées : vous obtenez ainsi le bourdon et les harmoniques. Modifiez la position des lèvres ou de la langue pour moduler la mélodie des harmoniques. Une forte concentration musculaire augmente la clarté des harmoniques.

désincarné. Où résonne-t-elle? Dans le conduit vocal du chanteur? Dans l'espace physique environnant? Dans l'esprit de l'auditeur?

Rétroaction biologique

Le mécanisme du renforcement des harmoniques n'est pas totalement compris, mais il semble nécessiter au moins trois composantes corrélées : l'ajustement d'une harmonique au centre d'un formant prononcé ; l'allongement de la phase de fermeture du cycle ouverture-fermeture des cordes vocales ; la réduction de

l'intervalle des harmoniques affectées par le formant. Ces trois phénomènes intensifient le couplage entre la source et le filtre. N'importe qui peut les maîtriser et apprendre le chant de gorge (*voir l'encadré de la page 53*) : les populations turco-mongoles n'ont pas une physiologie qui leur donnerait l'apanage de ce chant.

Afin d'ajuster une des harmoniques avec un formant, le chanteur règle la fréquence fondamentale du bourdonnement produit par ses cordes vocales. Ce procédé est l'équivalent sonore du décalage d'une échelle afin d'amener l'un des barreaux au niveau

d'un repère fixe. Par l'analyse acoustique, on a étudié la précision de l'ajustement nécessaire : l'intensité d'une première harmonique précisément superposée au milieu du pic d'un formant est bien supérieure à celle d'une seconde harmonique légèrement décalée. Les chanteurs ajustent cette superposition en élevant ou en baissant le son fondamental jusqu'à ce qu'ils entendent résonner l'harmonique recherchée à une amplitude maximale.

Les chanteurs de gorge cherchent également à maîtriser la vibration des cordes vocales. Chaque cycle des

Chant diphonique, triphonique et... tétrapophonique

Depuis 30 ans, les musicologues occidentaux découvrent les effets des renforcements d'harmoniques à travers les prières des lamas tibétains, les chants diphoniques des Bachkirs, des Mongols et des Touvas, ainsi qu'avec la quintina sarde, où une cinquième voix «mystérieuse» surgit de la fusion des voix d'un quatuor de chanteurs.

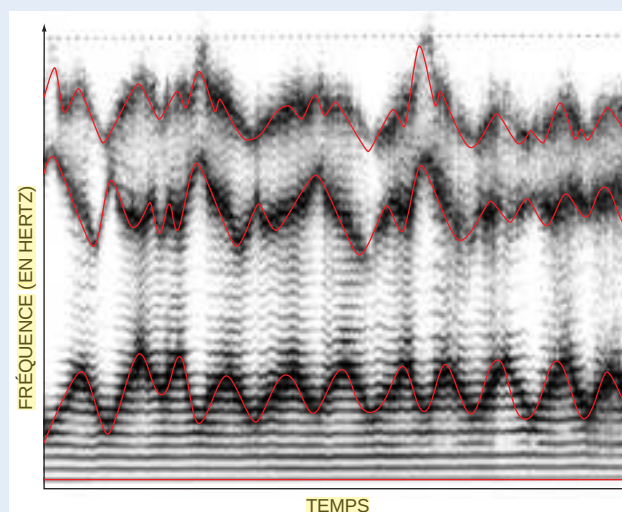
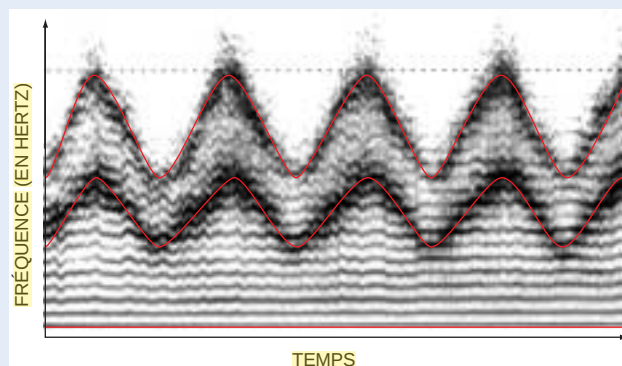
Le chant diphonique, que j'ai découvert en 1969 grâce aux enregistrements de Roberte Hamayon, de l'Université de Nanterre, superpose deux sons : un son fondamental, ou bourdon, qui conserve la même hauteur le temps d'une expiration, et une harmonique naturelle du son fondamental qui est amplifiée jusqu'à devenir audible. Cette harmonique a un timbre proche de celui d'une flûte (voix flûtée) ou de celui d'une guimbarde (voix guimbarde). Un chanteur seul chante ainsi simultanément à deux voix. Peut-on faire mieux en superposant trois ou même quatre voix?

Le chant diphonique nécessite plusieurs cavités, dont le couplage est à l'origine des fréquences aiguës de résonance des formants, qui sélectionnent et amplifient l'harmonique. Par exemple, avec la langue au repos – la bouche forme alors une seule grande cavité –, la deuxième voix ne dépasse guère 1 200 hertz. L'ambitus de la mélodie harmonique, c'est-à-dire que l'écart entre la note la plus grave et la note la plus aiguë, reste faible. L'étude des sonogrammes montre que l'intensité du formant s'étale sur trois ou quatre harmoniques. En revanche, lorsque la langue touche le palais, séparant ainsi la cavité buccale en deux parties, le formant est aigu et intense : l'harmonique supplémentaire est nettement audible.

Grâce aux sonogrammes, j'ai constaté qu'une troisième voix pouvait être produite (*voir la figure*). Cependant, cette troisième voix n'est pas commandée consciemment. Elle dépend de l'exécutant plutôt que d'une technique particulière. Le chant triphonique est possible lorsqu'un son très grave (par exemple, à une fréquence de 70 hertz) est émis : le chanteur peut alors créer deux formants qui sélectionneront chacun une harmonique. Par exemple, je peux chanter en mode triphonique avec un formant dans la zone de fréquence comprise entre 400 et 1 000 hertz, et un autre dans la zone au-dessus de 2 000 hertz. Par ailleurs,

j'étudie également le chant tétrapophonique : les quatre voix ne sont pas toutes audibles, mais elles sont reconnaissables sur le sonogramme.

Trần Quang HAI,
Laboratoire d'ethnomusicologie, CNRS, Paris



Dans ces deux sonogrammes de la voix de Trần Quang Hai, un son fondamental à 70 hertz constitue le bourdon (les lignes horizontales en rouge), tandis que des formants amplifient deux ou trois harmoniques (les lignes sinusoïdales rouges) selon que le chant est triphonique (en haut) ou tétrapophonique (en bas). Dans ce dernier cas, certaines harmoniques ne sont pas audibles.