

cordes vocales commence lorsqu'elles sont resserrées. L'air comprimé par les poumons presse sur les cordes vocales, qui cèdent en s'écartant. Puis des forces élastiques et aérodynamiques referment les cordes tout en envoyant une bouffée d'air dans le conduit vocal. Des électroglottographes, qui utilisent des capteurs placés sur le cou pour analyser ce cycle, montrent que, lors du chant de gorge, les cordes vocales sont ouvertes pendant une fraction de cycle plus courte que pour une parole normale ; elles sont fermées plus longtemps. L'intensité des harmoniques aiguës est plus forte lorsque les muscles de la gorge sont contractés et rigides, c'est-à-dire qu'ils provoquent une fermeture brusque des cordes vocales. En outre, une fermeture plus longue prolonge la résonance dans le conduit vocal en réduisant le retour des ondes sonores vers les poumons. Ces deux effets réduisent l'affaiblissement de l'intensité aux fréquences élevées : l'harmonique recherchée est plus accentuée.

Enfin, l'isolement d'une harmonique ne serait pas aussi efficace sans les techniques que les chanteurs utilisent pour augmenter l'amplification et la sélectivité du conduit vocal. En affinant les propriétés de résonance normalement utilisées pour la prononciation des voyelles, les chanteurs décalent le pic des formants et augmentent sa sélectivité (voir l'encadré de la page 56). Ils renforcent ainsi les harmoniques alignées sur le pic étroit du formant, en affaiblissant simultanément les harmoniques situées en dehors de ce pic (voir la figure 4) ; une seule harmonique est alors amplifiée. De plus, en déplaçant leur mâchoire vers l'avant, tout en avançant, en amincissant et en arrondissant leurs lèvres, les chanteurs renforcent leurs cordes vocales, minimisent les pertes d'énergie (la bouche est presque fermée) et renvoient alors les résonances vers la vibration des cordes vocales : le pic de résonance du formant est encore augmenté.

Des études en vidéofluoroscopie (radiocinématographie) et en nasendoscopie (une caméra miniature filme les cordes vocales) ont confirmé que les chanteurs modifient leur conduit vocal pour décaler la fréquence d'un formant et l'aligner avec une harmonique. En renforçant successivement différentes harmoniques, ils

produisent une mélodie. Les neuf musiciens de l'étude décalaient la fréquence de résonance du formant de quatre façons au moins. D'autres méthodes existent peut-être.

Dans la première, la pointe de la langue est placée derrière les dents du haut, pendant que la langue se bombe pour sélectionner successivement des harmoniques plus élevées. De plus, les chanteurs accordent avec précision le formant en entrouvrant périodiquement les lèvres. En République de Touva, le style de musique produit avec cette méthode est nommé *sygyt* (sifflement).

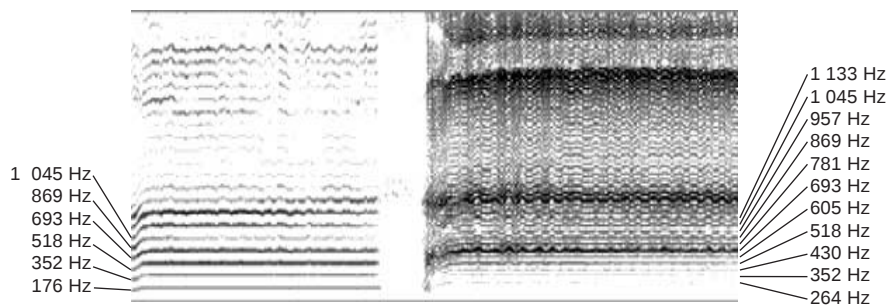
La deuxième méthode est celle du style *khöömei*. Les chanteurs avancent la langue (ce qui, dans la parole normale, change la voyelle «o» en «i») : le formant le plus bas baisse, tandis que le deuxième s'élève. En commandant avec précision la différence entre les deux formants, un musicien touva peut ajuster chacun d'eux à une harmonique différente, qui est alors amplifiée. Autrement dit, cette technique produit deux sons simultanés.

La troisième méthode requiert un mouvement de la gorge plutôt que de la bouche. Pour les harmoniques graves, les chanteurs placent la base de la langue vers le fond de la gorge, tandis que, pour les harmoniques moyennes et aiguës, ils déplacent la base de la langue vers l'avant jusqu'à créer un espace, nommé fossette, entre la base de la langue et l'épiglotte (la languette cartilagineuse qui empêche les aliments d'entrer dans les poumons). Pour les harmoniques aiguës, l'épiglotte avance pour fermer la fossette.

Dans la quatrième méthode, les chanteurs élargissent graduellement la bouche. Ainsi, ils raccourcissent le conduit vocal et élèvent la fréquence du premier formant. L'harmonique la plus aiguë qui puisse être renforcée est principalement limitée par des pertes de rayonnement, qui augmentent à mesure que la bouche s'élargit. Selon la hauteur du son fondamental, un chanteur peut isoler jusqu'à la douzième harmonique. Pour créer le style *kargyraa*, caractérisé



5. **ARTY-SAYIR** (en touva, «la rive opposée du lit d'une rivière asséchée») est une mélodie interprétée par le chanteur Vasili Chazir. Les nombres désignent les harmoniques au-dessus du fondamental : un *do* grave soutenu. La mélodie est environ un demi-ton plus basse.



6. **UN CHANTEUR DISPOSE DE DEUX FOIS PLUS DE TONS** lorsqu'il passe d'un chant normal (à gauche) au chant de gorge de style *kargyraa* (à droite). Les cordes vocales produisent un *fa* fondamental, à environ 176 hertz, tandis que les fausses cordes vocales du chanteur émettent un *fa* grave à l'octave inférieure, c'est-à-dire 88 hertz.

Les formants

Bien que les cordes vocales produisent de nombreux sons, c'est le conduit vocal qui transforme les sons bruts en langage et en musique. Le conduit modifie le son des cordes vocales en sélectionnant parmi les composantes celles qui correspondent aux fréquences de résonance naturelle de l'air dans le conduit vocal. Lors d'une parole ou d'un chant, les déplacements de la langue ou des lèvres augmentent ou diminuent les fréquences de résonance, nommées fréquences des formants.

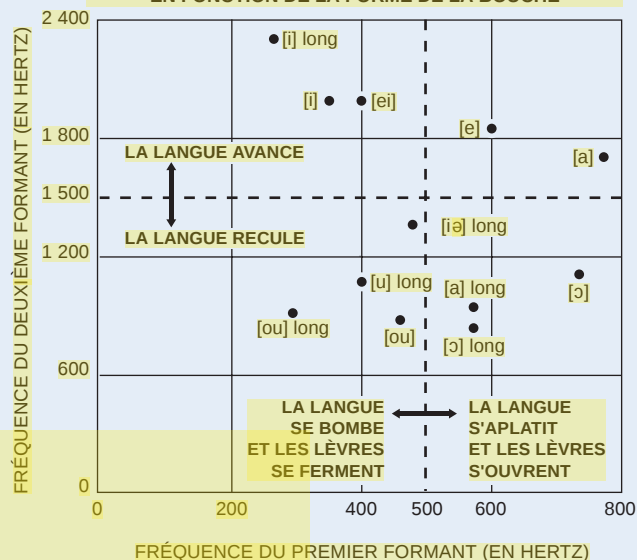
On perçoit bien ces mouvements quand on enchaîne les voyelles au cours d'une même expiration. La fréquence du premier formant est inversement

proportionnelle à la hauteur de la langue (il diminue lorsque la langue s'élève, par exemple lorsqu'on passe du son *a* de *tard* au son *i*). La fréquence du second formant est proportionnelle à l'avancement de la langue (elle augmente lorsque la langue avance, par exemple quand on passe du son *o* au son *i*). Le conduit vocal a un nombre théorique infini de formants, mais les combinaisons des deux ou trois premiers suffisent à expliquer la majeure partie des différences entre les sons des voyelles (*voir la figure ci-dessus*).

Comment les fréquences des formants sont-elles modifiées? Imaginons que le conduit vocal soit un tube fermé à une extrémité (les cordes vocales) et ouvert à l'autre (les lèvres). À une section de tube constante, les fréquences de résonance sont uniquement déterminées par la longueur du tube. Par exemple, pour un tube de 17,5 centimètres de long (soit environ l'équivalent du conduit vocal d'un homme adulte), le pic du premier formant est à une fréquence de 500 hertz, celui du deuxième à 1 500 hertz, celui du troisième à 2 500 hertz, etc.

Chaque forming correspond à l'établissement d'une onde stationnaire à l'intérieur du tube : à chaque niveau du tube, les molécules de l'air oscillent de haut en bas sur une distance qui dépend de leur position. La pression varie dans l'espace de façon périodique : elle est constante en certains endroits, nommés nœuds de pression, où les molécules parcourent la plus grande distance pour maintenir cette pression constante. Les endroits où la pression subit ses plus

VOYELLES (EN NOTATION PHONÉTIQUE INTERNATIONALE) EN FONCTION DE LA FORME DE LA BOUCHE



grandes fluctuations et où les molécules sont le plus immobiles, sont nommés antinœuds de pression (on peut négliger les mouvements aléatoires des molécules, car ils ne participent pas à l'établissement de l'onde stationnaire). L'extrémité inférieure du conduit, fermée, empêche les molécules de se déplacer, de sorte qu'elle constitue un antinœud, alors que l'extrémité ouverte sur l'extérieur est un nœud. Les formants se caractérisent par le nombre de nœuds et d'antinœuds de l'onde stationnaire (voir la figure en bas à droite).

Lorsque le tube est écrasé à un endroit, par exemple quand la langue se bombe, la fréquence change proportionnellement à

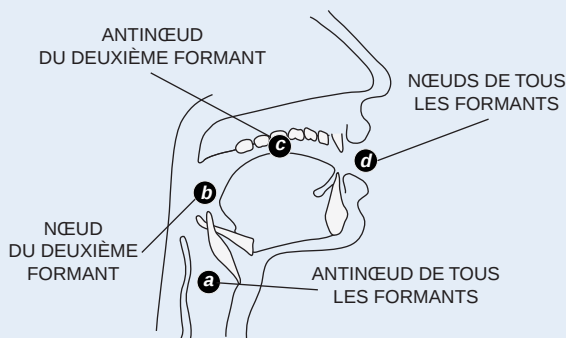
l'intensité de l'écrasement. Lord Rayleigh (1842-1919) a été le premier à expliquer ces mécanismes. Il montra notamment qu'un resserrement au niveau d'un nœud de pression réduit la fréquence du formant, tandis qu'un rétrécissement à l'endroit d'un antinœud de pression l'augmente (un élargissement produit les effets opposés).

Dans le premier cas, celui d'un resserrement à un nœud, les molécules traversent une ouverture réduite : quand la différence de pression qui les propulse reste identique, l'air est plus lent ; l'onde ralentit, donc sa fréquence diminue.

Dans le second cas, les molécules ne se déplacent pas, mais leur densité varie selon que les variations de pression attirent ou repoussent les molécules environnantes vers l'antixœud. L'écrasement réduit le volume du tube près de l'antixœud, l'addition d'un nombre donné de molécules produit donc une augmentation plus importante de la densité et de la pression : le système, devenu plus rigide, réagit plus rapidement ; la fréquence de l'onde augmente. La théorie des perturbations rend compte de la nouvelle forme de l'onde stationnaire (*voir la figure en bas à droite*).

Les chanteurs de gorge appliquent fréquemment ces principes : lorsqu'ils appuient la base de la langue contre le fond de la gorge, à l'endroit d'un nœud du deuxième formant, ils diminuent la fréquence de ce formant (*voir la figure en bas à gauche*). Dans le style *sygyt*, ils bombent la langue, rétrécissant ainsi l'antécœd du deuxième formant, dont la fréquence augmente alors.

POSITION DES NŒUDS ET DES ANTINŒUDS DANS LE CONDUIT VOCAL



MOTIFS DES ONDES STATIONNAIRES DU DEUXIÈME FORMANT

