

avec sa réaction face à un événement qui respecte les structures musicales. Ainsi, on a montré que le cerveau réagit rapidement après une violation musicale (en 200 millisecondes après le début du son). Cette réaction est semblable à celle observée après la violation d'une structure syntaxique dans des phrases.

UNE AIRE DE MUSIQUE

En outre, par imagerie cérébrale, on a mis en évidence l'importance du cortex frontal inférieur (qui comprend l'aire de Broca et son homologue dans l'hémisphère droit) dans la musique. L'aire de Broca n'est donc pas spécialisée dans le traitement du langage : sa fonction est plus générale. Elle serait impliquée dans les mécanismes nécessaires à l'intégration structurale des informations, notamment au cours du temps – qu'il s'agisse des notes d'une mélodie ou des mots d'une phrase. En 2003, Aniruddh Patel, de l'Institut de neurosciences, à San Diego, aux États-Unis, émet l'hypothèse que des réseaux neuronaux pour le traitement des informations structurales ou syntaxiques sont partagés entre la musique et le langage.

Toutefois, Isabelle Peretz, de l'université de Montréal, et d'autres chercheurs défendent l'hypothèse que certains réseaux neuronaux sont spécifiques à la musique et séparés de ceux du langage. Notamment, certains patients souffrant de lésions cérébrales présentent des troubles du langage (nommés aphasies) sans troubles du traitement de la musique. Et d'autres patients ont les symptômes inverses : ils n'ont aucune difficulté avec le langage, mais montrent des troubles de traitement de la musique, l'amusie.

L'amusie congénitale, un dysfonctionnement de la perception musicale permettra peut-être d'en apprendre davantage. Pour les quelques personnes qui en sont atteintes, la musique ne fait pas sens, elle sonne comme une langue étrangère, voire comme du bruit. Elles comprennent normalement la parole et reconnaissent des voix et des sons de l'environnement. En revanche, elles sont incapables de reconnaître une mélodie familière sans paroles et de détecter une fausse note ou quelqu'un qui chante faux.

On estime qu'environ 4% de la population souffre d'amusie congénitale (le révolutionnaire argentin Che Guevara en était atteint), mais la proportion réelle est probablement supérieure, car il est socialement peu acceptable de ne pas aimer la musique. Certaines personnes n'avoueraient pas leur handicap musical. Ce dernier contraste avec les capacités musicales des bébés et les connaissances musicales des adultes non musiciens.

Les fondements neuronaux de l'amusie congénitale commencent seulement à être étudiés. Le déficit musical serait présent dès la naissance (par opposition à l'amusie acquise



Che Guevara était atteint d'amusie congénitale : la musique sonnait pour lui comme une langue étrangère.

liée à des lésions cérébrales) et des études récentes suggèrent même qu'il se transmet génétiquement. L'étude de l'amusie congénitale améliorera notre compréhension des fondements comportementaux, neuronaux et génétiques de la cognition musicale. Toutefois, à l'heure actuelle, les corrélats neuronaux spécifiques de la musique restent l'objet des recherches en neurosciences.

La liste des universaux en musique que nous avons mis en évidence est loin d'être exhaustive. Nous pouvons notamment ajouter les berceuses. De fait, on peut reconnaître une berceuse d'une autre culture (sans comprendre les mots) ou certaines émotions dans des pièces musicales d'une autre culture. Ces invariants seraient communs au langage et à la voix.

Les berceuses mettent en œuvre des caractéristiques acoustiques comparables à celles utilisées quand on parle à un bébé : un contour mélodique simple, des répétitions, une variété limitée de hauteurs...

De même, les émotions suscitées par la musique ont des caractéristiques retrouvées dans la voix. Par exemple, l'expression de la joie est souvent associée à un tempo rapide et à une large variété de hauteurs. Toutefois, certaines émotions, évoquées par les structures spécifiques d'un système musical, renvoient à l'invariant cognitif de l'acculturation musicale. Ainsi, un des universaux de la musique serait lié à un resserrement de son universalité à un contexte culturel particulier. Un comble ? ■

BIBLIOGRAPHIE

F. MARMEL, B. TILLMANN ET W. DOWLING, Tonal expectations influence pitch perception, *Perception & Psychophysics*, vol. 70, pp. 841-852, 2008.

A. PATEL, Music, language and the brain, *Oxford University Press*, 2008.

E. HANNON ET S. TREHUB, Metrical categories in infancy and adulthood, *Psychological Science*, vol. 16, pp. 48-55, 2005.

I. PERETZ ET K. HYDE, What is specific to music processing? Insights from congenital amusia, *Trends in Cognitive Science*, vol. 7, pp. 362-367, 2003.

S. TREHUB, The developmental origins of musicality, *Nature Neuroscience*, vol. 6, pp. 669-673, 2003.

L'ESSENTIEL

● La musique, de la composition dodécaphonique et sérielle jusqu'aux morceaux pop, obéit à des règles mathématiques dont la connaissance facilite notablement l'analyse des compositions.

● Au cœur de ces règles mathématiques, on trouve le concept de groupes et diverses transformations, notamment des symétries.

● Selon certains, cette structure mathématique serait naturelle et préexisterait dans notre cerveau, ce qui ouvrirait de nouvelles perspectives pour étudier la perception musicale.

LES AUTEURS



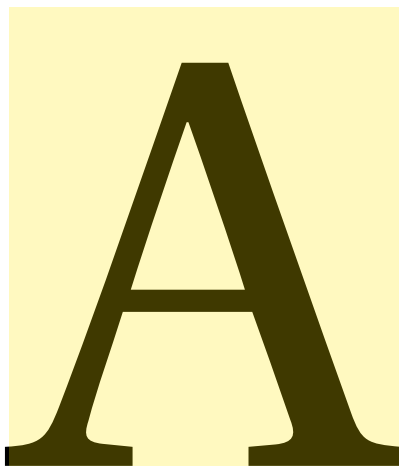
MORENO ANDREATTA est directeur de recherche CNRS en musicologie computationnelle à l'Ircam et à l'Institut de recherche mathématique avancée de Strasbourg.



CARLOS AGON est professeur en informatique à Sorbonne Université et chercheur dans l'équipe Représentations musicales de l'Ircam.

Algèbre et géométrie : sont-elles inscrites dans le cerveau ?

La musique contemporaine se comprend mieux avec les mathématiques et notamment avec la théorie des groupes. Ce sont des concepts abstraits, pourtant, ces structures seraient inhérentes à notre cerveau.

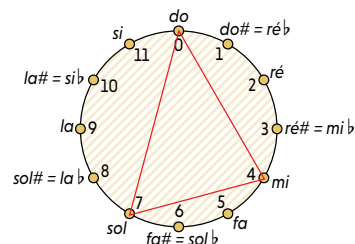


Au début du XVII^e siècle, le mathématicien suisse Leonhard Euler se penche sur une question cruciale : pourquoi la musique apporte-t-elle du plaisir ? Dans son *Tentamen novae theoriae musicae ex certissimis harmoniae principijs dilucide expositae* (« Essai d'une nouvelle théorie de la musique, exposée en toute clarté selon les principes de l'harmonie les mieux fondés »), en 1739, il répond. Selon lui, l'élément clé est la perfection, qu'il recherche dans les rapports de nombres représentant les accords.

Euler est l'un des nombreux mathématiciens, depuis Pythagore, qui se sont intéressés à la musique. Depuis une vingtaine d'années, grâce à l'informatique, l'étude des relations entre mathématiques et musique a connu de nombreux développements. La musicologie est devenue une discipline systématique, jusqu'à donner naissance à un nouveau champ d'études, la « musicologie computationnelle ». Il s'agit d'analyser les œuvres musicales de façon à mettre en évidence les structures mathématiques sous-jacentes.

Cependant, à mesure qu'elle prenait son essor, la musicologie computationnelle s'est éloignée d'autres démarches systématiques, en particulier celles orientées vers la cognition et la perception musicales. Les deux visions sont-elles compatibles ? Oui et, plus encore, nous verrons qu'elles s'enrichissent mutuellement dans un dialogue entre mathématiques et cognition.

L'utilisation des méthodes algébriques pour étudier la musique, notamment contemporaine, met en œuvre trois aspects souvent liés, à savoir les aspects théoriques et analytiques, qui nous intéresseront ici, ainsi que ceux d'aide à la composition. Trois compositeurs et théoriciens sont emblématiques de cette réflexion théorique sur



LA GAMME TEMPÉRÉE

La gamme tempérée, c'est-à-dire celle où toutes les notes sont séparées par un demi-ton, correspond à l'octave d'un piano. Elle est représentée par un cercle où chaque note est numérotée, les dièses (#) et les bémols (b) étant considérés comme équivalents selon le principe de l'identification enharmonique (par exemple le do# est égal au réb). Dans cette représentation, un ensemble de n notes, par exemple un accord ou une série dodécaphonique, correspond à un polygone à n côtés (en rouge).