

GÉOMÉTRIE ET MUSIQUE POP

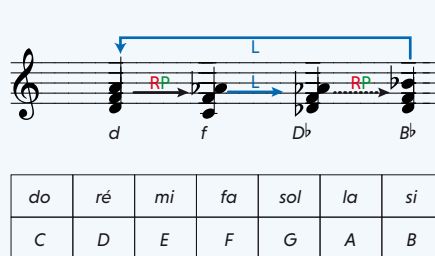
Qu'ont en commun *Madeleine* de Paolo Conte, *Easy Meat* de Frank Zappa et *Shake the Disease* de Depeche Mode ? Étonnamment, ces pièces partagent une même préoccupation quant à l'organisation harmonique ou, plus exactement, l'utilisation des symétries dans le déploiement des accords consonants majeurs et mineurs dans l'espace tonal. Pour mettre en évidence ces similitudes, nous pouvons utiliser la représentation circulaire, mais aussi une représentation géométrique dont les origines remontent à Euler : le Tonnetz (ou « réseau des notes »).

Au XVIII^e siècle, ce mathématicien suisse a proposé de considérer les notes et les tonalités comme des points d'un espace bidimensionnel, une représentation géométrique qu'il nomme le *speculum musicum*. Dans la tradition analytique américaine, le Tonnetz correspond à une triangulation de l'espace bidimensionnel où chaque triangle représente un accord

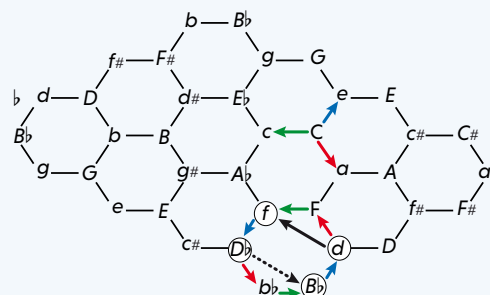
majeur ou mineur, les deux types d'accords étant reliés par trois symétries : le « parallèle » (P), le « relatif » (R) et le « *leading tone* » (L). On peut les représenter dans un espace où chaque triangle est remplacé par un point. Le « dual » ainsi obtenu (voir la figure) est un maillage hexagonal, chaque sommet indiquant un accord majeur ou mineur (ici représenté dans la notation américaine, avec des lettres en majuscule pour les

accords majeurs et en minuscule pour les mineurs). Avec ce procédé, chaque côté de l'hexagone correspond à l'une des trois symétries R, P et L. Le refrain de *Shake the Disease* est constitué de quatre accords qui se répètent cycliquement en déployant diverses symétries. Une première (en noir) est celle reliant deux accords (ré mineur et fa mineur) et obtenue en composant les symétries R (flèche rouge) et P (flèche

verte). Une transformation similaire est celle (en pointillé noir), reliant les deux accords majeurs (ré bémol et si bémol). La transformation entre le deuxième et le troisième accord, ainsi que celle clôturant le cycle, change la nature de l'accord (on passe de fa mineur à ré bémol majeur et de si bémol majeur à ré mineur). Elle correspond à la troisième symétrie du maillage hexagonal, la symétrie L (flèche bleue).



Transformations géométriques à la base du refrain de *Shake the Disease*, de Depeche Mode. La progression harmonique, constituée de quatre accords, est représentée dans le Tonnetz à l'aide d'un maillage hexagonal où les transformations P, R et L permettent de passer d'un accord majeur à un autre mineur, les deux



ayant deux notes en commun. On distingue des symétries miroir entre le premier et le dernier accord, ainsi qu'entre le deuxième et le troisième (transformation L, en bleu). Les premier et deuxième accords ainsi que les troisième et quatrième sont reliés par une composition des symétries miroirs R et P.

BIBLIOGRAPHIE

M. ANDREATTA, *Math'n pop : géométrie et symétrie au service de la chanson*, *Hors-Série Tangente*, n° 51, pp. 92-97, 2013.

L. BIGO, *Représentations symboliques musicales et calcul spatial*, thèse, Université Paris Est, Ircam, 2013.

Y. CAO ET AL., *The perception and learning of contextually-defined inversion operators in transformational pitch patterns*, 5th International Conference of Students of Systematic Musicology, Montreal, 2012.

M. ANDREATTA ET AL., *Autour de la Set Theory. Rencontre Musicologique Franco-Américaine*, Collection «Musique/Sciences», Ircam-Delatour, 2008.

à des considérations d'ordre perceptif. On a vu plusieurs exemples d'utilisation musicale de la symétrie axiale généralisée et d'invariance par rapport à l'action d'un groupe sur un ensemble. Certains compositeurs, tel Elliot Carter, ont utilisé intuitivement le paradigme diédral.

L'hypothèse d'une articulation entre progressions et réseaux transformationnels que nous avons décrite dans le cas de l'analyse par David Lewin du *Klavierstück III*, de Stockhausen, conduit à proposer une alternative aux approches traditionnelles de l'analyse des formes temporelles.

L'analyse transformationnelle implique, d'une part, la « construction » d'un réseau, mais aussi, d'autre part, l'« utilisation » de cette architecture formelle pour dégager des critères de pertinence pour la réception de l'œuvre et pour son interprétation. Autrement dit, l'intérêt de construire un réseau transformationnel réside dans la possibilité de l'utiliser, à la fois pour « structurer » l'écoute et pour

établir des critères formels utiles à son interprétation. En effet, la construction d'un réseau transformationnel s'appuie sur une volonté implicite de rendre « intelligible » une logique musicale à l'œuvre dans la pièce analysée.

Cette démarche analytique a probablement des implications théoriques inédites pour les sciences cognitives. Ainsi, l'approche transformationnelle non seulement représenterait un tournant en théorie et analyse musicales, mais elle déterminerait aussi une position singulière dans les rapports entre mathématiques, musique et cognition.

En somme, le concept de groupe est loin d'être simplement un outil technique de calcul. Souvenons-nous de ce que disait le mathématicien Henri Poincaré : « Le concept général de groupe préexiste dans notre esprit. Il s'est imposé à nous, non pas comme une forme de notre sensibilité, mais comme une forme de notre entendement. » C'est à nous, un siècle après, d'en tirer toutes les conséquences en musique. ■

Sur un air d'évolution

Les émotions musicales sont reconnues instantanément, aussi vite qu'un signal de danger. D'où sa valeur adaptative : la musique favorise la cohésion sociale. Au point d'adoucir les mœurs ?

Q

ui n'a jamais ressenti de frissons en écoutant un morceau de musique? Que ce soit le *Requiem*, de Mozart, *La Jeune Fille et la Mort*, de Schubert, une ritournelle bien troupée, un tube soul des années 1970, la musique exerce un effet profond sur l'être humain bien au-delà des sphères restreintes des mélomanes cultivés. Selon des statistiques économiques, la musique représenterait l'un des marchés les plus développés, bien avant l'industrie pharmaceutique. Les pratiques musicales ont une importance notable tant dans les sociétés industrialisées que dans les sociétés non occidentales. Ainsi, dans certaines cultures traditionnelles, on consacre plus de temps aux activités musicales qu'à celles dont dépend la tribu, la chasse notamment. Pourquoi la musique a-t-elle un tel impact? C'est aujourd'hui un important objet d'études en neurosciences et en psychologie cognitive.

Les processus cognitifs impliqués dans la perception musicale (comment le cerveau

traite-t-il les informations musicales?) sont étudiés depuis longtemps, alors que les réponses affectives à la musique (comment la musique déclenche-t-elle des émotions?) ont été négligées jusqu'à présent. Pourtant, si nous écoutons de la musique, ce n'est pas pour le plaisir d'entendre des structures sonores bien construites, que notre cerveau redéploierait lors de l'écoute, même si cette conception très formaliste correspond sans doute à une réalité pour certains mélomanes érudits.

ANALYSE ET ÉMOTIONS

Pour beaucoup de compositeurs et pour la plupart des auditeurs, le propre de la musique est d'être expressive. La musique renvoie à autre chose qu'aux sons et aux architectures sonores qui la composent: elle nous plonge dans des états psychologique et physiologique spécifiques, qui ne se confondent pas avec l'excitation sensorielle produite par les signaux acoustiques et qui se différencient clairement de l'état psychologique déclenché par les autres stimulations sonores de l'environnement.

L'étude de la perception de la musique auprès des enfants malentendants en est une démonstration. Lorsque le signal acoustique, tout appauvri qu'il soit par la surdité, est perçu comme une production musicale, l'émotion devient manifeste dans le regard de celui qui l'écoute. Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si le second souhait le plus fréquemment exprimé par les personnes atteintes d'une surdité profonde est de pouvoir retrouver la perception de la musique (juste après celui de mieux comprendre le langage). La musique ouvre sur un monde sensible où émotions, expressions et sentiments se côtoient.

Les sciences des activités mentales ont longtemps dominé les sciences de l'affectivité, y compris dans le domaine de la musique. À l'image ➤



L'ESSENTIEL

- La musique déclenche un état psychologique et un état physiologique que n'entraînent pas les sons non musicaux.
- Toutes les émotions musicales sont constituées à des degrés divers des quatre émotions fondamentales: la colère, la sérénité, le désespoir et la gaieté.
- On reconnaît qu'une musique est triste ou gaie aussi vite que l'on identifie un stimulus biologiquement pertinent, par exemple un signal de danger.
- On en déduit que la musique a un statut bien spécifique pour l'espèce humaine et qu'elle a des vertus adaptatives.

L'AUTEUR



EMMANUEL BIGAND
professeur de psychologie cognitive,
directeur du laboratoire d'étude
et de l'apprentissage
et du développement,
à l'université de Bourgogne, à Dijon.

La ferveur commune ressentie
par cette foule assistant à un concert
a peut-être des origines profondes
dans l'histoire évolutive
de l'humanité.

> d'un ordinateur qui traiterait froidement les informations du monde extérieur, l'auditeur est le plus souvent présenté comme un « analyseur » de signaux acoustiques mettant en œuvre des méthodes précises. On ne songe pas à s'intéresser à ses réactions sensibles ni à l'influence de ces réactions sur sa façon d'écouter la musique.

Il est vrai qu'il est plus facile de trouver des indicateurs comportementaux et neurophysiologiques des traitements de l'information qu'effectue le cerveau que de trouver des paramètres associés aux réactions émotionnelles. Ainsi, on mesure des temps de réponse, on analyse des mouvements oculaires, on enregistre une activité cérébrale, mais on n'a pas identifié de paramètres fiables de mesure des réactions émotionnelles. Autrement dit, en quoi les paramètres « objectifs » nous renseignent-ils sur l'état émotionnel, sur le ressenti de l'auditeur ?

Ces difficultés n'ont pas empêché la psychologie des émotions de se développer dans de nombreux domaines, mais elles ont longtemps paru insurmontables dans le cas de la musique. Contrairement à certains sons qui peuvent évoquer un danger (un sifflement de serpent, un aboiement de chien...), la musique n'a pas de conséquences immédiates : la survie d'un individu ne dépend pas de sa sensibilité à la musique. Nous écoutons de la musique pour le plaisir qu'elle nous procure, mais ce plaisir est libre de prendre des formes variées, lesquelles dépendent seulement du vécu de l'auditeur et de son état au moment de l'écoute. La situation a changé !

Aujourd'hui, les émotions musicales sont au cœur de nombreuses recherches. Les résultats obtenus sont souvent surprenants et contribuent à mieux comprendre la place de la musique dans les sociétés humaines. Plusieurs idées reçues ont ainsi été remises en question. C'est par exemple le cas de celle voulant que les réponses émotionnelles à la musique soient uniquement subjectives.

DES ÉMOTIONS COMMUNES

Certes, les émotions suscitées par certaines œuvres peuvent être déterminées par des éléments non musicaux, par exemple des événements associés « accidentellement » à l'œuvre. Ainsi, telle œuvre évoquera la tristesse pour une personne, car elle est associée à la disparition d'un être cher, et à la gaieté pour une autre parce qu'elle évoque la rencontre de l'être aimé. Ces associations émotionnelles extramusicales existent, mais ne représentent qu'une part minime de nos expériences. Si l'émotion dépendait uniquement des contextes d'écoute, une œuvre donnée évoquerait autant d'expressions différentes qu'il y a d'auditeurs et chacun en aurait une expérience particulière. Lors d'un concert, son voisin de droite pleurerait, tandis que celui de gauche se délecterait joyeusement de la soirée. Or il est évident que cela ne se

produit jamais. Les œuvres musicales ont une structure expressive suffisamment puissante pour imposer des états émotionnels communs à un grand nombre d'auditeurs. La musique peut mettre à l'unisson émotionnel une foule entière.

Ce pouvoir lui confère une force de cohésion sociale essentielle dans la plupart des cultures du monde. Il s'exerce déjà chez le nourrisson par l'intermédiaire des comptines qui lui sont chantées. Le bébé est d'ailleurs plus fasciné par la voix de sa mère quand elle chante que quand elle parle. Le choix approprié des comptines permet de moduler ses états émotionnels, et il existe manifestement des universaux expressifs puisque les comptines du monde entier partagent de nombreux traits structuraux (voir *La musique est-elle universelle?*, par B. Tillmann, page 16).

La fonction de cohésion sociale s'exerce ensuite tout au long de la vie, et plus particulièrement au moment de l'adolescence. À ce stade, la musique traduit les états émotionnels traversés par les adolescents, ce qui facilite les regroupements par affinité. Les réponses émotionnelles à

UN BÉBÉ PRÉFÈRE LA VOIX DE SA MÈRE QUAND ELLE CHANTE PLUTÔT QUE QUAND ELLE PARLE.

la musique sont également plus stables que l'on pouvait imaginer pour un auditeur donné. L'émotion que procure une œuvre diffère sans doute d'un jour à l'autre, en fonction de l'humeur et du contexte, et elle évolue tout au long de la vie. Une telle variété est souhaitable, sinon l'expérience musicale deviendrait très vite répétitive.

Toutefois, ces variations restent centrées autour d'une même expérience émotionnelle. S'il n'en était ainsi, choisir un disque dans sa discothèque relèverait plus du jeu de hasard que d'un choix volontaire. Or il est rare que nous fassions de nombreux essais avant de trouver le morceau qui correspond à l'émotion recherchée. Lorsque



La musique active les mêmes régions cérébrales que les signaux liés à la nourriture, au sexe et à certaines drogues.

nous connaissons bien une base de données musicales, nous savons très précisément quel type de musique s'ajuste le mieux à l'état psychologique du moment. Ce savoir n'est possible que dans la mesure où les émotions musicales obéissent à des régularités.

Les recherches ont confirmé la stabilité des réponses émotionnelles. Lorsque l'on utilise des œuvres connues et bien caractérisées du point de vue expressif qui évoquent des émotions de gaieté («Le Printemps» des *Quatre saisons*, de Vivaldi), de colère ou de peur (*La Nuit sur le mont Chauve*, de Moussorgski), de tristesse (*l'Adagio* d'Albinoni) et dans une moindre mesure de sérénité, les réponses sont très reproductibles d'un auditeur à l'autre. Cette régularité est mise en évidence lors d'études où l'on demande à des auditeurs d'écouter des pièces qu'ils ne connaissent pas et d'exprimer leurs émotions.

Dans l'une de ces expériences, nous avons demandé à des auditeurs musiciens et non musiciens d'écouter vingt-sept extraits musicaux et de regrouper ceux qui exprimaient des émotions similaires. On ne leur demandait pas d'exprimer un jugement verbal. L'analyse de ces groupements permet de définir une distance émotionnelle entre les œuvres: si deux œuvres ne sont jamais regroupées, c'est qu'elles déclenchent des émotions très différentes, et que leur distance émotionnelle est importante.

Qui plus est, dans ce type d'expériences, les distances émotionnelles évaluées à partir des réponses sont quasi identiques lorsque les auditeurs refont l'expérience trois semaines plus tard. Plus surprenant encore, ces distances sont très similaires pour des groupes

d'auditeurs différents et elles ne changent presque pas avec l'expertise musicale (que le sujet soit familier ou non de la musique).

Suzanne Filipic et Philippe Lalitte, dans notre laboratoire, ont exposé des auditeurs n'ayant pas de formation musicale et des instrumentistes spécialistes de musique contemporaine à des œuvres de ce type de musique. Ils ont comparé leurs réactions émotionnelles (tristesse, gaieté, anxiété, etc.) et, malgré les différences de sensibilité, ils ont observé des résultats tout à fait comparables: les émotions sont similaires.

ÉMOTIONS PERÇUES, ÉMOTIONS VÉCUES

Les émotions perçues sont-elles réellement vécues? Autrement dit, les auditeurs identifiant bien les émotions exprimées par les œuvres les ressentent-ils vraiment? Les auditeurs pourraient identifier les mêmes émotions sans pour autant les ressentir de la même façon. Cette différence entre émotions «perçues» et émotions «vécues» reste un sujet de débat. Pour certains, on peut reconnaître le caractère triste d'une musique que l'on écoute sans devenir triste ni même ressentir la moindre tristesse. De même, il est possible de voir des personnes tristes, tout en étant gai soi-même.

Toutefois, de tels décalages – de telles dissociations – ont leurs limites, c'est-à-dire qu'ils sont normalement de courte durée, sauf dans des cas pathologiques ou dans un contexte expérimental. Antonio Damasio, à l'université de Californie, à Los Angeles, a montré que les patients qui ne sont plus capables d'identifier les émotions (des émotions perçues) à la suite d'une lésion cérébrale ne ressentent en général plus d'émotions (des émotions vécues) non plus.

Par ailleurs, Paula Niedenthal et ses collègues de l'université Blaise-Pascal, à Clermont-Ferrand, ont empêché des sujets de ressentir l'émotion qu'ils devaient identifier en utilisant un artifice expérimental approprié: ils forçaient le sujet à rire (en projetant, par exemple, une image humoristique) alors même qu'ils lui présentaient un visage triste et lui demandaient de préciser quelle émotion traduisait le visage. Ils ont ainsi montré que le sujet éprouve plus de difficultés à identifier l'émotion du visage lorsqu'il est perturbé. Dans un contexte naturel, l'émotion identifiée dans une œuvre ne reste pas longtemps dissociée de l'émotion ressentie: si l'écoute d'une musique triste pendant quelques minutes ne nous rend pas tristes, celle de musiques sinistres pendant une heure influe sur notre état d'esprit, même si nous étions joviaux au début.

On peut donc admettre que l'émotion identifiée est liée à l'émotion ressentie. Une expérience le met en évidence: on demande à des sujets d'évaluer le caractère émotionnel de stimulus non musicaux, qui n'évoquent pas d'émotions particulières (tels que des lettres >

© Fotoluminate LLC / shutterstock.com

- chinoises sans signification pour un sujet occidental). On fait précéder la projection du stimulus par un extrait musical auquel le sujet n'est pas invité à prêter attention, mais qui est soit gai, soit triste. On demande ensuite au sujet de dire s'il trouve le dessin projeté (théoriquement neutre) gai, triste ou neutre. On constate que le caractère émotionnel attribué au stimulus neutre est influencé par l'émotion déclenchée par le morceau qui précède. Un tel effet est qualifié d'amorçage affectif et suggère que la musique modifie l'état affectif du sujet, ce qui le conduit à projeter l'émotion musicale ressentie sur le stimulus neutre. Dans ce type d'études, l'émotion musicale influe sur le comportement du sujet sans qu'il n'ait à exprimer ce qu'il a ressenti.

SEXE, DROGUE ET MUSIQUE

L'analyse des réponses physiologiques à la musique constitue un moyen supplémentaire pour s'assurer que les émotions musicales sont bien «vécues». Nos émotions sont suffisamment fortes pour entraîner de nombreuses modifications physiologiques, telles que le rythme cardiaque, le rythme respiratoire ou encore la conductance de la peau (une émotion fait transpirer, ce qui modifie la capacité que présente la peau de conduire un infime courant électrique). Le frisson dans le dos ou la chair de poule mentionné au début seraient une traduction physiologique spécifique (mais non exclusive) de l'émotion musicale.

L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle, IRMf, confirme l'implication des réseaux neuronaux émotionnels quand on écoute de la musique. Ann Blood et Robert Zatorre, de l'université McGill, au Canada, ont demandé à des auditeurs volontaires d'écouter dans un

scanner les musiques qui leur procurent habituellement de fortes émotions. Ils ont constaté que la musique active les mêmes régions cérébrales que les stimulus ayant une forte implication biologique, tels que la nourriture et les stimulations sexuelles (et aussi certaines drogues).

Les résultats obtenus en imagerie cérébrale suggèrent que des liens anatomiques et fonctionnels se sont créés entre les systèmes cérébraux anciens (liés aux émotions) et les régions corticales (plus récentes et liées au raisonnement et autres processus cognitifs supérieurs). C'est ce qui nous permet de ressentir des émotions en présence de stimulus abstraits et culturels, notamment la musique. Les stimulations les plus intenses sont provoquées par des musiques généralement qualifiées de tristes ou mélancoliques.

Eckart Altenmüller, de l'Institut de musique de Hanovre, a cherché à identifier la signature électrophysiologique des «frissons dans le dos». En présentant des extraits du *Requiem* de Mozart à des auditeurs allongés dans un scanner, il a associé cette émotion à des passages précis de l'œuvre. L'analyse des indices électrophysiologiques montre que la musique ne provoque pas simplement des sentiments abstraits, mais qu'elle déclenche des changements d'activité au cœur même du cerveau.

Certaines émotions semblent plus fréquemment associées à des modifications physiologiques spécifiques. Selon Carol Krumhansl, de l'université Cornell, aux États-Unis, la gaieté entraînerait une accélération du rythme respiratoire et une respiration plus profonde, alors que la tristesse se manifesterait par des changements du rythme cardiaque, par une augmentation de la pression sanguine et une diminution de la conductance de la peau.

D'autres études d'imagerie cérébrale

LES CHANTEURS D'OPÉRA
(ici, *La Flûte enchantée*, de Mozart) accentuent les émotions véhiculées par la musique en «jouant» la comédie. Costumes, mise en scène, expressions et jeux des comédiens permettent aux spectateurs de percevoir encore mieux si l'émotion associée à la musique est la gaieté, la tristesse ou l'inquiétude.



suggèrent que les deux hémisphères ne contribueraient pas de façon identique aux émotions musicales: l'hémisphère gauche semble plus actif lors de l'écoute de musique gaie, et l'hémisphère droit, lors de l'écoute de musique triste. Toutefois, même si l'imagerie cérébrale nous permet de localiser les aires impliquées dans l'émotion musicale, et la chorégraphie de leur activation, cela ne nous suffit pas pour comprendre comment naît une expérience émotionnelle et en quoi elle consiste. Dès lors, il faut avoir recours à la psychologie expérimentale.

Quatre grandes catégories d'émotions semblent prédominer en musique: la gaieté, la colère (ou la peur), la tristesse et la sérénité, qui seraient identifiées sans difficulté dès l'âge de cinq ans. La musique peut-elle déclencher des émotions plus subtiles? Tout mélomane sera tenté de répondre oui, et l'on pourrait même penser que la musique suscite des émotions spécifiques – mais cela n'est pas démontré. En 2005, en collaboration avec l'équipe de Stephen McAdams, de l'Ircam, nous avons voulu tester diverses méthodes pour approfondir cette question. Une des méthodes, déjà évoquée, consiste à présenter sur un écran d'ordinateur un ensemble de vingt-sept extraits musicaux, suffisamment longs pour installer un climat expressif précis, et suffisamment courts pour que ce climat reste stable tout au long de l'extrait.

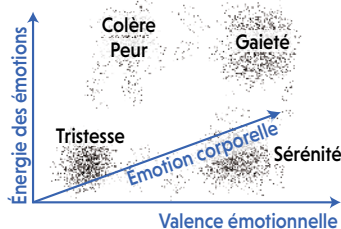
Ces extraits étaient choisis en collaboration avec le musicologue François Madurell, à Sorbonne-Université, à Paris, pour représenter une large variété de styles musicaux, de formations instrumentales et d'expressions. Le dispositif expérimental permettait aux sujets d'écouter ces extraits autant de fois qu'ils le voulaient; ils devaient ensuite grouper par deux, trois ou davantage ceux qui, selon eux, évoquaient une même émotion. Une fois réalisée avec un nombre suffisant de sujets, l'expérience fournissait une matrice de co-occurrence, qui indiquait combien de fois tel ou tel morceau avait déclenché la même émotion. C'est une matrice dite de proximité émotionnelle des extraits.

DES ÉMOTIONS EN TROIS DIMENSIONS

Cette démarche est facile à réaliser, plaisante pour les sujets, et n'exige pas de formuler ses émotions. Elle permet d'identifier les dimensions psychologiques qui organisent les distances émotionnelles entre les différents extraits. Si, par exemple, la matrice contenait les distances en kilomètres séparant différentes villes de France (à la place des morceaux de musique), l'analyse statistique permettrait d'extraire les dimensions physiques qui structurent l'espace des distances entre les villes. Trois dimensions seraient nécessaires, correspondant aux axes nord-sud, est-ouest, et à l'altitude. De même, l'analyse des matrices

DES EXTRAITS MUSICAUX

sont diffusés à des sujets qui doivent dire s'ils les trouvent gais, tristes, sereins ou inquiétants. L'analyse des résultats montre qu'on peut les décomposer selon trois paramètres: la valence émotionnelle, l'émotion corporelle (ou corporalité) et l'énergie. On constate que les extraits sont regroupés en quatre zones que l'on associe à la tristesse (valence négative, corporalité faible et énergie faible), la sérénité (valence positive, corporalité faible et énergie faible), la gaieté (valence positive, corporalité élevée et énergie élevée) et la colère ou la peur (valence négative, corporalité élevée et énergie élevée).



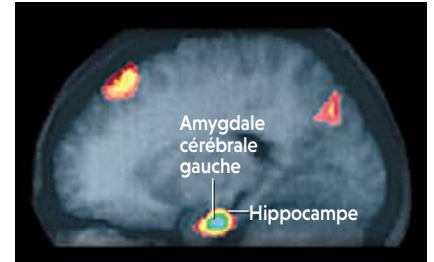
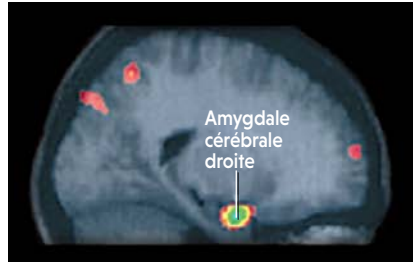
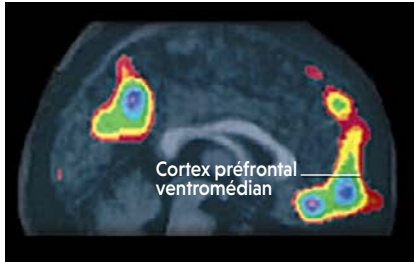
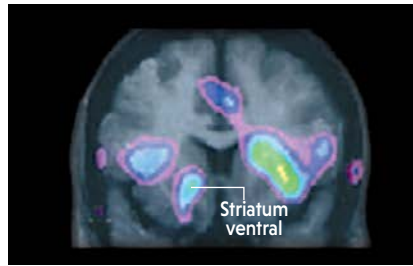
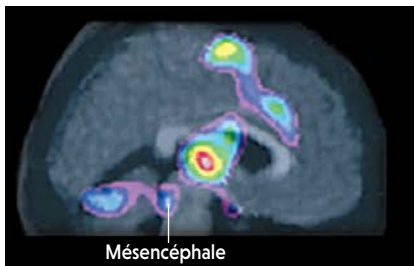
émotionnelles permet d'isoler les dimensions psychologiques qui structurent l'espace de nos émotions musicales. Trois dimensions principales ont été observées: l'axe de l'énergie des émotions ressenties, l'axe de valence émotionnelle et l'axe de la dynamique (*voir ci-contre*).

L'axe de l'énergie des émotions ressenties va des émotions de grande énergie, intenses (gaieté, colère) à des émotions de faible énergie, reposantes (dépression, sérénité). Le second axe oppose des émotions positives (gaieté ou sérénité) aux émotions négatives (colère ou désespoir). Cet axe ne retrace pas le caractère agréable, généralement rapporté dans les études sur les émotions. En effet, l'une des spécificités de la musique est de pouvoir être jugée plaisante même si l'émotion induite est triste, c'est-à-dire même si elle a une valence négative. Enfin, nous avons pu dégager un dernier axe qui est lié au mouvement corporel induit par la musique, l'axe de l'émotion corporelle ou corporalité.

Comme l'avait noté le psychologue Robert Francis dès 1956, la musique réveille des schémas sensorimoteurs qui renforcent l'expérience affective du sujet: il y a une interaction entre les schémas purement cognitifs, l'affect et le corps. L'émotion ressentie par l'auditeur active des schémas moteurs – des mouvements – mémorisés qui, en retour, agissent sur la perception de la musique écoutée. Autrement dit, cette troisième dimension indique que nos émotions musicales ne sont pas purement intellectuelles: elles puisent dans l'ensemble des affects liés aux expériences corporelles que le sujet a déjà vécues. Dans notre étude, cette dimension de l'espace oppose des œuvres dont le processus musical est continu (par la forme de la courbe mélodique, le rythme, ou le type de progression harmonique) à des œuvres dont les processus sont plus fragmentés (arpèges brisés, rythme irrégulier, modulations subites).

Les œuvres que nous écoutons engendrent des émotions qui prennent des positions spécifiques sur ces dimensions d'énergie, de valence et de corporalité, en fonction de leurs caractéristiques structurelles. Ces dimensions étant continues, il y a une infinité de façons de combiner ces valeurs, laissant ainsi place à un nombre quasi infini d'émotions subtilement différentes. Cette approche rend mieux compte de la complexité et de la richesse des émotions en musique qu'une approche sous forme de catégories.

Les quatre grands types d'émotions (gaieté, désespoir, sérénité, colère) existent bien, mais ils ne représentent qu'un tout petit aspect de nos émotions. Les pièces musicales «gaies» déclenchent des émotions de grande dynamique et de forte positivité qui sont localisées en haut et à droite de cet espace. Selon que ces pièces ont ou non un caractère dansant (émotion corporelle plus ou moins élevée), elles ont une place différente sur le troisième axe. Les



Ann Blood et Robert Zatorre, PNAS, 2000

- pièces colériques suscitent des émotions de forte énergie, mais de valence négative. De même, les pièces tristes ou dépressives se situent dans la région de l'espace émotionnel où la dynamique est faible et la valence négative. Les pièces sereines, telles que les comptines pour enfants, engendrent des émotions de faible dynamique et de valence positive. Cette représentation laisse transparaître la richesse possible des émotions induites par la musique.

UNE PARTITION DANS LA TÊTE

Toutefois, le problème reste entier: comment déterminer ce qui, dans les œuvres, module l'intensité de nos émotions sur chacun de ces axes? Cette question est à l'intersection de la musicologie, de la psychologie et des neurosciences cognitives. La psychologie isole les traits musicaux porteurs d'expression, les neurosciences cognitives observent comment ces traits affectent l'auditeur. La musique étant un objet de culture, certains éléments ne seront jugés expressifs que par les membres de telle ou telle culture.

Ainsi tout un ensemble d'organisations musicales liées à la tonalité a un pouvoir expressif qui peut être confirmé par des méthodes directes auprès d'auditeurs occidentaux (on demande au sujet d'indiquer quel passage dans un extrait musical lui semble le plus expressif par exemple), ou indirectes (on mesure les modifications physiologiques de l'auditeur qui écoute un trait spécifique). On peut ainsi constater qu'une modulation, c'est-à-dire le passage d'un ton à un autre (de la gamme de *do* à la gamme de *sol*) ou d'un mode à un autre (majeur à mineur) et surtout la vitesse à laquelle cette modulation est réalisée provoquent des réponses émotionnelles.

C'est ce qui a été vérifié lors d'une étude conduite à l'hôpital La Timone, à Marseille, en collaboration avec Catherine Liégeois-Chauvel,

Stéphanie Khalfa, Michel Paindavoine et Charles Delbé. Nous avons enregistré en temps réel, dans différentes aires cérébrales, les réponses émotionnelles d'auditeurs à différents types de musiques très contrastées. Nous avons constaté que, chez certains d'entre eux, la puissance du signal électrophysiologique change en synchronie avec les structures musicales qu'ils écoutent. Par exemple, dans le cas d'une fugue, chaque entrée de voix entraîne une modification de la puissance du signal enregistré dans la quasi-totalité des structures cérébrales.

Les changements sont parfaitement synchronisés avec la structure musicale. Pour certains de ces auditeurs (qui n'étaient pas des musiciens), le signal électrophysiologique prenait des allures de partition musicale!

D'autres changements ont des effets sur les émotions et ce quelle que soit la culture. Ainsi, Simone Dalla Bella et Isabelle Peretz, de l'université de Montréal, au Canada, ont montré que les changements de mode et de tempo ont des effets systématiques sur la valence émotionnelle des morceaux et que ces effets sont perceptibles dans plusieurs cultures. Il ne s'agit bien sûr pas de prétendre que les musiques en mode majeur sont systématiquement perçues comme plus gaies que les musiques en mode mineur, mais un même morceau semblera plus gai lorsqu'il est joué en mode majeur plutôt qu'en mode mineur.

De même, un morceau donné semblera plus gai lorsque son tempo augmente. Le mode et le tempo constituent deux caractéristiques musicales essentielles pour faire varier les émotions selon les dimensions de valence émotionnelle et de dynamique. D'autres paramètres liés aux multiples qualités acoustiques des sons contribuent également à faire varier l'expression des extraits musicaux. La sérénité et la douceur sont généralement déclenchées par des sons joués à faible amplitude, avec des harmonies très

L'IMAGERIE CÉRÉBRALE révèle les aires activées par différents types de musiques (ici, très plaisante). Le débit sanguin augmente dans le mésencéphale, le striatum et le cortex orbitofrontal droit. Il décroît dans le cortex préfrontal ventromédian, l'amygdale cérébrale et l'hippocampe.

consonantes, des timbres acoustiquement pauvres, des articulations très liées et des rythmes réguliers. La colère sera plus facilement évoquée par des sons détachés, puissants, ayant des enveloppes d'amplitude instable, des spectres harmoniques très riches, des harmonies dissonantes et des rythmes et tempos irréguliers. Il est évident que la façon dont ces différents aspects du langage musical occidental (modulation, tonalité, ornements...) sont combinés au sein d'une œuvre avec les autres paramètres sonores offre au compositeur une infinité de moyens de définir des structures sonores expressives.

L'œuvre musicale regorge donc d'éléments susceptibles d'émouvoir l'auditeur. Ces éléments peuvent être immédiatement perceptibles lorsqu'ils sont liés aux qualités des matériaux sonores ou, au contraire, ils peuvent nécessiter

différencier des musiques gaies de musiques tristes. Toutefois, les musiques gaies étant généralement jouées à des tempos plus rapides que les musiques tristes, on s'est demandé si les sujets de l'étude n'avaient pas fondé leurs réponses sur les différences de rythmes, perceptibles en 500 millisecondes. Nous avons repris cette recherche en présentant les vingt-sept extraits de musique classique de l'expérience précédente, mais, à la différence de l'étude initiale, nous n'avons fait entendre que les 500 premières millisecondes des extraits. On demandait ensuite aux sujets de regrouper les extraits qui semblaient évoquer des émotions similaires.

Les résultats obtenus avec des extraits aussi courts sont très similaires à ceux obtenus avec des extraits de 20 secondes. Cela suggère que 500 millisecondes de musique suffisent pour que l'auditeur perçoive l'expression de la pièce. Dans une variante de cette étude, nous avons présenté des extraits de musique (classique ou populaire) dont nous savions par des études préalables qu'une moitié était jugée très expressive par les auditeurs et l'autre moitié comme relativement neutre. Nous avons cherché à savoir combien de millisecondes de musique étaient nécessaires pour que les auditeurs différencient ces deux catégories d'extraits. Les résultats indiquent que 250 millisecondes de musique suffisent pour que l'auditeur ait une intuition juste du caractère émotionnellement riche ou neutre de l'extrait musical qu'il écoute.

**500 millisecondes
suffisent
pour distinguer
une musique gaie
d'une musique triste**

DEUX VOIES POUR LES ÉMOTIONS

Ce résultat est important, car il indique que le cerveau humain répond émotionnellement aussi vite à la musique qu'à un stimulus biologiquement pertinent (une menace pour la vie de l'individu). Il suggère également qu'il y aurait, pour les émotions musicales, une voie très rapide essentiellement fondée sur les caractéristiques spectrales du son et une voie plus lente, qui analyserait les structures plus abstraites des œuvres. Il est bien sûr évident que l'émotion musicale change au fil de l'écoute et s'enrichit à mesure que l'œuvre se déploie.

L'ensemble de ces observations contribue à mieux comprendre la place que la musique revêt dans nos sociétés. Le fait que nos réponses émotionnelles à la musique soient aussi riches, reproductibles pour le même individu, mais aussi d'une personne à l'autre, rapides et si profondément enracinées dans notre cerveau, suggère que la musique a un statut bien spécifique pour l'espèce humaine, même si une vaste question reste ouverte: quelle est sa valeur adaptative? Aurait-elle été sélectionnée en même temps que le langage, autre voie de communication universelle? Ou bien parce qu'elle «adoucît les mœurs» et que les sociétés dont les membres étaient sensibles à la musique se sont davantage multipliées? ■

BIBLIOGRAPHIE

E. BIGAND ET B. POULIN-CHARRONAT, *Musical Pitch, Handbook of Music Cognition*, (dir. I. Cross), Oxford University Press, à paraître.

E. BIGAND ET S. FILIPIC, *Cognition et émotions musicales, Intellectica*, vol. 48-49, pp. 37-50, 2008.

E. BIGAND ET AL., *Multidimensional scaling of emotional responses to music: the effect of musical expertise and excerpts «duration»*, *Cognition & Emotion*, vol. 8, pp. 1113-1139, 2005.

S. MCADAMS ET E. BIGAND, *Penser les sons*, PUF, 1994.

des traitements cognitifs complexes liés à l'analyse de la syntaxe musicale. Ainsi, il est possible que plusieurs processus émotionnels cohabitent à différentes échelles de temps lorsque nous écoutons une œuvre, certains étant immédiats, d'autres plus lents. Comprendre le décours temporel de ces processus constitue un autre aspect important des études actuelles.

Les premiers résultats sont surprenants. Dans la vie quotidienne, les réponses émotionnelles peuvent être extrêmement rapides, et même précéder l'analyse cognitive, ce qui est compréhensible lorsque les stimulus rencontrés ont une très forte implication biologique et adaptative (la vue d'un serpent déjà évoquée). En revanche, on pensait que les processus émotionnels en musique étaient plus lents. Ne dit-on pas qu'il faut «entrer» dans l'œuvre pour la ressentir? Pourtant, les études révèlent le contraire. Isabelle Peretz et ses collègues ont montré qu'il suffit de 500 millisecondes de musique pour

Un anthropologue au pays de la musique

**La musique ? On ne sait pas la définir !
De fait, dans la plupart des cas, on ne peut
pas l'isoler des autres formes d'expression
qui l'accompagnent. Une diversité de
pratiques intimement liées à l'émergence
d'une pensée métaphysique.**