

Sons rugueux, sons tendus

L'harmonie musicale a des bases physiologiques.

Le compositeur de musique, devant sa table de travail ou son ordinateur, dispose *a priori* d'une infinité de possibilités dans l'agencement des sons simultanés et successifs. S'il compose dans le cadre de la musique tonale occidentale, des usages guident son écriture : seuls les sons de la gamme chromatique sont utilisables, et leur assemblage respecte les lois regroupées sous le nom d'harmonie. Celles-ci ne sont pas que des conventions : certaines ont un fondement dans la physiologie de la perception auditive.

En musique tonale, la distinction des accords en deux groupes, consonnants et dissonnants, permet, en partie, d'organiser les moments de tension et de détente à l'intérieur d'une œuvre : une tension est créée par un accord disso-

nant, puis relâchée par un accord consonnant. La définition de la consonance est partiellement culturelle : son domaine a évolué au cours du temps et s'est agrandi. Toutefois, une règle simple a toujours été acceptée : deux notes dont le rapport des fréquences fondamentales fait intervenir des petits chiffres, tels les intervalles de quinte ($3/2$) ou de quarte ($4/3$), forment un accord plutôt consonnant, alors que deux notes dont le rapport des fréquences fait intervenir des nombres élevés, tels les intervalles de septième ($15/8$) ou de triton ($45/32$), sont plutôt dissonnants.

La consonance n'est en fait pas seulement conventionnelle. Des enfants de sept mois distinguent en effet les intervalles sur la base de leur consonance plus que sur la proximité des notes qui les composent. Le même phénomène a été observé avec des oiseaux, que l'on peut difficilement soupçonner de connaître les conventions de l'harmonie tonale.

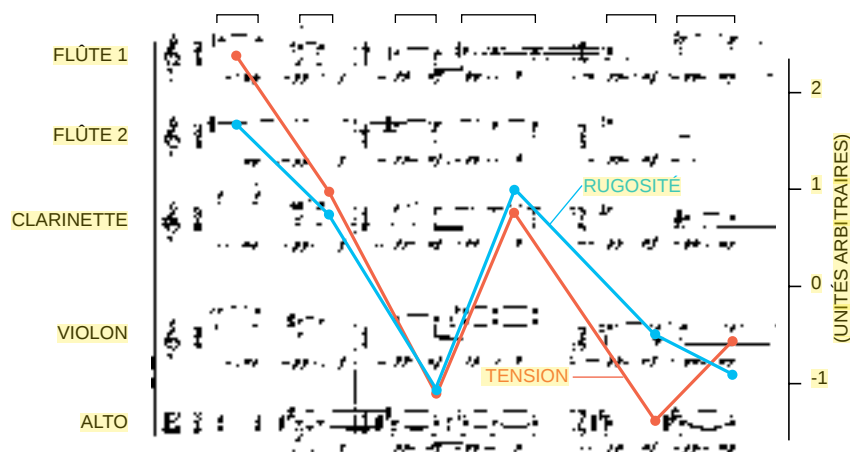
La théorie de la musique de von Helmholtz propose une explication physiologique de la consonance. Lorsqu'un haut-parleur émet simultanément deux sons parfaitement sinusoïdaux de fréquences proches, l'amplitude du son résultant est modulée en «battements», à une

fréquence égale à la différence entre les fréquences fondamentales. Lorsque les deux notes sont assez différentes, notre système auditif les sépare : nous entendons deux notes. Par contre, si les fréquences sont assez proches, nous percevons les battements. Helmholtz nomme «rugosité» cette perception de battements et l'associe à la dissonance : plus un son est rugueux, plus il serait dissonnant. Les accords simples consonnants, joués par les instruments de l'orchestre classique, produisent effectivement une faible rugosité. L'harmonie n'est toutefois pas réduite à la physiologie de l'audition : elle laisse la place à la liberté et aux goûts des musiciens et des auditeurs.

En musique non tonale, les notions de tension et de consonance ne sont pas définies. En revanche, la rugosité reste identifiable. Nous avons demandé à une quarantaine d'auditeurs aux connaissances musicales variées de noter la tension musicale et la rugosité pour une séquence de huit accords extraite de la pièce contemporaine *Streamlines* de Joshua Fineberg. Pour l'écriture de cette pièce, le compositeur a substitué aux règles de l'harmonie la notion de timbre : les accords joués ne sont pas imaginés en fonction des notes qui les composent, mais pour l'impression sonore globale qu'ils produisent. Les accords ont été enregistrés par un orchestre de chambre avec une même durée et une même intensité, et homogénéisés en studio.

Un consensus s'est dégagé sur des échelles de tension et de rugosité perçues. Ces deux échelles sont en outre fortement corrélées. Ainsi, les auditeurs ont intuitivement perçu des mouvements de tension et de détente, dont la cause semble être la rugosité. La modélisation informatique de cette dernière, grâce à notre connaissance du système auditif, serait donc un outil précieux pour les compositeurs désireux d'explorer de façon rationnelle une «harmonie» non conventionnelle.

Daniel PRESSNITZER, IRCAM



Pour ces accords composés sans référence à l'harmonie tonale, la tension créée par la musique est fortement corrélée à la rugosité du son, selon le jugement des auditeurs.

Vecteurs de gènes

Des lipides pour transférer des gènes dans les cellules de mammifères.

Un gène est déficient dans les cellules d'un organisme, et c'est la maladie. L'administration d'un médicament est la méthode la plus expéditive pour pallier alors les carences de l'organisme. C'est ainsi que l'on traite aujourd'hui le diabète par administration d'insuline. Toutefois, afin de traiter le mal à la

racine, de nombreux laboratoires tentent d'insérer le gène déficient jusque dans le noyau de cellules, à l'aide de virus : ces derniers disposent de molécules qui leur permettent de s'introduire dans les cellules, dont ils utilisent la machinerie biosynthétique pour faire fabriquer leur propres molécules de protéines. On insère dans ces virus le gène désiré et l'on élimine les gènes dangereux : ces virus modifiés communiquent alors les gènes thérapeutiques en infectant les cellules. Toutefois les virus provoquent des réactions immunitaires et restent parfois toxiques ; en outre, les virus recombinants sont difficiles à produire.

L'autre voie, que nous testons, est celle des vecteurs non viraux, ou «inertes». On cherche des assemblages de molécules qui compactent l'ADN, masquent ses charges électriques négatives (qui bloquent la traversée de la membrane cellulaire, elle-même chargée négativement) et conduisent l'ADN introduit jusque dans le noyau.

À la fin des années 1980, plusieurs équipes américaines et européennes ont montré que des lipides chargés positivement facilitaient le transfert d'ADN à l'intérieur de cellules cultivées. L'utilisation des nouveaux vecteurs est facile : les