

**Qu'est-ce que la musique
nous fait entendre?**

Michaël Klopfenstein

Introduction

La musique possède un pouvoir peu ordinaire sur l'homme. Le pouvoir de construire des ambiances singulières. Un des meilleurs exemples consiste à mesurer sa valeur ajoutée en retirant la musique d'un film. Le contraste émotionnel entre la présence et l'absence de musique est saisissant, particulièrement dans les scènes censées drainer de l'émotion. La musique possède le pouvoir de susciter des plaisirs et des sensations surprenantes. Le pouvoir de porter des foules, la possibilité de placer certains hommes dans des états de conscience modifiée. Elle génère des possibilités créatives essentielles. C'est un des lieux artistiques par excellence.

La musique possède une histoire, elle n'a pas toujours été ce qu'on en connaît aujourd'hui. Comment l'homme a-t-il pris possession de cette immense contrée ? L'histoire de la musique était-elle guidée par des contraintes propres qui devaient la conduire inexorablement où elle est parvenue aujourd'hui ? Ou bien possède-t-elle une part proprement culturelle ? Qu'est-ce que la musique véhicule comme concepts qui la dépassent elle-même ? Quelles contraintes, quelles règles nous impose-t-elle, s'impose-t-on, pour quelles possibilités ? Quelle part y est objective pour quelle subjectivité mêlée ?

La musique naît dans l'écoute, mais ne s'arrête pas là. Elle s'inscrit dans un vaste terrain dont nous ne ferons pas le tour. Parce qu'il s'agit principalement pour nous de comprendre ce qui, en elle, est contrainte et liberté.

Les dimensions de la musique

En partant d'un terrain objectif, on peut parler de la part physique de la musique, puis de sa part physiologique. Puis en glissant vers plus de subjectivité, on peut aborder la part psychologique, puis la part culturelle. Ce découpage n'a rien d'exhaustif, il vise à questionner la tension qui existe entre l'objectivité et la subjectivité de la musique.

On se rend bien compte que la musique est tissée avec une foule d'autres réalités : chronologique, sociologique, historique, anthropologique, phénoménologique, neuropsychique, géographique, technologique, esthétique, syntaxique (syntaxe de la musique et de son écriture), médiatique, artistique, stylistique, scientifique,... Beaucoup de scientifiques et mathématiciens se sont occupés de la musique : Galilée, Descartes Euler, Leibniz, Mersenne d'Alembert, quelle part cette approche a-t-elle apporter ?

Quant à décrire la musique pour elle-même plutôt que les lieux de son inscription, les dimensions ne sont pas en reste :

La dimension rythmique : c'est la succession de sons choisis pour former des motifs temporels unis dans une réalité globale. La richesse des sons, la variété des accents (l'intensité relative entre les sons), la multiplicité des motifs,... offrent d'immenses possibilités. Certaines musiques sont même uniquement rythmiques. Mais pour l'essentiel, la dimension rythmique est une composante fondamentale de toute musique (au moins déjà parce qu'elle s'inscrit dans la durée).

La dimension mélodique : c'est l'enchaînement de fréquences successives. C'est en particulier la dimension à laquelle s'attache la voix humaine lorsqu'elle est laryngée. Une grande majorité des musiques s'y inscrit. La mélodie utilise en général une gamme de notes qui relève d'un usage culturel sous des contraintes naturelles, nous en reparlerons. La mélodie est associée à une dimension rythmique indissociable.

La dimension harmonique : ce n'est pas une pratique systématique de la musique. C'est la voie dans laquelle s'est engouffrée la musique occidentale. Elle consiste dans la superposition de plusieurs fréquences

simultanées, on appelle cela un accord. L'harmonie par sa réalité physique nécessite plus de temps pour être perçue finement qu'un son monodique.

Et plus encore : la richesse des sons ne provient pas uniquement des attributs précédents. Une foule d'autres dimensions objectives pourrait certainement être évoquée sans compter les dimensions subjectives qu'il reste à situer.

- **Timbre :** le timbre d'un instrument, d'une voix, qui constitue une empreinte sonore est fait de motifs intimement reconnaissables, lié au mode vibratoire des objets sonores. On reconnaît le timbre global produit par une famille d'instruments, mais aussi parfois le timbre singulier produit par un instrument unique.

- **Volume :** toutes les dimensions précédentes étant stabilisées, on peut varier le volume d'un morceau musical, le volume de certaines parties uniquement ou de certains instruments relativement aux autres. Ce n'est pas la part la plus visible, parce qu'on utilise modérément ce concept, mais c'est une dimension musicale à part entière, elle est directement liée à la sensibilité de l'oreille.

- **Accentuation :** L'impression engendrée par le choix d'accentuer ou d'atténuer certains sons est prépondérante au rendu musical. Une ambiance sonore est complètement transformée par un choix d'accentuation de certaines notes (par exemple un morceau pourra passer d'une résonance de musique classique à résonance jazz par le seul fait de l'accentuation, tout autre paramètre restant stable).

- **Tempo :** c'est une dimension rythmique singulière qui réside dans le choix d'une vitesse d'exécution, toute autre dimension étant fixée. Le changement de tempo produit un sentiment de changement important dans un morceau, que ce soit globalement ou localement dans le morceau. Par exemple, l'ajout d'un *accelerando* transforme radicalement le ressenti d'une musique

qui en serait dépourvue. Cela a tellement d'impact qu'on en use assez peu pour ne pas lasser.

- **Résonance** : l'acoustique d'un lieu est prépondérante pour le son ressenti. La forme d'une pièce engendre des réverbérations très variables, la nature des surfaces et objets présents engendre une restitution et une absorption des sons très différenciés. La résonance de certains lieux produit une authentique présence musicale singulière.
- **Directionnalité** : l'audition discerne, grâce à la combinaison des sons arrivant aux deux oreilles, la direction d'origine du son. La musique sonorisée (par des haut-parleurs) rend bien compte de cette richesse parce qu'elle ne peut atteindre, par l'intermédiaire de deux résonateurs, la complexité produite par des résonateurs multiples et étendus dans l'espace, dont l'oreille perçoit les nuances de position et de déplacement (quand on bouge la tête en particulier).
- Etc...

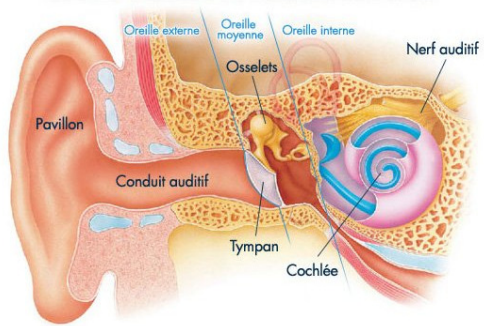
L'écoute d'une musique est formée de cette foule de réalités qui se tissent pour produire un ensemble unifié. Elle semblera d'autant plus riche et singulière qu'on a acquis une grande sensibilité à ces différentes dimensions. Car la perception s'affine par la pratique et l'attention, même si tous ne parviennent pas au même degré de sensibilité.

La dimension physiologique

Il ne s'agit pas de faire, ici, un exposé encyclopédique sur l'audition, mais de comprendre le mode d'acquisition des sons afin de connaître les catégories natives de l'écoute.

La physiologie de l'audition

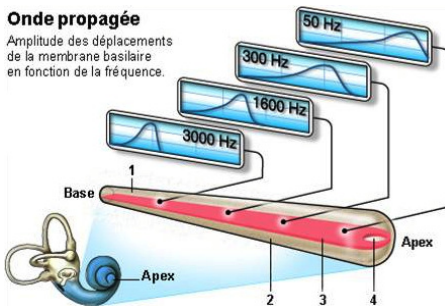
Le son suit un parcours. Propagé depuis le tympan dans une série d'osselets, il vibre dans la cochlée qui est un organe enroulé en colimaçon. Sur toute sa longueur, la cochlée est constituée de plusieurs



membranes et de l'organe de Corti qui recueille les vibrations : les ondes sonores vont se propager plus ou moins loin dans la cochlée. Partant de sa base qui est fine et rigide, vers l'apex qui est large et souple. Les vibrations les plus graves vont plus loin. Pour doubler ce mécanisme de discrimination l'organe de Corti recueille le son par la vibration de cils, les plus longs étant dans la partie apicale pour réagir aux sons graves. Les capteurs de son (les cils) discriminent les fréquences de 16hz à 20khz.

Onde propagée

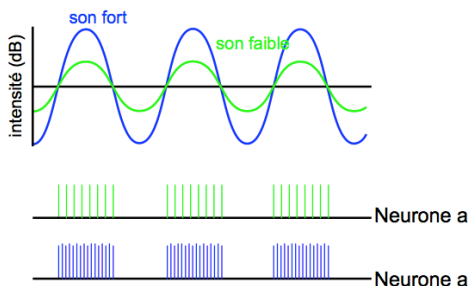
Amplitude des déplacements de la membrane basilaire en fonction de la fréquence.



C'est donc un procédé mécanique aidé par la chimie des ions qui joue le rôle de transduction de la vibration sonore vers un signal électrique par l'innervation de chaque cil. Il y a moins de cellules ciliées dans la cochlée que de fibres nerveuses afférentes, on peut en déduire que beaucoup de

fibres nerveuses auditives innervent chaque cellule ciliée. Remarquons aussi que la discrimination entre deux fréquences voisines est nettement meilleure en dessous de 4 000 Hz (vers le La6).

Il peut être utile de rendre compte du mécanisme de l'intensité sonore. Un signal plus puissant courbe davantage les cils vibratiles. La quantité de signal émise augmente avec le volume. L'information de type volume est convertie en une information de type fréquence.



On peut constater que les deux types de sensibilités transmises vers le signal nerveux (la fréquence et le volume) reposent sur un mécanisme de nature logarithmique : la différenciation des cils est proportionnelle au rapport des fréquences et le nombre de décharges nerveuses envoyé est proportionnel au rapport des volumes.

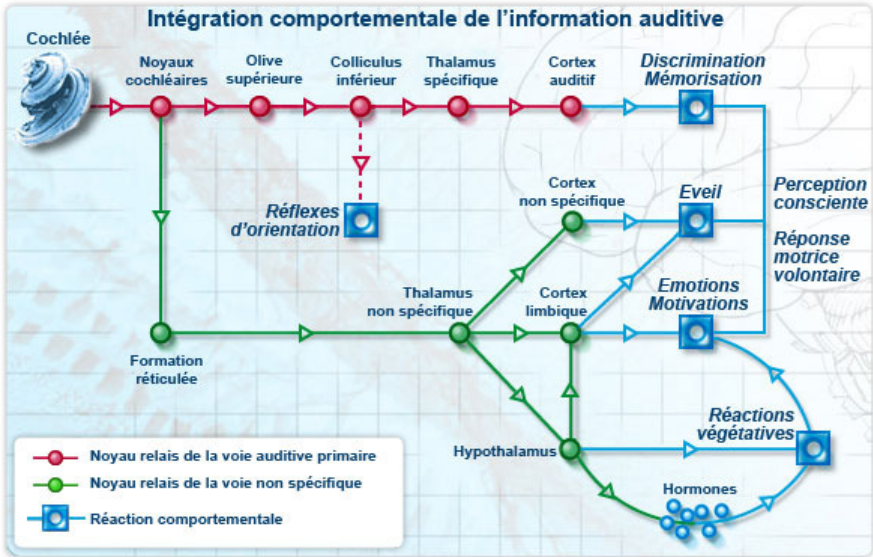
La perception auditive requiert un certain temps. Les sons de moins d'un dixième de seconde sont mal déterminés. La perception s'affine lorsque la durée augmente, jusqu'à atteindre la meilleure finesse, à partir d'une demi-seconde environ.

Il est intéressant de savoir que l'organe de Corti est fait de deux types de Cellules Ciliées : les unes Internes (CCI) qui sont les transducteurs de fréquences vers les liaisons nerveuses et les autres Externes (CCE) qui permettent une amplification auditive pour les sons faibles. En se rétractant à l'écoute d'une fréquence, elles prennent contact avec une autre paroi vibrante, augmentant ainsi le volume sonore de la fréquence pour les CCI. La rétraction de ces cils est contrôlée par des signaux efférents ; c'est-à-dire après un traitement cérébral de l'information et non automatiquement. Il est évident que ce mécanisme possède un impact sur l'écoute musicale lorsqu'elle met en œuvre des sons « faibles » (<20db SPL).

La physiologie cérébrale du son

Les voies auditives

Le trajet nerveux de l'audition suit en parallèle deux voies distinctes.



Le trajet spécifiquement auditif : c'est un trajet relativement simple jusqu'à l'aire du cortex auditif primaire. Le trajet principal, partant du noyau de la cochlée, passe par deux stations (Olive supérieure et Colliculus inférieur) avant de rejoindre une zone spécifiquement consacrée au son dans le thalamus. Puis accède au cortex au niveau de la pointe du gyrus de Heschl (dans un repli de la région temporale supérieure). Il semble que ce cortex auditif primaire soit « sémantiquement » très liés aux informations provenant de l'oreille à savoir la différenciation des fréquences et des volumes. Mais il contient aussi un certain nombre de zones de traitement spécifique des fréquences.

Le trajet non spécifique : un deuxième trajet nerveux partant du noyau de la cochlée prend un chemin très différent. On le dit « non spécifique » parce qu'en rejoignant la formation réticulée du tronc cérébral, il est

associé à une masse importante de percepts variés et mélangés. Ces percepts sont liés à la gestion de mécanismes primaires du comportement comme le sommeil, l'éveil, l'attention, et bien des activités motrices réflexes.

Les « trajets supérieurs » : de nombreux cas de lésions cérébrales montrent l'implication de plusieurs autres zones dans la perception musicale. Bien des zones sont associées à des troubles spécifiques : la perception des paroles, de la musique, du timbre, de l'harmonie, de la justesse des sons, des sons environnementaux, de la voix humaine, des affects de familiarité, des émotions musicales, ... Ce qui suggère fortement l'implication de nombreuses zones cérébrales dans la perception de la musique à haut niveau.

Thèse de la sémantique cérébrale

Toutes ces remarques nous conduisent à un constat important quand on veut savoir « ce que nous entendons en écoutant de la musique ». Sans même disposer d'une connaissance précise et d'un modèle fiable de la perception cérébrale, on peut envisager que son organisation induit une perception musicale orientée : par ses modes d'acquisition du son, par la sémantique que produisent certains traitements spécifiques, par les jonctions (ou leur absence) entre des zones de traitements spécifiques, on peut penser que la « sémantique musicale humaine » est directement liée à l'organisation singulière du cerveau.

Ce serait une erreur de concentrer la réalité musicale sur la base de la seule physique vibratoire. La dimension physique est absorbée par une organisation cérébrale spécifique qui impose un mode de perception élaboré dépassant de loin la simple dynamique physique.

On peut ajouter à ce constat anthropologique général, les différences individuelles qui existent dans la perception musicale. Sensibilités et capacité objective de différenciation rythmique, harmonique, mélodique, reconnaissance de la justesse des sons, capacité de reconnaissance des fréquences réelle (l'oreille absolue), facilité à l'apprentissage musical, mémoire mélodique, indépendance rythmique, etc.... On peut estimer que la « sémantique cérébrale imposée » connaît des différences entre les

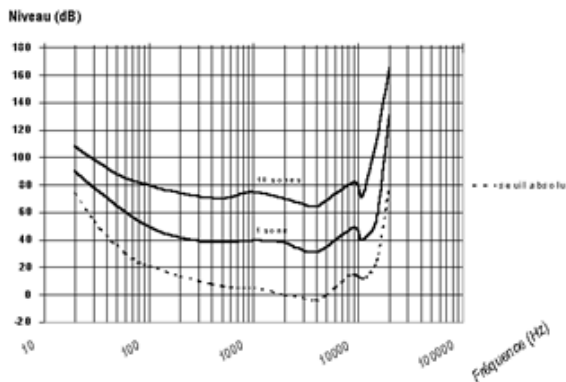
individus, soit physiologique (c'est peu probable dans le fond) soit dans l'usage des fonctionnalités possibles. Au-delà du débat récurrent sur l'inné et l'acquis, il y a le constat d'une différenciation sémantique induite sur la base de mécanismes cérébraux.

La capacité automatique de jouer n'importe quelle musique à des vitesses différentes montre un processus d'abstraction du temps absolu en temps relatif. Il doit exister des mécanismes qui rendent compte de ces capacités d'abstraction de l'information. Les effets psychiques des rythmes répétitifs sont indéniables, certains mécanismes doivent aussi en rendre compte. On a un même type d'abstraction sur la reconnaissance des fréquences, elle n'est que relative.

Une foule de phénomènes actifs dans la perception musicale

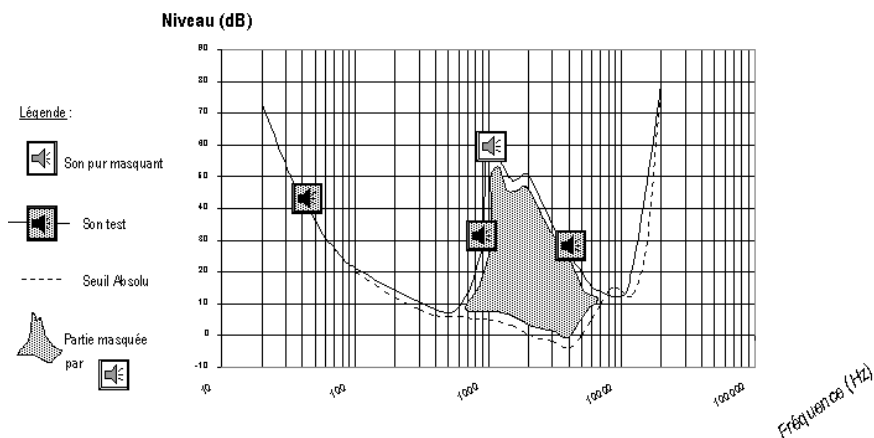
La sonie

La sensibilité de l'intensité acoustique n'est pas égale à même puissance pour les différentes fréquences. C'est pour cela qu'il existe des corrections dans les mesures de décibels ; afin de mesurer l'impression sonore plutôt que la puissance sonore.



L'unité de cette puissance corrigée selon les fréquences s'appelle la sonie.

Les effets de masques



Une étude de Fletcher et Munson (1933, puis Robinson et Dadson 1956) a montré que l'écoute d'une fréquence pure occultait notablement les

fréquences supérieures, rendant la perception insensible à l'écoute de certains sons pendant un certain temps. En émettant un son de 1kHz à 60 db, on mesure la perception des autres fréquences. Les seuils classiques de sensibilité aux fréquences en forme de baignoire sont altérés sur une large bande (pour des petites impulsions). Selon le graphique ci-dessus. Pour rendre compte de l'importance de ce phénomène, des ingénieurs chez Sony et Philips, auraient calculé que le phénomène permettrait d'économiser quatre cinquièmes de l'information transmise (en éliminant les parties inutilisées par la sensibilité). Cependant sur des timbres moins purs, le phénomène est moins marqué.

L'écoute sélective

Après le constat d'un fondement sémantique de l'écoute dans l'organisation cérébrale, il faut ajouter l'impact de l'attitude de l'auditeur sur l'écoute. Le choix intentionnel d'une posture mentale a une grande influence sur l'écoute musicale. La capacité d'écouter un instrument particulier donnera des impressions musicales très différentes selon les instruments focalisés ou non.

L'attention de l'auditeur peut se porter sur une foule de réalités très différentes : une écoute plus rythmique, plus mélodique ou plus harmonique ; infiniment différentiable par tous les motifs pouvant être objets d'une attention. Et ces motifs n'ont pas de limites conceptuelles. Certaines musiques contemporaines sont liées à la reconnaissance de certains schémas demandant une certaine initiation pour atteindre l'écoute prévue.

Les plaisirs et les attentes musicales sont très variables d'un auditeur à l'autre. On peut faire l'hypothèse que chaque individu, chaque attention, chaque réécoute d'une musique produit une sensation spécifique liée aux émotions, à l'histoire de l'individu, à l'apprentissage de l'écoute, à la sociologie,...

L'effet mcGurk

C'est une expérience qui consiste à visualiser un film dont l'image produit l'énoncé d'une syllabe et le son celui d'une autre syllabe. Par exemple « FA » et « PA ». Et l'on constate avec surprise que l'impression visuelle

impacte énormément la sensation d'écoute. En particulier l'attaque du son « PA » disparaît quasiment quand l'œil "observe le son" « FA » qui n'a pas d'attaque. On n'a bien du mal à entendre une attaque quand les lèvres, manifestement, ne la produisent pas. Sans extrapoler démesurément au-delà de l'expérience, on peut penser que l'impact de tout le contexte perceptif est important sur l'écoute musicale. Le son ne se suffit pas à lui seul.

Les paréidolies auditives

La paréidolie consiste à reconnaître des réalités qui n'existent pas par nature, mais qui sont suggérées par les formes en présence (par exemple reconnaître un visage sur une falaise). La paréidolie auditive consiste à entendre des réalités sonores qui n'ont aucune raison d'être. L'écoute de musique en langue étrangère génère souvent la reconnaissance de mots dans sa langue native. Beaucoup d'exemples cocasses ont amusé des auditeurs une fois avertis, ou parfois par hasard. On peut penser que notre perception cérébrale est en permanence à la recherche de sens et que la perception est dirigée vers le sens préexistant le plus proche (quand la distance est suffisamment réduite).

Le mécanisme est aidé par des stimulations contextuelles. Elles induisent certaines attentes sémantiques. En particulier, lorsqu'on présente un son avec l'interprétation préalable de sa paréidolie, celle-ci apparaît avec clarté. La paréidolie est beaucoup moins relevable sans attente préétablie et sans influence contextuelle suggestive.

La résonance tonale

J'appelle résonance tonale, le fait que la musique de façon internationale et transhistorique n'utilise pas des fréquences au hasard pour produire des mélodies (des suites de notes) et des harmonies (des notes simultanées). Il existe des schémas dans le choix des fréquences relatives. Et ces choix possèdent des redondances transculturelles remarquables.

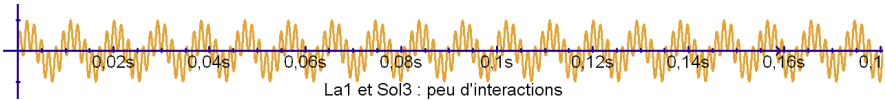
Par exemple, on trouve très répandue l'idée d'une note de référence (le ton) à partir de laquelle les autres notes seront choisies par fréquence relativement résonnante. Bien avant d'atteindre l'harmonie tonale classique, la pratique des gammes et des modes impose un constat : la prévalence de certaines vibrations sur d'autres. Chaque culture adopte des vibrations souhaitables et non souhaitables produisant une ambiance musicale spécifique. C'est un lieu où la physique et les mathématiques s'invitent pour l'observation des structures vibratoires en jeu.

L'étude de ces structures, mise en parallèle avec leur écoute, est un lieu privilégié pour observer le rapport qui existe entre la part structurelle (les réalités organisées par des phénomènes naturels), la part sémantique (le ressenti) et la part culturelle de l'harmonie. Parce qu'il existe une dimension objective à laquelle mesurer les sensations, l'étude de la résonance tonale est un lieu intéressant du ressenti musical.

La dimension synchronique

L'harmonie, c'est quand la musique joue plusieurs fréquences différentes simultanément. La musique correspond au plaisir de beaux sons. Toutes les superpositions de sons ne produisent pas le même effet. En première approche, on peut dire que la musique harmonique recherche une « belle » résonance dans le synchronisme des fréquences. Pour cela il faut à la fois que les sons soient « résonnants » (c'est-à-dire qu'ils forment une unité globale dont on comprend l'interaction. C'est a priori un sentiment issu de la culture musicale); qu'ils ne soient pas trop « ressemblant » afin de produire un son nettement distinguable (l'octave est pure mais pauvre en nouvelle sonorité. Aujourd'hui, on attend plus de richesse d'un ensemble de sons. Bien sûr, ce sentiment est relatif ; il dépend aussi des habitudes culturelles.); et qu'ils ne soient « pas trop

éloignés » et produisant une « réelle interaction » (en effet en superposant des sons distants de plusieurs octaves, le mélange des sons donne le sentiment d'entendre deux sons qui n'interagissent pas. On ramène donc les sons distants à une certaine proximité en descendant d'octave, pour que l'interaction soit réelle).



On l'a dit, l'octave, le plus simple synchronisme harmonique, est pauvre. La quinte est alors la plus simple des « nouveautés sonores ». La notion de résonance possède une dimension physique claire : les vibrations semblent plus pures quand les fréquences sont proportionnelles entre elles et le sont d'autant plus que les proportions sont simples. Cette recherche des proportions adaptées entre les notes relève d'une indéniable structure mathématique qui n'est pas sans difficultés et sans nuances.

La dimension diachronique

On possède une mémoire des sons entendus avant. Cette mémoire influence profondément la perception de ceux qui suivent. L'écoute du même son ne produit pas du tout les mêmes sensations synchroniques ou mélodiques. Parce que les sons précédents ont laissé une empreinte, ils influencent profondément la dimension diachronique. Par exemple des notes qui « frottent fort » (qui ne possèdent pas une résonance pure) peuvent sembler bien placée si elles s'inscrivent dans une marche harmonique où elles possèdent un sens (une ascension chromatique par exemple). Les résonances ne seront pas entendues pour elles-mêmes (réalité synchronique), mais par rapport à la logique de ce qui précède et suit.

Les gammes, modes et résonance

Dans les musiques tonales, une fois la note de base choisie, l'ensemble des notes qui est joué dans le morceau forme la gamme (quand on abstrait l'idée d'une note référente, on parle d'échelle musicale plutôt que de gamme). La musique occidentale s'est concentrée sur deux

gammes principales : la gamme majeure qui est formée de l'échelle diatonique : do ré mi fa sol la si. Et la gamme mineure (qui varie selon qu'on pratique une mélodie ascendante ou une descendante). Remarque : on prendra toujours la gamme de Do comme référence explicative, sachant que les phénomènes de résonance sont transposables (tout changement proportionnel des fréquences produit des effets semblables).

Il se trouve que dans une même échelle de notes fixées, on peut changer la note de base (la note prévalente). Cela produit des résonances différentes qui sont aussi appréciées. C'est ce qu'on appelle un mode. Dans notre échelle diatonique, il existe un mode pour chaque note de base ; Do: le mode ionien, Ré : dorien, Mi:phrygien, Fa:lydien , Sol:mixolydien, La:aéolien qui forme un des modes mineurs, Si:locrien. Si le mode ionien (et dans une certaine mesure aéolien) possède une immense prévalence dans la musique occidentale, certaines musiques (dans le romantisme, dans le jazz,...) utilisent les autres modes de façon intentionnelle. Chaque mode donne une ambiance spécifique. On peut voir dans ce mécanisme une dimension musicale à part entière. Certaines cultures musicales (indienne et arabe) utilisent les différents modes de leur gamme de façon prépondérante.

Ces gammes ne sont pas choisies au hasard, il existe entre les notes choisies des rapports de vibrations qui possèdent une structure mathématique partielle ou globale. L'existence si répandue de gammes et de modes dans les différentes pratiques culturelles montre l'importance des résonances vibratoires dans la musique. Ce n'est pas étonnant quand on pense que notre organe d'audition prend la fréquence comme principe d'information et quand on sait en physique que les vibrations possèdent des harmoniques. Toutes les associations de fréquences ne produisent pas les mêmes effets vibratoires.

D'un autre côté, les différentes cultures révèlent des plaisirs et déplaisirs très différents. Pour peu qu'elle cuisine un tant soit peu, les plats de maman sont toujours les meilleurs. En effet, parce que notre oreille s'habitue à des sollicitations qui deviennent des références, parce que cette habitude la rend sensible au jeu de tensions et détentes induites par les différentes combinaisons, parce qu'elle tisse des associations

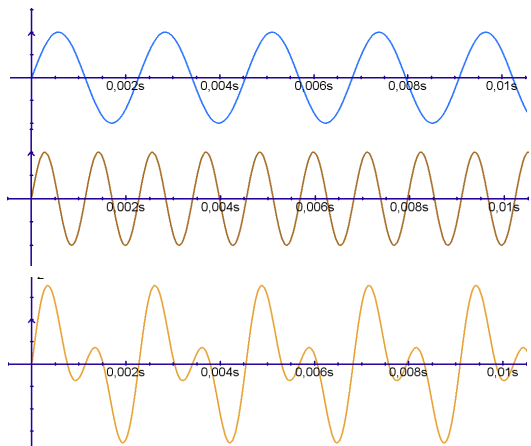
émotionnelles entre la musique et la vie, la musique creuse son sillon de plaisir et d'attente de le creuset de sa culture. Une culture musicale très différente demande une habitude de l'oreille avant de trouver un ressenti qui se stabilise et de comprendre le jeu des mises en tension. Les musiciens au contact de plusieurs cultures engendrent souvent leur propre système de références qui conjugue les tensions des différentes cultures selon leur sensibilité.

Ces trois mots sont certainement fondamentaux dans toute pratique artistique : résonance, tension et détente. Mais en harmonie, ils peuvent être interprétés avec un sens quasi objectif au travers de la physique et des mathématiques. La résonance, c'est l'ensemble des sons ressentis simultanément. La résonance harmonique, c'est l'effet de cette résonance vis-à-vis des fréquences (abstrait du timbre). Cela dit, une telle approche est certainement réductrice car nous avons vu l'incontournable dimension culturelle, affective, ainsi que la complexité des mécanismes cérébraux qui génèrent toutes les sensations musicales.

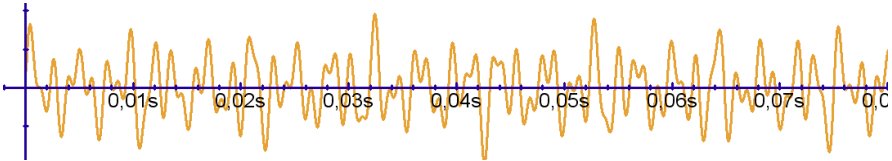
Monodie et polyphonie, tension et détente

Dans les cultures musicales qui jouent plusieurs notes simultanément la notion de résonance harmonique sera prépondérante.

On parle de résonance harmonique pour qualifier le rapport qui existe entre deux fréquences. Il s'agit d'un mécanisme logarithmique (basé sur les proportions plutôt que sur les valeurs). La plus simple des résonances de deux sons est l'octave. Cette dernière correspond à un son ayant une vibration deux fois plus rapide que l'autre (sur le schéma, le La4 à 880hz en marron vibre 2x plus rapidement



que le La3 à 440hz en bleu). C'est un son « simple ». Dans le sens où les sons étant joués ensemble, le résultat (qui est fait de la somme des fonctions) possède une forme de peu de complexité qui se répète sur un petit intervalle (en orange un peu plus de 0.002 secondes). Les sons complexes seront des sons où la répétition à l'identique est longue à venir (relativement à la fréquence de base), à l'instar de la figure suivante :



On voit en première approche que les musiques harmoniques privilégient les superpositions de sons produisant des harmonies simples.

Dans les cultures monodiques (jouant des musiques faites de mélodies, c'est-à-dire une seule note à la fois), et même s'il s'ajoute des bourdons (des notes de soutien qui durent longtemps), la recherche d'harmonie n'étant pas la recherche principale, il existe plus de liberté dans le choix des notes. Elles sont constituées de notes dont l'harmonie est beaucoup plus complexe, des notes ayant peu d'écart entre elles (jusqu'au cinquième de ton). Mais d'harmonie, il n'y a pas vraiment, le cheminement diachronique est d'abord mélodique, il prend sens par proximité avec les notes précédentes et suivantes. Comme les sons ne sont pas simultanés, la vibration n'atteint pas la complexité que produirait le cumule. C'est alors l'effet des petites relations différentielles entre les notes qui inspirent le plaisir des variations du maqâm arabe ou des ragas indiens. La mélodie repose sur une structure globale de vibration résonnante simple (la quarte, la quinte), puis une foule de petites variations de fréquence (bien en dessous du ton) forme les lignes mélodiques qui est devenu un mode à part entière de l'expression mélodique. A l'inverse, l'harmonie occidentale a construit une sorte de système de vibration simple maximale qui n'a pas ou peu laissé de place à ce type de tension et détente différentielle (on la retrouve éventuellement un peu dans un effet de trémolo).

Les cultures musicales ont trouvé différents chemins dans cette recherche commune de tensions et de détentes. On peut estimer que le désir harmonique a amputé le désir de variations fréquentielles parce qu'ils sont difficilement conciliables, tant la tension sonore deviendrait complexe et incompréhensible.

C'est l'occasion de constater que la recherche musicale n'est jamais seulement une recherche de simplicité et de pureté. Menée à son paroxysme, une telle recherche se contenterait d'une seule note. Avec un peu de complaisance, on accepterait peut-être l'octave. Cette fadeur est inhumaine. Non, quand il y a recherche de résonance, il y a aussi recherche progressive d'écart à la simplicité référente. C'est l'essence de la notion harmonique de tension (complexité accrue) et de détente (simplicité résonante). Si les formes de la détente sont assez universelles (la simplicité, quoique relative), celles de la tension possèdent plusieurs dimensions (qui ne sont pas toujours compatibles, on l'a vu).

On trouve bien des parallèles dans la recherche rythmique : la simplicité ultime est donnée par la répétition cadencée des temps forts, la beauté rythmique comme la beauté harmonique est donnée par la simplicité des sous-multiples les plus simples des temps forts (le découpage en deux : le binaire ; ou le découpage en trois : le ternaire). Puis se greffera la complexité d'une richesse toujours plus grande dans des sensibilités, des contretemps, des découpages plus fins du temps et des oscillations entre de nombreux motifs, etc.

La richesse provient de l'alternance entre tension et détente, la diversité des substrats de cette tension, la multiplicité des motifs de cette alternance, le flirt permanent avec la tension à la limite de l'inattendu, la production itérée de motifs répétés et modifiés, le tout se basant sur un maximum de codes culturellement identifiables. Que ce soit dans la richesse ou la pureté, dans l'abondance ou la frugalité, ces mécanismes constituent les ressorts d'un plaisir musical.

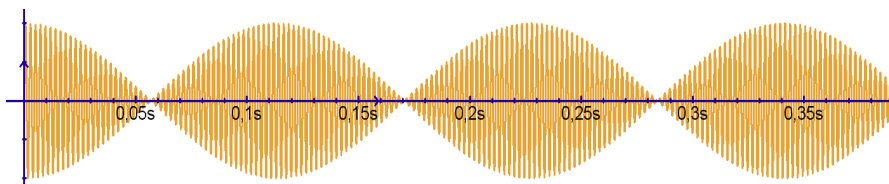
L'échelle diatonique

La musique occidentale s'est assise sur l'échelle diatonique. Cette échelle n'est pas nécessaire, puisqu'il en existe bien d'autres. Elle n'est pas entièrement naturelle, car bien d'autres échelles sont naturelles (pensons à la musique chinoise par exemple). Donc encore moins universelle comme on l'entend dire parfois. Par contre, elle s'est taillé un immense empire. Malgré toute la subjectivité que comporte une telle entreprise, il est intéressant d'essayer de dissocier les éléments culturels des éléments naturels qui abondent dans cette musique tonale.

Elle correspond à un choix, à un type spécifique d'attente et de recherche, c'est sa part culturelle. D'où viennent les gammes majeure et mineure. Je suis tenté de dire que l'Occident a été séduit par la résonance de l'harmonie tonale, et que ce concept explique une grande part de l'échelle diatonique.

On a expliqué précédemment qu'en polyphonie, il est délicat de s'écarter trop loin des vibrations simples. A partir du moment où la complexité ne se comprend plus à partir d'une référence simple qui est bien assimilée, elle n'exprime plus de tension à résoudre. Elle se perd dans les limbes du non-sens. Si l'on recherche à exprimer les vibrations les plus simples puis à s'en écarter doucement avec une complexité lentement croissante, l'harmonie possède, en effet, un versant naturel.

Les vibrations superposées



Fondée en première approche sur la proposition que la simplicité harmonique ressentie vient de la durée de la répétition du signal à l'identique (estimé en proportion du plus petit son), on obtient que deux sons superposés sont d'autant plus simples que le rapport du plus petit multiple commun (ppcm) à chaque son est minimal. Comme contre-exemple, on remarquera que pour deux fréquences très proches, le ppcm

est très grand, mais l'écoute ne semble pas très complexe. Parce qu'il existe une échelle de l'écoute. Deux sons très proches produisent pratiquement un son unique qui évolue lentement le temps d'être en phase puis en opposition. Et l'impression résultante est celle d'un son unique qui évolue en volume. L'oreille a perdu l'écoute de cette vibration qui est en dessous de sa capacité de perception (quelques dizaines de Hz en théorie et une certaine proximité avec les sons de base en pratique).

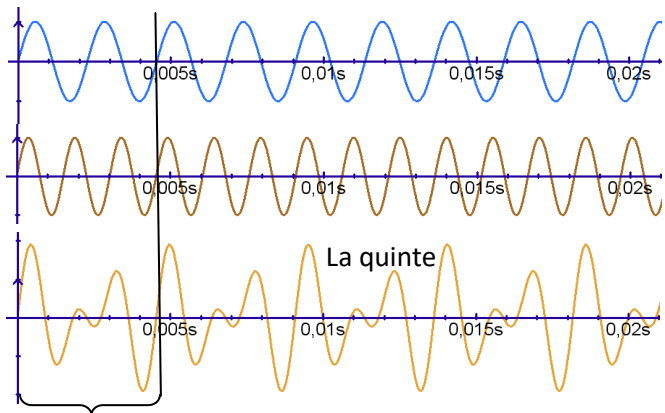
De fréquences pas trop proches sont issu un nouveau son. La superposition engendre une vibration plus complexe. Parmi elles, nous recherchons les plus simples.

La quinte

L'octave est relativement pauvre en sonorité pour nos oreilles habituées à des résonances nettement plus riches. Après l'octave la vibration la plus simple, on dit souvent que le rapport le plus simple qui vient juste après est la quinte, mais cela peut être discuté selon les modalités suivantes :

La quinte correspond au ppcm d'une

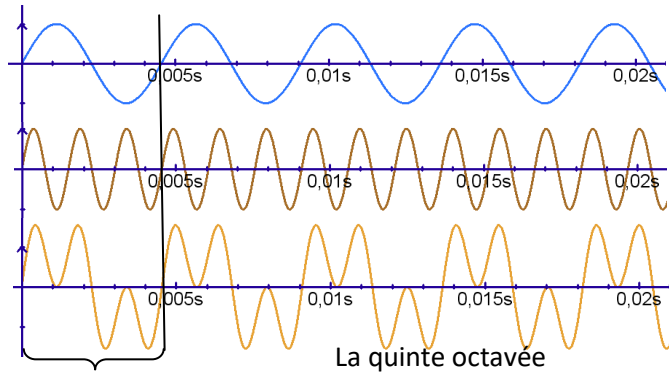
durée 2 et 3 en durée de période sonore et il vaut 6. Un son réalise deux périodes, pendant que l'autre en réalise 3. La période



totale du son cumulant les deux notes est 2 fois plus longue que le son de base (le plus grave donc le plus long) et 3 fois plus longue que le second son (aigu). Voir le schéma orange sur le graphe précédent.

Remarque : on constate bien que ce n'est pas la quantité 6 qui importe mais le rapport de 6 à 2 qui fait 3 et le rapport de 6 à 3 qui fait 2. En effet un rapport 1 à 5 (<6) n'a rien d'une résonance limpide comparée à la quinte.

Mais avec le rapport de durée 1 et 3, on obtient un ppcm de 3 soit 1 fois le son de base et 3 fois le second son comme pour la quinte. Ce qui,



à l'oreille, rend la vibration plus simple que la quinte pure. C'est la quinte octavée. La note de quinte est beaucoup moins distincte que dans le rapport 2-3. Mais d'un autre côté, c'est à nouveau « une quinte ».

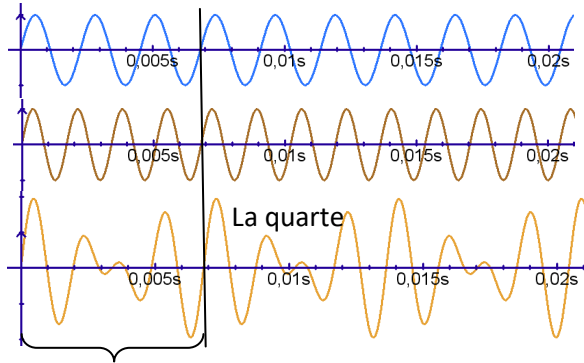
Cette question de l'octave, on va la retrouver. La musique ne s'arrête pas aux simples vibrations physiques de proportion, l'harmonie est intimement liée à l'interprétation et à la mélodie. Les notes proches importent par la clarté de leurs vibrations, c'est pourquoi on s'intéresse surtout aux écarts une fois ramenés à la même octave, parce que c'est ainsi qu'on les chante ou les joue, le plus souvent. Un mathématicien dirait qu'en harmonie, on parle modulo l'octave. L'octave y est vue comme transparente, naturelle. On reconnaît comme une évidence la parenté intime qui relie la quinte et la quinte octavée. Sous la réserve impliquée par cette remarque, on peut dire que la quinte est bien la vibration la plus simple et son rapport consiste à vibrer 1,5 fois plus vite que la note de base. Elle est suffisamment riche pour clarifier l'audition de deux notes et suffisamment simple pour apporter l'idée de pureté. La civilisation occidentale (depuis l'antiquité grecque d'ailleurs) s'est attachée à cette pureté de la quinte. Elle servira de pilier à toute l'harmonie musicale occidentale.

La quarte

Historiquement, la polyphonie naissante chantera souvent la quinte et plus encore la

quarte qui est la quinte renversée.

Si on note 1, la vitesse de vibration de la tonique alors l'octave



est à 2 (il vibre deux fois plus vite) la quinte est à 1.5 et la quarte est à $4/3=1.3333...$ Observons le renversement : l'octave (2) vibre 1.5 fois plus vite que la quarte ($4/3$) car le rapport entre eux (l'octave sur la quarte) est de $2 / (4/3)=3/2$, c'est une quinte. Comme l'octave est très « proche » de la note de base, peut-on dire que la quarte est très « proche » de la quinte ? On le dit souvent, mais c'est aussi une vue de l'esprit. Tout musicien connaît la différence radicale de résonance entre quarte et quinte. Ils ont un rôle harmonique très différent. La quarte produit une mise en tension qui résout sur la tierce. Comme on résonne modulo l'octave, la notion de renversement semble transparente. Mais au regard du ressenti de l'intervalle, je ne suis pas certain que le renversement explique la prévalence historique de la quarte par le concept central de quinte. Ce qui produit une petite faille dans le cliché courant que l'histoire de l'harmonie est chronologiquement appariée avec la complexité croissante des résonances.

En réalité, il existe bien une corrélation importante, parce que la complexité harmonique a toujours été le principe limitant de l'harmonie, il a été franchi étape par étape. Mais la quarte est elle-même une vibration simple. Un rapport 4 avec 3, soit 3 fois plus grand que la note basse et 4 fois plus que la note aiguë. Pour la « simplicité », on n'est pas très loin du rapport 3 et 2 de la quinte. C'est son rapport propre qui produit sa sonorité singulière bien éloignée de celle de la quinte. L'existence d'harmonique dans la plupart des objets vibrants (dans un seul son plusieurs notes sont superposées, de moins en moins fortes, dont

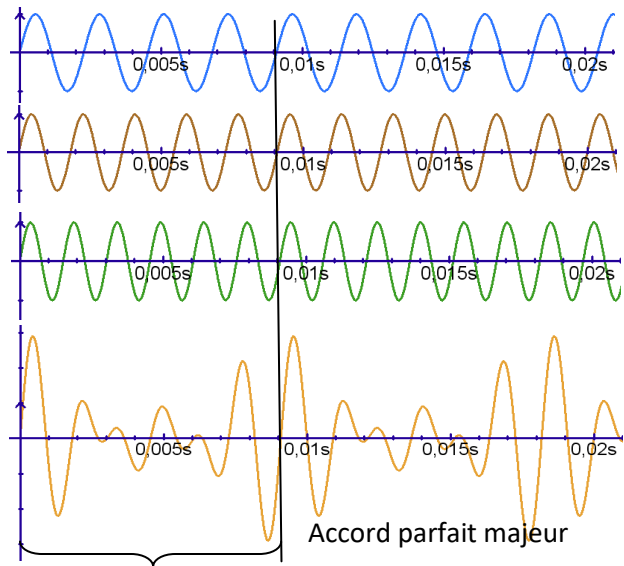
l'octave) permet de dire que la quinte est présente dans la quarte, mais elle est très faible et non majoritaire au fondement de la résonance.

L'importance de la quinte dans la formation de la gamme a peut-être tendance à monopoliser les explications en imposant une prévalence systématique. Beaucoup de cultures ont choisi la quarte comme polyphonie privilégiée. Elle est un peu plus complexe que la quinte tout en restant très résonnante et relativement très simple, c'est un candidat idéal à la « richesse harmonique ».

La tierce et l'accord parfait

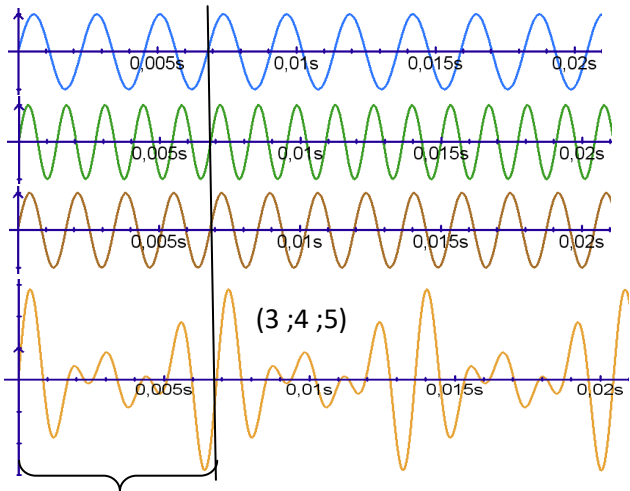
Avec la tierce naissent les difficultés. La tierce majeure résonnante de rapport $5/4=1.25$ est la vibration naturelle qui vient après la quinte et la quarte (en résonnant modulo l'octave on a $3/2$, $4/3$ puis $5/4$). Mais la sixte de rapport $5/3$ n'est pas bien loin non plus en matière de simplicité (voire à peine mieux). Si la quarte a parfois concurrencé la quinte, pourquoi la tierce a-t-elle prévalence sur la sixte ? C'est à cause de l'accord parfait majeur. L'apparition de trois notes simultanée.

En effet, si deux notes simultanées produisent un allongement de la période du son global, l'ajoute d'une troisième note produit en général un résultat nettement plus complexe : c'est le ppcm globale produisant un rapport avec chaque son. Or relativement peu



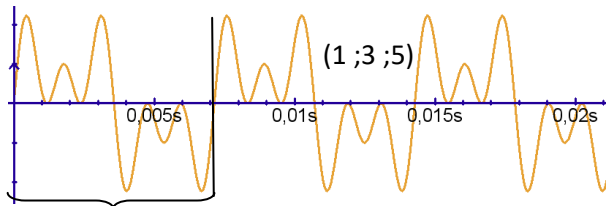
de situation vont donner des rapports de ppm court. L'accord parfait majeur est le plus simple exemple de vibration de trois notes simultanées. Le rapport de ces notes est 1 pour la tonique, $5/4=1.25$ pour la tierce et $6/4=1.5$ pour la quinte soit quand la base fait 4 vibrations, la tierce en fait 5 et la quinte en fait 6. L'euphonie de l'accord s'inscrit dans un rapport de 4 périodes de la base. Ce n'est pas plus que la tierce seule. On comprend ce nom d'accord « parfait », il est extrêmement simple.

Bien sûr on aurait pu faire mieux, en faisant coïncider 2 périodes pour la base, 3 périodes puis 4 périodes. Sauf que 2 et 4 signifient un écart d'octave et c'est une harmonie pauvre. On n'a pas mieux avec (1,2,3). Par contre, en plaçant sur une



période une note produisant 3 périodes, une autre 4, et la dernière 5 on obtient un accord plus simple encore. Y a-t-il mieux que l'accord parfait ? Si on considère que la note produisant 3 périodes est la même que son octave qui en produit 6 sur le même intervalle, on retrouve tout simplement les 3 notes de l'accord parfait. Mais ce n'est pas dans le même ordre, c'est ce qu'on appelle un renversement. Est-ce culturel, que l'ordre (4,5,6) ait eu la faveur sur l'ordre plus simple (3,4,5) ?

En fait le rapport le plus simple serait plutôt dans les multiples (1,3,5), c'est-à-dire une



tierce doublement octavée qui produit un graphe nettement plus symétrique d'ailleurs. Mais l'écart d'octaves commence à être

considérable et on perd la notion de proximité des notes. Ce sont les vibrations naturelles les plus simples, mais pas les vibrations résonnantes au sens du ressenti de l'oreille. De plus la notion de note tonique est très importante : la note la plus basse sert de toise aux vibrations plus rapides. De sorte que le renversement qui correspond à la tonique (4 ; 5; 6) correspond à un sentiment de repos beaucoup plus important que le renversement plus simple (3 ;4 ;5) reposant sur la quinte. Mais la notion d'attraction de la tonique restera à préciser. A ce stade, on constate juste que l'idée de vibration simple n'est pas la seule influence en présence.

La constitution de l'échelle diatonique

Le choix de l'échelle diatonique repose sur une part culturelle, c'est-à-dire un choix de son qui sonne agréablement au détriment d'autres possibilités. Mais on peut produire une justification de ce choix dans l'idée de maximisation de la résonance de quinte : supposons le DO comme note tonique. Il engendre sa quinte le Sol. Le Sol produit sa quinte le Ré. Modulo un octave, de la proximité du Do et du Ré naît le ton. Difficile d'aller en dessous parce que deux notes trop proches n'ont pas des rapports de fréquence simple. La présence simultanée de ces deux notes produit une résonance beaucoup moins simple que les accords dont on vient de parler. D'ailleurs l'usage harmonique classique ne cherche pas avec abondance la simultanéité de notes produisant le ton.

Si on continue de quinte en quinte on obtient La, Mi et Si. On ajoute aussi le Fa (la quarte) qui est aussi la quinte en dessous du Do. Rappelons que ce Fa est aussi dans l'accord le plus simple qui se base sur le Do (3,4,5) [avec la présence du La à nouveau]. Ramenés dans une octave unique, on obtient la gamme diatonique Do Ré Mi Fa sol La Si. Après quoi, on s'arrête dans la progression des quintes. Pourquoi ? D'abord parce qu'on a déjà beaucoup de quinte à faire résonner (la gamme chinoise s'arrête à 4 quintes, soit 5 notes). Mais c'est surtout parce que cette échelle de note a déjà produit plusieurs indécidables : deux demi-tons (entre le Mi et Le Fa, puis entre le Si et le Do), écart qui commence à vibrer beaucoup moins simplement. Continuer produirait le Fa# coefficient 25/18 avec le Do. Le dénominateur valant 18 témoigne d'une parenté résonnante bien

lointaine avec le Do. De plus cette note n'aurait de sens qu'avec le Si qui est lui-même la tierce de la quinte (la vibration la plus éloignée dans l'accord). Autant dire que de tous les côtés cette quinte qui suit possède une parenté trop lointaine. Continuer serait franchir une haute marche de complexité résonnante. Les quintes en dessous du Fa, le Sib est plus simple d'accès (15/8) mais tout de même bien éloignée (Dans l'histoire de l'harmonie, il sera d'ailleurs assez vite utilisé pour une modulation vers la quarte).

Mais il y a aussi la résonance des notes ensemble et les attractions réciproques. Toutes les notes de l'échelle diatonique possèdent un rapport relativement étroit avec le do. L'accord parfait de tonique est constitué de DO-MI-SOL. Le Sol est la quinte, la note « la plus proche » du DO et son accord est constitué de SOL-DO-RE, un nouvel accord parfait. La quarte qui n'est pas une note bien lointaine du DO, produit elle aussi un accord parfait avec cette échelle : FA-LA-DO. A eux trois, ces 3 accords (appelé la marche harmonique parfaite) couvrent toute l'échelle des notes de la gamme diatonique. Il y a comme une sorte de muret naturel empêchant de continuer la suite des quintes pour ajouter à l'échelle des sons sur lesquelles on batifole pour faire de la musique.

Ainsi l'échelle diatonique s'impose quand la quinte et l'accord parfait majeur sont les résonances privilégiées et que la tonique forme un son de référence face auquel on veut évoluer. Dans cette perspective, si on ne souhaite pas être troublé par des résonances trop complexes, l'échelle se limite à 7 notes, faite d'une alternance variable de ton et de demi-ton pour parvenir à l'octave suivant. A l'issue, le demi-ton constitue une mesure naturelle du découpage de la gamme : un douzième de l'octave (dans un découpage logarithmique). On verra bientôt que cette approche est légèrement grossière, car les tons et demi-tons fondés sur les vibrations parfaites ne sont pas tout à fait égaux.

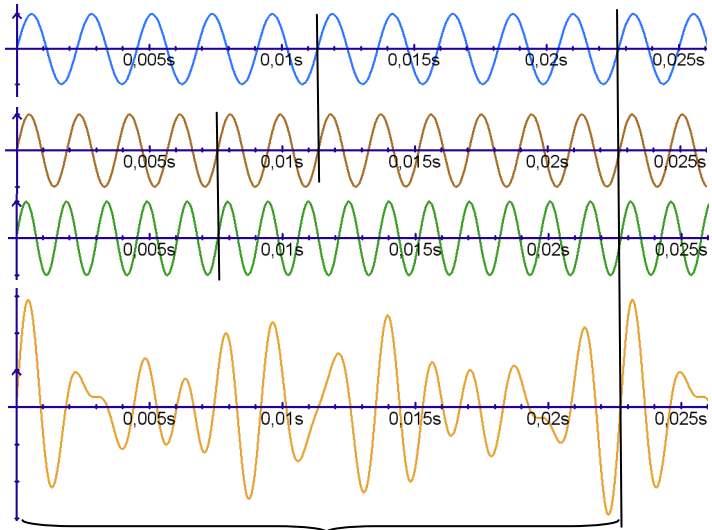
L'harmonie tonale

En attendant, on peut relever ce point central dans la musique occidentale : le fait d'être accroché à une note tonique comme toise de

toutes les résonances. On parle d'harmonie tonale. C'est inconscient chez la plupart des non musiciens. Mais c'est bien là une dominante psychologique de la musique occidentale : un morceau de musique se joue dans une tonalité, et toutes les résonances sont ressenties face à cette tonique. Un morceau classique simple commence et finit sur cette tonique qui résout toutes les tensions. L'accord parfait majeur est une résonance idéale de simplicité, mais l'accord parfait sur la tonique est très différent des autres accords parfaits (celui de la quarte et de la quinte). L'accord parfait sur la quinte résout naturellement ses tensions lorsqu'il est suivi de l'accord tonique. L'accord parfait sur la quarte est moins tendu, mais il est ressenti comme non résolu. Seul l'accord parfait de tonique apporte ce sentiment de dénouement des tensions. Il y a là une culture de la construction des tensions. Repose-t-elle sur un mécanisme psychique naturel ou bien est-elle uniquement un principe culturel éduqué ? On peut arguer le mécanisme de mémoire présent dans toute la musique : la mémoire des notes précédentes influe énormément le ressenti des suivantes. Le ressenti de l'harmonie n'est pas seulement de nature synchronique comme la vibration physique, mais il subit une forte influence diachronique qui module de façon très variable les sensations produites par un même accord ou par une même note dans des conditions différentes. Cette possibilité de mémoire est suffisante pour rendre compte de l'attache à une note tonique, mais probablement insuffisante pour rendre compte de l'importance de cette attache dans la musique tonale. Il n'est pas exclu qu'un autre mécanisme physiologique en rende compte, mais il se peut aussi que cela ne constitue qu'un simple habitus culturel. Celui-ci serait d'ailleurs encouragé par la possibilité naturellement issue de ce système diatonique (plongé dans le système chromatique) de moduler, c'est-à-dire de changer spontanément de tonique selon des proximités de résonances (modulation d'une quinte, d'un ton, d'un demi-ton, ...). L'existence de modes autres que ionien, sur l'échelle diatonique, montre que l'attache à la tonique proprement dite est modulable. C'est une autre note qui assume le rôle d'attache. Cet argument se renverse : il reste toujours une note d'attache fondamentale, même si elle n'est pas unique.

La gamme mineure

L'échelle diatonique ouvre la résonance à un nouveau type : l'accord mineur. C'est un accord dont la tierce possède un rapport plus petit $6/5$ au lieu de $5/4$. La tierce



mineure (composée de 2 notes) possède à nouveau une résonance relativement simple qui capte naturellement l'intérêt. Par contre l'accord mineur composé de trois notes ne se conjugue pas aussi simplement que l'accord parfait. Il faut 10 périodes de la note de base pour produire la répétition du signal de l'accord globale contre 4 (voire 3) pour l'accord parfait.

Mais il faut croire que ce n'est pas suffisant pour nous détourner de son offre de résonance. La résonance de l'accord mineur s'est imposée comme concurrente de l'accord majeur au point de devenir monopolistique dans certaines musiques.

Ce son plus fermé, plus riche, plus triste (il est abondamment utilisé pour véhiculer des registres sentimentaux, mais pas seulement), etc... est devenu une référence. Il reste difficile de qualifier une impression musicale par des mots. D'autant plus que le sentiment produit est très attaché à des associations sémantiques culturelles.

La gamme majeure offre naturellement 6 accords. Les notes DO, FA et SOL supportent un accord majeur dans la gamme, et les notes RE, MI, LA un accord mineur. Par contre le degré Si ne supporte aucun accord, tout

simplement parce que c'est le seul degré qui ne possède pas de quinte, mais une quinte diminuée d'un demi-ton qui est un écart complexe (l'écart 25/18). Donc on ne réalise pas d'accord sur le septième degré (appelé la note sensible) qui a cependant, pour elle, la forte attraction vers la tonique. Le frottement tendu d'un demi-ton a fini par être incontournable par la détente qu'il procure suivi d'une tonique très reposante.

De cet accord mineur est née une gamme : la gamme mineure. Elle consiste à produire des résonances mineures sur les degrés les plus importants. Sa constitution est nettement plus complexe que la gamme majeure. La tonique doit supporter un accord mineur. La quarte aussi. Par contre, il y a un problème sur la quinte parce que la résolution en justesse et en tension vers l'accord de tonique aime l'accord majeur par sa note sensible. Ce qui produit une double gamme mineure : en prenant l'échelle diatonique sur le sixième degré (la gamme aéolienne du La), on construit cette gamme mineure avec l'accord de quarte qui est lui aussi mineur. Mais lorsqu'on veut produire la tension culturelle à laquelle on est habituée pour revenir à l'accord tonique, la gamme se transforme pour faire réapparaître la sensible (le demi-ton complexe en dessous de la tonique qui se résout par la tonique apaisée). On transforme alors le Sol en Sol# un demi-ton au-dessus.

Mais les difficultés ne s'arrêtent pas là. Quand cette gamme est utilisée de façon mélodique ascendante (par notes conjointes) l'écart entre les notes successives Fa et sol# est d'un ton et demi. C'est une pratique vocale complètement inhabituelle pour des notes conjointes. Aussi la note précédente est elle-même montée demi-ton et l'on accepte le Fa# (l'écart de 25/18). Ce désagrément harmonique est mieux supporté que le grand écart des notes conjointes. Ce qui implique l'existence de trois gammes mineures : la gamme naturelle mineure fondée sur le mode aéolien de l'échelle diatonique sans transformation, la gamme harmonique enrichie de la sensible (à la place du septième degré non sensible), la gamme mélodique montante pour absorber l'écart important (la gamme descendante étant réalisée agréablement sur la gamme naturelle). Certaines musiques se contentent de la gamme aéolienne en renonçant à produire la tension de résolution de la sensible vers la tonique.

On a donc une gamme mineure non fixée qui ne cesse d'osciller entre les gammes naturelle, harmonique et mélodique, au cours d'un même morceau parfois. Cette instabilité produit des tensions spécifiques à cette gamme.

La gamme mineure naturelle contient les mêmes notes que la gamme majeure relative qui est un ton et demi au-dessus. Et le changement de gamme dans le cours d'une musique (ici entre majeur et mineur) est une pratique courante qui est va devenir une nouvelle dimension musicale à part entière. Prendre plaisir à ce type de pratique, suppose que l'oreille est habituée aux deux modes et qu'elle identifie les changements d'univers de résonance par leur référence (inconsciemment souvent). Ce type de changement (appelé modulation) est cependant assez naturel parce qu'il présuppose les mêmes notes. Le changement de mode est mis en évidence par un changement des tensions et des résolutions vers une nouvelle tonique. Et bien d'autres modulations vont être possibles quand on aura pris conscience de la structure plus fine des résonances.

Ces remarques un peu techniques sont un excellent lieu pour réaliser la part culturelle de l'écoute musicale. De nombreuses contraintes pèsent sur nos habitudes culturelles d'écoute et le choix pratique ne se limite aucunement à la logique de la plus simple résonance. Cela révèle la part éminemment culturelle de nos pratiques musicales.

C'est aussi l'occasion de constater l'importance de la tension produite par l'accord de quinte résolu dans l'accord de tonique. Elle est suffisamment souhaitée pour transformer successivement la résonance diatonique par la modification de la sensible, puis encore assez forte pour relever la note précédente non résonante avec la plupart des notes, pour combler l'écart. C'est bien là le témoignage d'une vive attente. Elle est capable de supporter une double rupture de l'harmonie sur deux niveaux causaux consécutifs. C'est un témoignage des tensions qui habitent la culture musicale : le choix entre plusieurs attentes, plusieurs types de tension en concurrence.

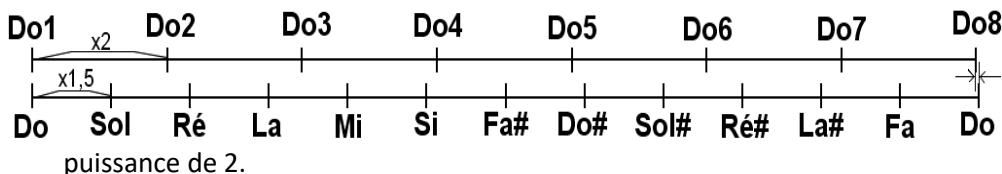
L'imprégnation du mode mineur dans la culture occidentale et sa concurrence face au mode majeur (plus naturel) révèlent le poids du plaisir culturel relativement au poids de la résonance naturelle. S'il est

capable de produire une telle pression de préférence culturelle sur la résonance naturelle, c'est que la musique n'est pas enracinée dans la recherche d'une meilleure résonance, mais bien autant dans un plaisir de résonance éduquée. On le savait par la diversité des cultures musicales existantes. Mais d'aucuns avaient pensé que la découverte de l'harmonie conduisait à une réduction de la part culturelle au profit d'une musique naturelle riche et pure. Le mode mineur montre le contraire. Si la résonance naturelle est capable de produire une résonance séduisante, elle n'est pas un passage nécessaire.

Hiatus harmonique fondamental

Si on ne l'a pas encore remarqué, il est un constat un peu surprenant : le fait que les sept quintes contiguës de rapport $3/2$ produisant la gamme diatonique (Fa Do Sol Ré La Mi Si), s'organisent, une fois ramenée à l'octave, sur les graduations de 12 espacements réguliers dans cette octave. D'ailleurs en prolongeant les quintes à partir de la dernière utilisée (le Si), on tombe sur tous ces demi-intervalles inutilisés : Fa# Do# Sol# Ré# La# puis on retrouve Mi#(Fa) Si#(Do). Soit les 12 intervalles de demi-tons produisant la gamme chromatique. Sachant que l'octave est une vibration double de l'accord de base, cela suppose qu'en élevant 1.5 à une puissance 12 (toutes les quintes successives), on tombe sur un produit fait uniquement de facteur 2 (les octaves successives). Une magie inattendue.

Sauf que la magie n'en est pas une. Cette assimilation des 12 quintes à 7 octaves n'est qu'approximative. L'arithmétique ne le permettait pas : la puissance d'un quotient irréductible $(3/2)^n$ ne peut simplifier son dénominateur. Les 12 quintes successives n'aboutissent pas sur une



Il y a un comma pythagoricien de différence avec les 7 octaves. Ce qui correspond à $1/9,162$ -ième de ton. Une oreille d'une sensibilité moyenne entend bien cette différence. Il faudra donc ruser pour attribuer une position à chaque demi-ton de la gamme chromatique.

On ferait le même constat si on enchainait des tierces ou tout autre écart résonnant : leur répétition ne tombe jamais sur un multiple d'octave. C'est un problème d'arithmétique des fractions irréductibles : des diviseurs premiers entre eux ne peuvent se simplifier. Autrement dit, quel

que soit l'écart que l'on choisit pour définir les notes, il ne peut pas rester stable en toute position, il faut tricher pour retrouver l'octave. On aura tendance à tricher sur les notes rares (les altérations). Mais si on change de tonalité à partir des mêmes notes, la place des « tricheries » change et peut devenir centrale...

L'usage des altérations hors gamme est rare quand on recherche la pureté de la résonance (cependant on en utilise déjà deux dans la gamme mineure). Puis la musique s'enrichissant, on a trouvé un immense plaisir à moduler, c'est-à-dire à changer de tonique et de gamme dans le cours même d'un morceau. Ces modulations n'ont rien d'hasardeux, il s'agit de passer dans des gammes qui ont des résonances musicales très comparables. Et l'on écrit des séquences de transition comme on fait un jeu de mots à double sens : sur les notes communes. Les modulations sont au départ des moments où la musique change de référence en se servant d'une partie doublement interprétable. Ce type de pratique devenant de plus en plus commun, les séquences de transition peuvent disparaître. La modulation tonale devient un mode d'existence de la musique, une nouvelle dimension.

Dans ce cadre, il est primordial que les demi-tons initiaux produisent des résonances aussi belles entre eux que la gamme diatonique de départ. Car en changeant de tonique la nouvelle gamme diatonique est faite à partir des mêmes « demi-tons ». Or en vertu de cet écart irréductible entre les octaves, les quintes, les tierces et tout écart simple, il est impossible de produire une résonance juste partout.

Sur beaucoup d'instruments, les sons doivent être accordés à l'avance (le clavecin, le piano, l'orgue). On ne peut construire chaque note que définitivement sans ajustement possible pendant le morceau. Comment accorder chaque note pour permettre l'enharmoine, c'est-à-dire la transparence des modulations.

En fait, le problème de l'enharmoine déborde la question de la modulation. On peut le rencontrer aussi dans un morceau écrit dans la plus pure utilisation de l'échelle diatonique. En effet, lorsqu'on est à la recherche de la vibration pure. Premièrement chaque accord doit être

réalisé selon les rapports les plus simples. L'accord parfait repose sur les coefficients 1, 1.25 et 1.5 et l'accord mineur sur les coefficients 1, 1.2 et 1.5. Puis lorsqu'on enchaîne des accords, les notes communes de deux accords successifs ne peuvent pas changer de fréquence, c'est la moindre des choses. Sur la base de ces deux seules contraintes, la succession dans la gamme majeure des accords de Sol, Do, La mineur, Ré mineur devrait être les suivants : (on exprime chaque note en rapport au Do qui est la tonique)

- Sol (Sol : $3/2=1.5$, Si : $(3/2) \times (5/4)=1.875$; Ré : $(3/2) \times (3/2) / 2 = 2.25/2=9/8=1.125$ ramené à l'octave inférieure).
- Do (Do :1 ; Mi : $5/4=1.25$; Sol : $3/2=1.5$). Note commune avec l'accord précédent : le Sol.
- La mineur (La : $5/3=1.6666...$; Do:1 ; Mi :1.25). Notes communes précédentes : Do et Mi.
- Ré mineur (Ré: $(5/3) / (3/2)=10/9=1.1111..$; Fa= $(10/9) \times (6/5)=4/3=1.3333$; La: $5/3=1.6666$). Note commune : le La

Si on enchaîne avec la même suite d'accord, c'est la note Ré qui est commune entre les accords de Ré mineur et de Sol. Seulement, ce n'est plus le même Ré... En effet quand on accède au Ré par la quinte supérieure au Do (l'accord de Sol), on obtient $9/8$ pour que ça sonne juste, quand on accède au Ré par la tierce mineur du Fa (la quinte en dessous), pour une bonne résonance, il devient $10/9$.

Si on se base sur l'idée que l'harmonie est tacitement présente dans la succession des notes, ce qui est valable pour les accords, peut l'être aussi pour une simple ligne mélodique. Si on enchaîne la succession de notes (ou d'accord) Sol-Do-La-Ré sur la base de ces contraintes de résonance les plus évidentes, on se doit de détonner d'un rapport valant $(9/8) / (10/9) = 81/80=1.0125$ à chaque boucle mélodique. C'est le comma syntonique.

On constate que la volonté de résonance juste pose un problème central dans l'enchaînement harmonique, à l'intérieur même du modèle de résonance le plus simple à savoir la gamme majeure diatonique. Comment résoudre ce problème ? C'est une question à laquelle il existe de nombreuses réponses théoriques depuis l'école pythagoricienne. La

première solution consiste à ajuster chaque note en fonction du parcours harmonique. Ce n'est faisable que pour les instruments qui disposent d'une marge sur la fréquence des notes à produire et ça ne résout pas la dérive due à des boucles incluant un comma syntonique. Et parce qu'il existe des instruments à note fixe, il faut réaliser un choix sur la fréquence des notes pour satisfaire au mieux les tensions contradictoires qui pèsent sur l'harmonie. Chacune des solutions proposées pour construire ces accords résonnants sera la définition d'un « tempérament ».

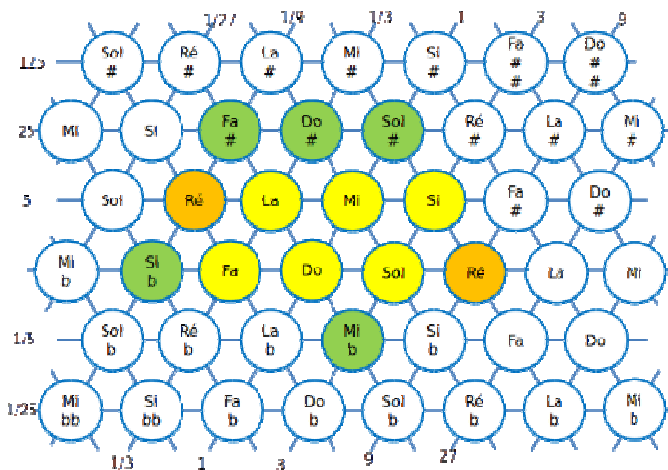
Les tempéraments

La gamme juste ou la gamme du physicien

C'est le tempérament qui correspond à une recherche de résonances les plus pures et les plus simples conforme au principe de la gamme diatonique. Par exemple, il faut faire un choix sur le Ré qui sera sélectionné (le faire résonner avec l'accord de quinte majeure ou de seconde mineure). C'est évidemment la quinte majeure qui prévaut car sa proximité à la tonique est plus étroite. L'accord de quinte est un lieu central de la musique tonique. Ce qui signifie que l'accord de seconde mineure ne résonnera pas « juste ». Puis la question se pose pour chacune des 5 hauteurs qui correspondent aux altérations des notes de la gamme diatonique : on fera le choix de la proximité à la tonique en fonction des accords dans lesquels ils peuvent intervenir.

La proximité sémantique signifie qu'on donne prévalence à la justesse des accords les plus proches du Do (l'accord de quinte, puis de quarte,...). Puis que l'usage des demi-tons d'altération est hiérarchisé par les modulations les plus naturelles (maximisant les notes de gamme communes).

On cherche systématiquement à maximiser la justesse des accords parfaits majeurs et mineurs (c'est un procédé culturel). Ces accords font intervenir des quintes et des tierces. Ce sont les deux intervalles importants à faire respecter au maximum. Ce qui donne un réseau à deux dimensions : horizontalement, on place l'écart de quinte et verticalement la tierce. Par le fait heureux qu'une quinte est composée d'une tierce majeure et d'une tierce mineure, on peut intercaler entre chaque quinte la tierce qui produit donc des tierces majeures en montant à droite, et des mineures en montant à gauche ; rassemblées par le tableau suivant :



Les accords justes étant faits de tierces et de quintes, l'intérêt de ce graphe est de nous montrer tous les accords justes : les accords majeurs sont les triangles à pointe en haut, les accords mineurs avec les pointes en bas. Sur ce graphe, on lit aussi le parcours des accords justes : ce sont les accords qui conservent des notes communes de proche en proche.

Sur le graphe, on voit bien les deux approches vers le Ré quand on part du Do: celle de gauche (par les quintes inférieures à Do) et celles de Droite (par les quintes supérieures). Ces notes qui portent le même nom ne sont pas accordées avec la même fréquence. C'est valable pour tout le graphe.

Le choix des notes altérées est fait à partir de la recherche de gammes les plus proches. Le graphe montre que c'est au-dessus qu'on va chercher la majorité d'entre elles. Cela vient des gammes mineures culturellement bien ancrées. Elles acceptent deux notes sensibles. Ces gammes donnent accès à l'altération supérieure. La note sensible Sol# de l'accord de Mi se résout sur l'accord tonique de Lam, qui est une gamme très semblable à la gamme majeure de Do. La sensible Do# qui se résout sur l'accord tonique de Ré mineur, gamme assez semblable à celle de Fa proche de Do. Le Fa# provient plutôt de la modulation en gamme de Sol qui est la quinte directement supérieure. De même le Sib provient de la gamme de Fa quinte directement inférieure. Il reste le Mib un peu en équilibre parce qu'on peut l'accorder comme venant de la modulation de Do à Dom

(gamme peu semblable, mais de tonique identique qui produit un ancrage fort et permet une modulation facile. C'est un procédé fréquent). On aurait pu choisir le Ré# provenant de la sensible qui se résout sur la gamme de Mim très semble à la gamme de la quinte Sol. Chacun de ces choix restreint la pratique musicale à certains enchaînements, les autres n'étant plus accordés avec justesse. C'est de la musique à liberté amputée. Toutes les modulations naturelles n'y ont pas leur place.

C'est Gioseffo Zarlino au XVI-ième siècle qui est un des premiers à avoir réfléchi de façon systématique à cette question du choix des notes résonnantes. Voici donc la gamme résultante de notre réflexion:

	Position Chromatique	Ordre des quintes	Rapport à la tonique	En fraction	Gamme majeur juste	Rapport avec la tierce d'avant
Tonalité	0	0	1,000000			
	1	7	1,041667	25 / 24	1,041667	1,250000
seconde	2	2	1,125000	9 / 8	1,080000	1,250000
	3	9	1,200000	6 / 5	1,066667	1,280000
tierce	4	4	1,250000	5 / 4	1,041667	1,250000
quarte	5	11	1,333333	4 / 3	1,066667	1,280000
	6	6	1,388889	25 / 18	1,041667	1,234568
quinte	7	1	1,500000	3 / 2	1,080000	1,250000
	8	8	1,600000	8 / 5	1,066667	1,280000
sixte	9	3	1,666667	5 / 3	1,041667	1,250000
	10	10	1,800000	9 / 5	1,080000	1,296000
septième	11	5	1,875000	15 / 8	1,041667	1,250000
Octave	12	12	2,000000	2	2,133333	1,250000

seconde **10 / 9**
quinte# **25 / 16**
sixte# **16 / 9**

Partant de cette gamme, toute modulation vers une tonique différente produira des dissonances d'autant plus grandes que la tonique sera

éloignée de la référence choisie. Voilà pourquoi ce choix de tempérament est très peu retenu : il limite énormément le répertoire d'un instrument.

Une autre remarque plus surprenante s'impose : le choix d'une harmonie naturelle pure n'est pas forcément la garantie d'une impression musicale pure. En effet, le choix des résonances pures a pour conséquence l'inhomogénéité des simplicités en jeu. L'accord de mineur est nettement « moins simple » qu'un accord de majeur, en termes de pureté. L'ajout d'une septième ou d'une seconde dans un accord, malgré leur pureté, induit une complexité nettement supérieure aux accords simple. Tout simplement parce qu'en prenant l'accord parfait majeur comme toise, tout ajout d'harmonie apparait comme « complexe ». Et l'écoute d'un morceau joué sur un tel tempérament rendra l'hétérogénéité harmonique d'autant plus forte qu'une grande pureté y apparait régulièrement. Cette hétérogénéité de pureté résonnante peut produire une sensation de désagrément. Curieux quand on considère que la ligne de conduite était la plus grande pureté : le mieux est-il l'ennemi du bien ?

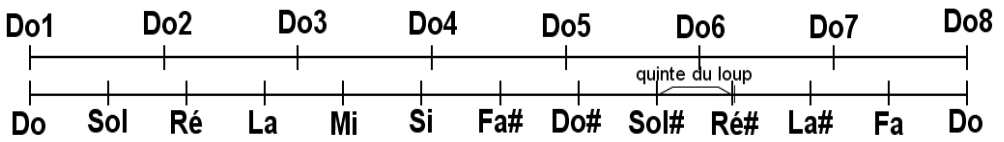
Les autres solutions consistent à accepter un peu d'erreur dans la justesse.

Tempérament Pythagoricien

La musique a été abordée par de nombreux mathématiciens qui y ont reconnu des réalités vibratoires de nature arithmétique. L'école pythagoricienne qui cherchait les réalités mathématiques dans le monde n'a pas laissé échapper la musique de son giron. Elle a bien pris conscience de la nature des vibrations exactes comme rapport simple de multiplicité entre les fréquences (ou plutôt les longueurs de cordes, à l'époque). L'oreille de l'époque peu habituée à la richesse polyphonique considérait que les seuls écarts suffisamment résonnants pour produire de la musique étaient la quinte et la quarte.

L'enchaînement de quintes apparaît alors comme naturel. Et la génération des 12 demi-tons (quand ces quintes sont ramenées à l'octave) en est le résultat. Mais il faut tricher sur l'une des quintes pour retomber sur l'octave. On l'appelle la quinte du loup, on s'arrange pour la placer le plus

loin possible (en termes de proximité harmoniquement) de la tonique. Elle est plus courte que les autres quintes d'un comma pythagoricien.



Il faut s'arranger pour éviter de se rapprocher autant que possible de la quinte du loup.

Tant qu'on produit des quintes ou des quartes, ce tempérament convient très bien. Mais au moment où l'on veut intégrer la tierce dans l'harmonie parce qu'elle se révèle appréciable, la gamme pythagoricienne pose problème. En effet, la tierce s'obtient par 4 quintes successives $(3/2)^4 = 81/16$ si on la ramène à l'octave initiale (on divise par 2×2) on obtient un rapport de $81/64 = 1.2656...$ qui n'est pas d'une résonance très agréable. Elle est assez éloigné de la vibration pure de tierce qui vaut $5/4 = 1,25$.

La gamme pythagoricienne a été utilisée des siècles durant, elle présentait une sorte de pureté et de simplicité explicative. Mais au moment où la tierce est intégrée à l'accord, on a quitté cette gamme qui n'optimisait pas la pureté de la résonance. C'est l'occasion de constater le rapport qui unit mathématique et musique. Les mathématiques apportent un modèle sans ambiguïté. La persuasion de sa validité est d'autant plus convaincante que le système semble simple et efficace. L'explication par quinte a perduré près de deux mille ans. Mais quand l'activité s'est élargie, la pratique a évincé ce modèle de pureté ; il se révélait trop simple ou plutôt limité à l'usage des quintes et quartes. L'interaction va dans les deux sens : la culture qui accède à la polyphonie choisit le modèle mathématique adapté à cette culture. Et à l'inverse, la culture n'est pas libre de toute appréciation car sous contrainte d'une réalité structurelle complexe, mathématiques, mais modélisable de façon variée. Une fois acquise la conscience d'une possibilité culturelle plus vaste, le modèle devient inadapté car sa structure contraint à des résonances moins pures les nouveaux accords de la culture naissante. Ce qui est intéressant, c'est que d'un côté, on ne peut pas nier la validité de la structure en jeu. Les quintes s'établissent bien ainsi que le modèle les établit. Sauf qu'en posant la

quinte comme toise de toute musique, on se prive des résonances qui ne sont pas des quintes. Et donc que le modèle, nonobstant sa pureté et sa simplicité, n'a pas accès à une réalité suffisante pour couvrir la nature d'un nouveau ressenti appréciable. La réalité musicale mathématique est modelée par ce que la culture accepte comme plaisant.

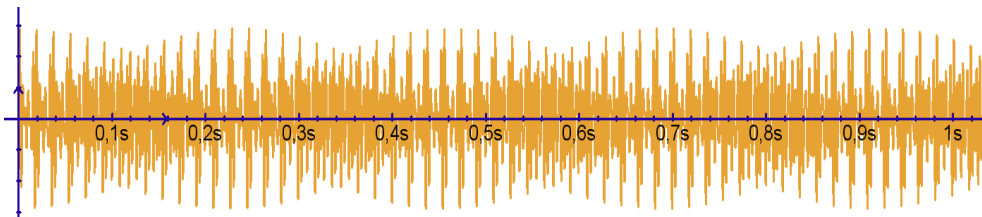
On constate qu'il n'y a pas de réalité musicale en soi qui serait accessible par un modèle mathématique indépendant de la culture. Ce constat sera valable pour les autres modèles. Ce sont les préférences et les priorités culturelles qui sont à la base des modèles mathématiques. Qui eux-mêmes sont contraints par une réalité structurelle dont les modèles ne sont qu'une approche. Cette réalité structurelle pose des contraintes évidentes sur les possibilités d'évolution culturelle et la nature des références possibles. Ainsi les mathématiques et la physique ne sont pas qu'un prétexte à une musique culturelle. Ils sont une réalité sous-jacente sur laquelle la culture peut se déployer avec une certaine autonomie.

Le tempérament enharmonique

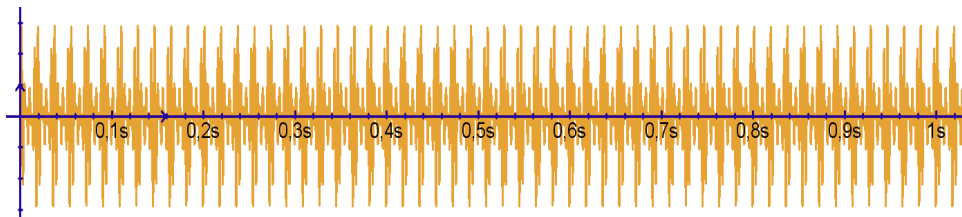
Cette solution consiste à placer le demi-ton comme référence de découpage de la gamme. Puisqu'on a 12 notes à placer dans une octave, il suffit de produire un rapport constant entre tous les demi-tons. On résout l'équation $x^{12}=2$ soit $x=2^{1/12}=1.05946309...$ et le demi-ton est fixé et avec lui toute la gamme.

Le problème de cette méthode est qu'il n'y a plus aucun intervalle qui soit vraiment juste. La quinte correspond au rapport 1.4983... au lieu de 1.5. L'écart est encore plus grand pour la tierce : 1.2599.... au lieu de 1.25.

Quand on compare une tierce pure à une tierce tempérée, la résonance est bien différente. Sur un accord parfait majeur du La2 on entend une vibration ajoutée qui vibre environ 5 fois par seconde. Elle est visible sur la fonction résultant des fréquences mélangées :



Alors que le graphe de l'accord parfaitement résonnant donne :



De même une vibration d'environ 10hz s'entend sur l'accord majeur enharmonique basé sur le La3 à 440hz qui peut être ressentie comme une vibration rapide ou comme une petite aigreur ajoutée au son de l'accord. Sur chaque écart et chaque accord, on trouve inévitablement de telles petites différences de sensations. Les écarts avec l'accord parfait ne sont pas négligeables et sont sensibles pour une oreille exercée. Seule la résonance d'octave préserve sa pureté, elle est le point de rendez-vous des résonances.

Une façon équivalente de présenter cette méthode est d'y voir une légère réduction de la quinte pour que les 12 quintes produisent exactement les 7 octaves. Ainsi l'erreur est répartie sur toutes les quintes. Sauf qu'en ramenant toutes les notes de la gamme dans la même octave, les écarts n'ont plus rien d'équirépartis, certains déplacements sont nettement plus importants que d'autres, mais ce sont les notes issues des quintes situées au milieu du processus de correction donc ce ne sont pas les écarts les plus naturels.

D'un autre côté, cette solution présente beaucoup d'avantages. Notamment les rapports entre n'importe quels écarts sont invariants par

translation (modulation) d'un demi-ton et donc pour n'importe quelle modulation. Cela signifie qu'en assumant le problème de justesse relative au départ, on se retrouve face à une solution qui devient indépendante de toute tonalité. Vu le plaisir et la richesse sonore induite par la dimension de la modulation en musique, il n'est pas étonnant que ce soit la solution qui ait été globalement retenue.

Il ne faut pas oublier la différence qui existe entre un modèle et son application. La recherche d'une solution au problème de la liberté harmonique est en général présentée sous son aspect mathématique. Et rien de plus mathématique que ce choix d'une racine douzième de la paire. Ce genre de présentation conquiert souvent son public à cause du prestige acquis par la « science mathématique du vrai ». Seulement, il ne faut jamais oublier de voir la différence entre un modèle et son application réelle. Or on a vu que la notion de résonance n'est en rien suffisante pour couvrir le ressenti musical. Je pense qu'il n'y a pas de meilleure méthode pour estimer un tempérament que de le comparer aux autres solutions par l'écoute qui est l'objet final de la musique. Evidemment cela n'aura pas échappé aux musiciens qui possèdent une grande sensibilité. Et bien au-delà du modèle mathématique, la résonance de ce tempérament aura été appréciée pour ce qu'il vaut. Si le tempérament enharmonique a acquis son statut quasi universel, avant d'être de nature mathématiquement convaincante, c'est certainement une question de satisfaction du ressenti face aux tensions qu'impose le mécanisme harmonique. Qui aurait pu prévoir par la théorie que la tierce si distante aurait été finalement appréciée ?

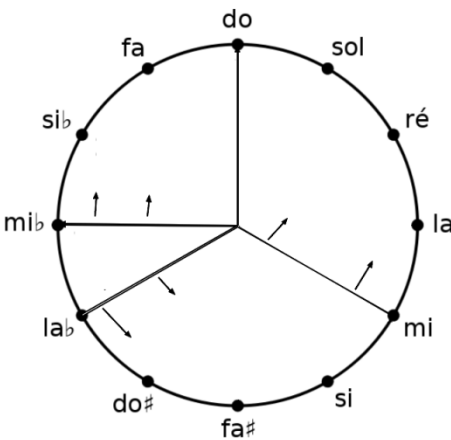
Comme on se console avec tous les côtés positifs qui existent dans un malheur, on pourrait ajouter que le tempérament enharmonique possède une vertu de résonance que même la résonance juste n'avait pas : une sorte d'homogénéité dans l'aspect sonore des accords. En effet, par l'existence même d'un manque de justesse précise, tous les accords (les accords sensés simples ainsi que les complexes) possèdent cette sorte de petite vibration propre à une certaine complexité, tout en étant assez éloignée de ces vibrations trop intenses et trop irrégulières qu'engendrent les « fausses notes », mais cela est probablement un sentiment culturel.

C'est parce que la justesse de l'harmonie n'est pas la seule règle qui s'impose à la musique que la culture s'habitue aux choix qu'elle entérine. Le tempérament enharmonique est maintenant tellement implanté, et depuis plusieurs siècles, que cette petite vibration aigrette ajoutée aux accords parfaits est probablement devenu une épice incontournable du tempérament musicale. En dehors de certains répertoires relativement réduits qui s'adaptent à une recherche de justesse qui ne sera pas contrastée par les difficultés qui y sont associées, on peut penser que l'enharmonie a conquis sa place et imposé son caractère.

Avec le tempérament enharmonique, on peut être satisfait de la « chance » que les 12 quintes soient si près des 7 octaves, et qu'en répartissant l'erreur, cela soit suffisamment peu dommageable pour que l'écoute produise un « tempérament » plutôt qu'un « désagrément ». Le résultat a ouvert, à la musique, la liberté de la modulation. Le sacrifice initial était-il intéressé ?

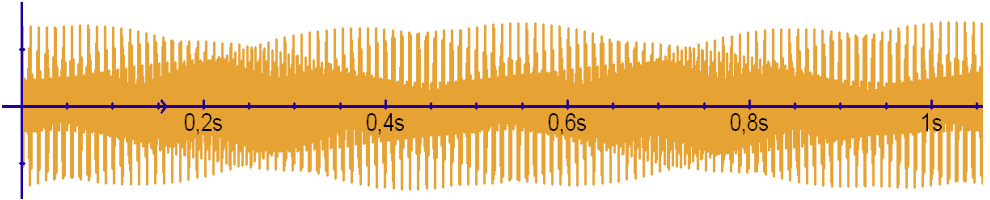
Tempérament mésotonique

Le problème du tempérament enharmonique est son manque de justesse notamment pour la tierce. Et on a vu que le plus gros problème du tempérament pythagoricien est aussi l'écart sur la tierce qui est encore plus grand. Le tempérament mésotonique est une sorte de conjugaison des deux concepts : les quintes pythagoriciennes et l'enharmonie.



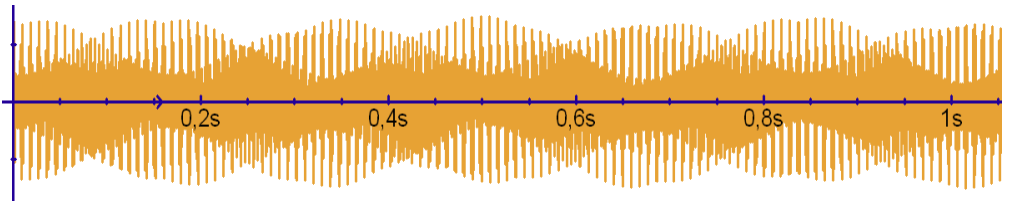
Comme la tierce issue des quintes n'est pas résonnante, la solution consiste à modifier légèrement les quintes. Non plus pour retomber sur l'octave, mais sur la tierce exacte. Le Mi pythagoricien placé quatre quintes au-dessus du Do, possède une fréquence trop élevée 1.2656. On choisit de le redescendre à l'exactitude résonnante 1.25 et de répartir l'erreur sur les quatre quintes précédentes : la taille d'une

quinte doit donc satisfaire l'équation $x^4=1.25x4$ (fois 4, parce qu'on est deux octaves au-dessus). Soit $x=1.495349$, légèrement inférieur à 1,5. L'avantage de ce système est de produire une tierce pure, mais c'est au détriment de la quinte pure. Sachant que la tierce est plus « vibrante » que la quinte, porter l'erreur sur cette dernière établit une certaine homogénéité vibratoire des accords simples. Sur l'accord parfait majeur, on obtient un vibrato naturel assez lent issu du décalage de la quinte :



On constate que le procédé est le même que pour l'enharmonie, mais en ayant pris la tierce comme fondement, il n'y a pas de commune mesure avec l'octave. Cette méthode doit donc aussi assumer une quinte du loup différente des autres quintes. Par ce procédé, la gamme donne jours à 8 tierces complètement exactes.

Une autre solution consiste à jongler en partageant le défaut à la fois sur la quinte et la tierce pour le rendre minimal en moyenne. Le principe consiste alors à travailler sur 6 quintes au lieu de 4. Ainsi l'écart de 4 quintes (la tierce) n'est pas corrigé complètement, mais l'écart de la quinte est moins dénaturé. C'est un compromis qui possède un accord parfait majeur moins résonnant à cause de la résonance de la tierce naturellement vibrante qui est renforcée par une moins bonne correction. Par contre la distribution de l'erreur de justesse est « plus équitable » entre les deux piliers de l'harmonie tonale.



La grossièreté et la finesse de la dimension harmonique

Chacun des choix précédents produit des résonances spécifiques, d'où l'appellation de tempérament. Il faut comprendre qu'une oreille fine et des sons relativement longs concourent à ressentir la différence de ces ambiances. Par contre, le timbre d'un instrument couvrira d'autant plus cette sensibilité qu'il est cabossé de rugosité. L'attaque d'un instrument produit aussi des vibrations ajoutées qui voilent notablement la précision harmonique sur le début de la note. Le piano n'est pas étranger à ce mécanisme.

Les instruments de musique (dont la voix humaine) qui possèdent cette liberté de fabriquer leur justesse au fur et à mesure de l'exécution d'un morceau en fonction des résonances recherchées, peuvent être nettement plus diversifiés en tempérament qu'un ensemble de notes rigide et choisi.

D'un autre côté, le tempérament, c'est beaucoup d'encre pour une petite oreille. Le plaisir scientifique et musicologique qui existe à en parler n'est peut-être pas à la hauteur de beaucoup d'oreilles pouvant en apprécier l'étendue. Il y a, pour bonne part, un plaisir théorique qui révèle la nature du lien qui existe entre « modèle » et « vécu » : un schéma perceptif à la base de l'action. Mais l'effet n'est pas non plus négligeable, tout mélomane averti aura un ressenti très précis des différences de tempéraments.

Pour résumer, voici un tableau de comparaison des tempéraments qui offre une idée mathématique à défaut d'être phénoménologique :

Comparaison des tempéraments							
	Position Chromatique	Pythago. (avec loup)	Tempérée	Gamme majeure	Par la gamme mineure	Mesoton. 4 quintes	Mesoton. 6 quintes
Tonalité	0	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
	1	1,067871	1,059463	1,041667	1,066667	1,044907	1,052506
Seconde	2	1,125000	1,122462	1,125000	1,125000	1,118034	1,120351
	3	1,185185	1,189207	1,200000	1,200000	1,196279	1,192570
tierce	4	1,265625	1,259921	1,250000	1,250000	1,250000	1,255187
quarte	5	1,333333	1,334840	1,333333	1,333333	1,337481	1,336097
	6	1,423828	1,414214	1,388889	1,440000	1,397542	1,406250
quinte	7	1,500000	1,498307	1,500000	1,500000	1,495349	1,496898
	8	1,601807	1,587401	1,600000	1,600000	1,562500	1,575494
sixte	9	1,687500	1,681793	1,666667	1,666667	1,671851	1,677051
	10	1,777778	1,781797	1,800000	1,800000	1,788854	1,785155
septieme	11	1,898438	1,887749	1,875000	1,875000	1,869186	1,878886
Octave	12	1,000000	2,000000	2,000000	2,000000	2,000000	2,000000

Dimensions psychologiques

Tous les ressentis peuvent être qualifiés de psychologique, donc il n'existe pas de cadres permettant de limiter la dimension psychologique dans la musique. On se contentera ici de quelques aspects marquant liés au psychisme musical. Beaucoup ont déjà été abordés.

Si on cherche à simplifier le cadre au maximum dans une approche très matérialiste, on peut supposer que la musique provient initialement de deux dimensions musicales uniquement : les fréquences et le volume. Ce sont les deux dimensions transportées au niveau des capteurs sensoriels. Les fréquences sont différenciées par la multiplicité des cellules ciliées, et le volume est codé par la nature répétitive du signal électrique émis pour chaque fréquence. Sous l'hypothèse d'un ressenti qui serait la conséquence du mécanisme cérébral, la psychologique s'apparente à la physiologie comme les deux faces d'une même pièce : l'un est le mécanisme biologique générateur, l'autre est le ressenti conséquent. On peut cependant ajouter que l'expérience qui s'ajoute et intègre la physiologie est une dimension irréductible qui prend part au ressenti. L'expérience peut elle-même être scindée en deux dimensions : la réalité sensible qui est extérieure au cerveau et la culture (dans laquelle on pourra ajouter l'intériorité) qui est un résultat synergique entre le cerveau et le réel.

Ne connaissant pas le fonctionnement cérébral dans les détails, on est limité à l'approche psychique du vécu ressenti. Mais on peut supposer qu'il existe de nombreuses raisons et mécanismes physiologiques à l'origine de nombreux vécus. Tous les aspects que nous allons présenter sont des phénomènes dont on peut faire le constat, mais dont on ignore l'origine. En particulier, il sera souvent difficile de décortiquer la part issue d'une nécessité physiologique de celle qui correspond à une habitude culturelle.

La psychologie tonale

Nous avons déjà évoqué que la musique occidentale est fondée sur une écoute particulière. La notion de tonalité repose sur la résonance de chaque accord et de leur évolution par rapport à une fréquence fondamentale qu'on appelle la tonalité. Pour que cela soit possible, il faut que le morceau utilise majoritairement des notes liées à cette fréquence. Autrement dit la gamme fixe par les résonances en jeu la note fondamentale à laquelle tous se rapportent. Et notre habitude est si grande qu'on ressent la note fondamentale même si elle n'a pas été jouée. L'attraction reposante de la note et de l'accord tonal est forte et les tensions créées par les autres notes et accords sont nombreuses et inscrites sur plusieurs dimensions.

Bien sûr, il existe d'autres pratiques que la musique tonale. Les usages contemporains ont investi tout un champ de résonance atonale. Voulant s'affranchir de la contrainte, il est tout à fait possible de créer d'autres musiques. Il s'ensuit plusieurs questions ? La musique tonale est un mode d'expression qui structure un type d'écoute auquel il est difficile d'échapper : qui peut écouter de la musique tonale sans ressentir cette structure de tension construite autour de la tonique ? Est-il possible que l'enracinement à une note tonique n'existe qu'à partir de l'habitude à créer et résoudre des tensions d'une manière partielle ? Existe-t-il un processus cérébral qui soit corrélé à cette inclination ? Venant d'une autre culture, peut-on être sensible à l'harmonie (entendre la résonance des fréquences proportionnelles) et ne pas être sensible à la gravitation de la tonique ? Quitter l'harmonie tonale, c'est s'imposer une liberté, mais est-ce vraiment s'affranchir de l'interaction gravitationnelle du ton ? Suffit-il de créer une musique échappant aux règles techniques de l'harmonie tonale pour avoir un ressenti libérée de ces effets ? En résumé, quelle part de culture et quelle part de nature existe-t-il dans ce phénomène psychique de l'écoute harmonique ?

Il est intéressant de constater que la réalité tonale n'est apparue qu'avec sa pratique à un moment de maturité historique. Faut-il penser que d'autres réalités psychiques surprenantes sont à découvrir dans une

dimension non encore atteinte ? On trouvera des effets psychiques importants dans la dimension rythmique. Des cultures anciennes utilisent les effets psychiques du rythme sur l'individu. Le rythme possède de nombreuses dimensions et place l'individu dans des situations de tension, d'attente et d'attention très singulières. Les effets de la dimension rythmique sont aussi très nombreux, mais peut-être plus directement perceptible sans nécessité d'une théorie physico-mathématique pour en rendre compte. La mélodie possède aussi sa part de capture psychique : les mélodies plaisent, s'écoutent et restent gravées dans l'esprit, puis tournent en boucle et disparaissent pour revenir. C'est un phénomène essentiellement lié à la mélodie, comme si un mécanisme psychique l'y disposait.

La trace mémorielle

Les notes qui sont terminées d'être jouées influencent le ressenti longtemps après leur achèvement. Comme si le ressenti reposait sur un mécanisme d'accumulation des notes passées avec une sorte de présence proportionnelle à l'importance structurelle qu'elles ont produites sur notre ressenti. Au moins autant qu'une conscience cumulative, il existe une conscience des motifs, une reconnaissance des formes et des mouvements du jeu. Et cela, pour chaque échelle temporelle (courte, moyenne, longue) et avec des identifications de toutes sortes de natures, abstraites et concrètes. Les singularités remarquables sont identifiées et impriment la trace mémorielle à la mesure de l'émotion et des structures identifiables qu'elles véhiculent. Ce discours s'entend aux nombreuses dimensions de la musique : le rythme, la mélodie, l'harmonie et bien d'autres encore dont on ne discourt pas forcément.

Les notions de tonalité, de gamme et de mode, s'inscrivent comme des schémas résonnant dans cette trace mémorielle pendant l'écoute d'un morceau. La tonalité référente « résonne » toujours : elle impose sa présence au ressenti musical.

La vague du ressenti musicale

Si le ressenti du déroulement d'un morceau n'est pas lié aux seules fréquences de l'instant, il n'est pas non plus une simple accumulation du morceau depuis le départ. Au fur et à mesure de son évolution, le ressenti se transforme et conjugue les réalités qui s'ajoutent. C'est comme si l'atténuation permanente des notes passées était compensée par une réalité plus abstraite résiduelle qui s'appuie sur l'ensemble des réalités passées. Cette réalité abstraite, c'est l'idée d'une connotation du ressenti présent à partir du passé. Il y a une sorte d'habillage, non comme un souvenir direct ou un ressenti noyé de l'ambiance passée lointaine, mais une influence qui ne peut être délogée des parties du passé qui ont rapport de ressemblance ou s'impose structurellement et émotionnellement au ressenti du présent.

On ne peut pas dire que le ressenti passé disparaît progressivement face au ressenti présent, mais plutôt que l'ensemble façonne une image qui se structure. Il reste cependant une multitude de mémoires non conscientes, et ces mémoires resurgissent à toute sollicitation de ressemblance (ainsi que pour toute variation à l'intérieur des ressemblances). C'est pourquoi le ressenti d'un morceau n'a rien de linéaire. Contrairement au temps qui déroule une musique, la structure qui se forme lie les des morceaux de toute part. Les résurgences mémorielles dépendent autant des facteurs de ressemblance que de la proximité temporelle.

Or c'est une pratique essentielle de la musique que de jouer sur les répétitions de schémas et les différences dans ces répétitions, dans toutes les dimensions musicales. Le présent est comme le fer de lance d'une vague qui avance et dont le passé s'effaçant laisse une structure et des émotions qui ne cessent de resurgir à chaque sollicitation. Mais le présent et le passé ne sont pas les seuls acteurs du ressenti musical. L'avenir n'est pas en reste ; par le phénomène d'anticipation qui possède aussi un rôle important. Cette anticipation possède plusieurs dimensions :

Quand un morceau est inconnu, il existe une culture des schémas musicaux qui suscite des attentes induites automatiques. Beaucoup de mises en tension sont culturellement codifiées. Puis il existe des attentes plus personnelles, issues de passages musicaux qui nous ont davantage

marqués. La musique qui se déroule se pose en conformité et en différence par rapport à ces attentes qui donnent une coloration irréductible à l'écoute d'un nouveau morceau.

Quand un morceau est connu, le ressenti intègre ce qui va venir autant que ce qui est stimulé dans le présent. Dans les notes et les émotions, l'anticipation colore l'écoute de façon prépondérante. Une différence de jeu qui n'était pas prévue sera remarquée voire désagréable. Dans l'anticipation, il y a une attente, mais aussi une sorte d'écoute préalable, comme si l'on percevait à l'avance la moitié ce qui doit venir. La confirmation sensorielle va faire monter en intensité ce ressenti et le qualifier avec la nouvelle posture d'écoute qui évolue sans cesse. Dans une certaine mesure, c'est aussi valable pour les morceaux non connus où les attentes suscitées et les reconnaissances d'autres situations musicales impriment le ressenti. Ce qui nous ouvre la voie sur la notion de mobilité attentionnelle et même temporelle.

On a déjà parlé de la faculté de l'écoute à se concentrer sur une partie du schéma musical global comme un instrument ou un rythme. Une écoute ciblée change complètement la nature de ce dont est rempli le ressenti. Jusqu'ici, nous parlions d'une écoute recherchant l'unité d'un ressenti global. Mais en ajoutant la possibilité de mouvoir son attention sur toute sorte de réalité, on peut mettre en doute l'existence d'une véritable réalité globale absolue. L'écoute est toujours fixée sur des attentes, sur des concepts, sur une posture particulière dont la notion de globalité est une forme particulière, probablement multiple et inévitablement orientée. Cette capacité d'attention possède aussi une dimension temporelle : on peut de façon variable être plus attentif à ce qui advient, à ce qui est présentement ou à la forme que prend le morceau global donc à l'intégration du passé. Et la nature de cette attention est elle-même variable durant le morceau. On constate ici que la mobilité attentionnelle est un facteur primordial du ressenti musical.

Les pouvoir psychologique de la musique

« La musique adoucit les mœurs ». Peut-être pas toujours, mais elle a un pouvoir émotionnel important. On le disait en introduction, l'importance des musiques dans les films montre la capacité de la musique à être associée à une ambiance pour en sublimer l'émotion.

Et bien au-delà des films, la musique possède une dimension quasi-universelle dans les pratiques socioculturelles. Ses usages visent des objectifs variés. Objectif militaire : parade ou galvanisation guerrière ; objectif rituel ou religieux ; objectif populaire : amusement ou artistique ; recherche spirituelle : transe psychédélique ou mystique ; recherche d'ambiance : érotisme ou simplement l'influence voulue pour un supermarché ; recherche de concepts : musique savante voire mathématique ; recherche cathartique : violence ou peur ; aspiration mélancolique : deuil ou souvenir. Une liste serait interminable et se perdrait inévitablement dans la subjectivité des mots.

Les registres musicaux n'ont cessé de s'étendre dans des ambiances toujours plus variées. Ce que peut créer la musique comme ressenti est surprenant et se diversifie sans cesse. La capacité d'accompagner l'homme dans des trances jusqu'à des états de conscience modifiée. L'influence sur le long terme dans la musicothérapie. L'utilisation moderne quotidienne pour créer des ambiances, pour vivre dans un monde rempli d'une chaire plus épaisse au quotidien, ou pour l'accompagnement de nombreux moments spécifiques. Pour l'apaisement, pour la joie, pour la fête, pour sortir de sa condition monotone,... Dans les lieux où elle résonne, la musique occupe beaucoup de place.

Ceux qui investissent leur vie dans la musique démultiplient souvent la subtilité des ressentis, et l'imprégnation du vécu musical s'inscrit dans la largeur de leur vie.

Les amateurs de musique ont des motivations très variables : recherche de pureté harmonique, de perfection du son, recherche de singularité

musicale, recherche de partage social, désir de joie populaire, soif de sensations spirituelles, recherche d'émotions artistiques, besoin de vibrations rythmiques, désir de virtuosité, etc. La finesse du ressenti dans les différentes dimensions de la musique (rythmique, mélodique harmonique et autres) produit un impact important sur les aspirations qui guident praticiens et auditeurs. La musique possède une multitude de dimensions qui se prêtent et se conjuguent à autant de recherches et de sensibilités.

La charge musicale

Pourquoi le mode mineur est-il plus facilement associé à l'idée d'émotion profonde, de tristesse, de mélancolie. Platon déjà place dans la bouche de Socrate qu'il est des harmonies propres aux lamentations, d'autres sans vigueur propres aux buveurs, certaines plus graves propres à la religion, et d'autre plus vive à la guerre. Existe-t-il un tel mécanisme qui dépasse les seules habitudes culturelles ? Il est évident qu'une musique écoutée dans un contexte se charge du contexte, mais peut-être y a-t-il plus ?

En prenant un peu de recul sur soi, on peut ressentir que la musique se charge de beaucoup de réalités qui la dépassent elle-même :

- **La mémoire associée** : les personnes avec qui on a partagé certaines musiques s'impriment dans celle-ci. Bien des contextes qui ont accompagné certaines écoutes reviennent ultérieurement avec la musique.
- **La charge affective individuelle** : ce n'est pas que des objets, des choses, des personnes ou des événements que la musique embarque. C'est aussi, on peut même dire surtout, des ambiances, des émotions, des charges affectives. L'émotion s'associe très facilement à la musique. Emotions que la musique contribue elle-même à engendrer, au minimum à amplifier, peut-être à modeler. Mais une émotion ressentie par, au travers ou avec la musique pénètre souvent la mémoire de cette musique. Et parfois avec une certaine intensité.

- **La charge sociale** : dans les générations qui passent et plus encore dans les générations modernes, la musique a pris part aux mouvements sociaux, aux revendications, aux idéaux de vie partagés sur la place publique. Quand un genre musical naît avec un style de vie ou avec un message philosophico-politique, l'association de la musique à son contexte devient quasiment irréductible. Autant dans l'enthousiasme pour le genre, la musique va porter l'idéalisme et participer à son ressenti. Autant le désagrément, face au message ou au mode de vie l'accompagnant, va influencer négativement le ressenti musical. Le contexte de la musique n'est pas neutre dans son ressenti. Comme un mot peut générer le ressenti mental d'objets réels, la musique peut porter des styles de vie et des messages dans l'accompagnement de son ressenti. Il est évident que ces associations d'idées sont de nature « culturelles », construite par l'expérience. Il n'est pas exclu qu'on parvienne à se dégager d'une telle connotation, mais il est surprenant de voir la force et le naturel de ce mécanisme dans la culture. La musique des Beatles, pour se limiter à cet exemple légendaire, possède certainement un ressenti très variable selon les générations qui ont ou non côtoyé son émergence.
- **La charge historique** : la musique possède une histoire de l'écoute comme les mots et les idées possèdent une sémantique évolutive. Il y a une histoire de la musique, parce qu'il existe une histoire de la découverte et de la pratique de certaines résonances, une évolution des genres musicaux. Un même type de résonance produira une impression très variable selon la position historique où l'on se trouve (selon son expérience musicale). La musique s'enrichit de sons, de résonances, de pattern, de rythmique, en délaisse certains, en redécouvre de nouveaux (pensons à l'aspect vieillot du trille classique). Elle enracine certaines résonances au détriment d'autres, elle habitue à certaines concessions (« la vibration enharmonique ») ou choisit de s'en démarquer (le renouvellement de culture par la jeunesse).

Et on ne peut réagir que d'après son ressenti, et l'histoire de la musique, c'est le récit d'un empilement dynamique de sensation, d'habitude et de réaction.

On peut voir une bonne partie de la musique contemporaine rompant avec les codes du ressenti comme une musique qui cherche à se dégager de son histoire (du moins celle du ressenti) au profit d'une musique réinventée selon des codes posés artificiellement.

- **la charge philosophique** : certains attribuent à la musique une position particulièrement importante dans leur système de représentation du monde, elle en devient un pilier de la vie dans le monde. Une place lui est réservée dans l'articulation des entités essentielles qui donne sens au réel. Que ce soit religieux (comme le soufisme des derviches), philosophique (avec une dimension esthétique centrale), ou artistique (une source vitale d'émotion).

Ce que l'analyse n'entend pas : l'écoute n'est pas limitée à la nature purement « physique », mais filtrée par des zones de traitement, elle synthétise singulièrement des « concepts » d'écoute, produisant une efficacité de perception incontournable munie d'une nature orientée de l'écoute. On n'en connaît pas l'étendue et les mécanismes. On peut par exemple deviner l'existence d'une abstraction par rapport au tempo et à la tonalité à cause de la facilité naturelle de transposition et de modification de la vitesse d'exécution d'un morceau. Mais quand bien même on connaîtrait le plan et la totalité des structures engagées dans l'écoute musicale, on ne peut pas réduire à un discours conceptuel la complexité et l'inaccessibilité du vécu.

Conclusion

En observant que la musique est composée d'une foule de dimensions, en constatant que certaines préférences sensibles ont conduit à des cultures très différentes, en relevant que ces choix préférentielles ont ouvert des portes très éloignées sur une réalité dont on ne connaît que les lieux visités, on peut être émerveillé de l'interaction qui existe entre l'homme et le réel. Il ne peut soumettre la réalité à son désir, mais il peut choisir, il peut l'investir, la modéliser et ainsi la revêtir d'habits conceptuels qu'ils soient techniques ou émotionnels. Le résultat est une nouvelle réalité, une réalité augmentée d'un regard humain partial dans laquelle il va s'inscrire se déployer et trouver de nouvelles portes. L'histoire de la musique est celle d'une graine devant un arbre tentaculaire qui prend place dans la réalité et l'occupe. Prenant appui sur les contraintes du réel, elle construit, selon son plaisir, sa forme, qui servira d'appui au pas suivant.

Ce que la musique nous fait entendre, c'est une résonance entre l'homme et le monde. Par l'écoute et l'investissement de ses fonctions cérébrales, l'homme a pris possession de son savoir résonner, produisant une action sur le monde qui le rejoint aussitôt, selon une oscillation interminable. Et du lieu atteint, la résonance singulière lui parle dans l'intimité de ce qui est né de cette union et qui suivra sa route devenant celle d'un autre.

Navenne, le 5 octobre 2015,

Michael Klopfenstein.

Bibliographie

Le cerveau musicien: neuropsychologie et psychologie cognitive de la perception musicale... Par Bernard Lechevalier, Hervé Platel, Francis Eustache

Sommaire

Les dimensions de la musique	4
La dimension physiologique	7
La physiologie cérébrale du son	9
Une foule de phénomènes actifs dans la perception musicale.....	12
La résonance tonale.....	15
L'échelle diatonique	21
La gamme mineure	30
Hiatus harmonique fondamental	34
Les tempéraments.....	38
Dimensions psychologiques	50
Conclusion	59