Musique : un art au carrefour des sciences ?

Solfège : un peu de physique, d'arithmétique et d'informatique; beaucoup de musique.

Dans tous les domaines de l'activité intellectuelle on est amené à poser des choix conventionnels dont le seul but est de permettre à tous les utilisateurs de communiquer sans ambiguïté. Il arrive qu'avec le recul du temps ces conventions s'avèrent malheureuses mais elles sont tellement ancrées dans la pratique quotidienne qu'il n'est plus envisageable de les refondre.

Un exemple célèbre concerne l'attribution des signes + et – aux charges électriques et la convention que le sens du courant résultant du mouvement de ces charges est celui des charges positives. Une autre convention, apparemment tout aussi inoffensive, a ultérieurement prêté le signe plus aux noyaux atomiques et le signe moins aux électrons qui tournent autour d'eux, jusqu'à ce qu'on réalise que dans un fil conducteur c'est le mouvement des électrons qui est responsable du courant qui y circule. Les deux conventions sont clairement entrées en collision et sauf à inverser le signe des charges atomiques ce qui paraissait ingérable il ne restait plus qu'à enseigner que le sens du courant est inverse de celui des électrons responsables de ce courant.

Quel rapport avec la musique me direz-vous ? Il existe cependant et le solfège tel qu'il est enseigné regorge de conventions que seuls de jeunes esprits malléables peuvent assimiler sans broncher. Elles sont la résultante d'un ensemble de choix sinon malheureux – après tout les musiciens s'en accommodent sans trop de mal – du moins étranges en tous cas aux yeux de tout mathématicien formé à l'école de la rigueur.

Les premières tentatives élaborées de théorie musicale remontent aux grecs anciens qui faisaient la part belle aux rudiments connus de la physique des cordes vibrantes et de l'arithmétique des entiers chère à Pythagore (vers 580-495 av. J-C).

Personne ne conteste que la théorie musicale repose sur une base physique, plus précisément acoustique. Les musiciens sont pleinement conscients que l'étude du phénomène sonore relève de la physique des corps vibrants, cordes, cloches, colonnes d'air, … .

Personne ne conteste davantage qu'au moins en ce qui concerne la musique tonale, cette base est assortie de règles arithmétiques simples qui remontent à Pythagore. Pourtant une fois cette filiation reconnue, le fossé se marque entre scientifiques qui ne connaissent rien ou pas assez à la technique musicale et musiciens qui ne connaissent rien ou pas assez à la science. Chacun campe dès lors sur ses positions et à ce jeu ce sont les musiciens qui sont assurés de l'emporter en démontrant qu'il est parfaitement possible de développer une répertoire incomparable en se contrefichant d'un débat qu'ils considèrent comme vide de contenu.

Ce modeste exposé s'adresse donc aux malheureux scientifiques sincèrement désireux de comprendre les rudiments de la théorie musicale mais incapables de saisir les raisons de tels méandres.

Tout objet sonore qui vibre émet un son qui se propage dans l'air sous la forme d'une onde périodique de pression. Cette onde est longitudinale d'où elle est capable de mettre le tympan en mouvement à la même fréquence qu'elle. L'onde la plus simple est sinusoïdale, elle est émise en pratique suite au tintement d'un diapason. Le diapason des musiciens est souvent réglé sur 440 Hz (note "la", 1Hz = 1 vibration complète par seconde) ce qui signifie que le tympan qui l'entend effectue une vibration complète en 1/440 s. Plus cette fréquence est élevée (resp. basse) plus l'oreille entend un son aigu (resp. grave). L'oreille humaine (intacte !) est sensible aux fréquences comprises entre 16 et 20000 Hz. L'étendue de cette plage a une conséquence tout-à-fait remarquable pour la musique, c'est le phénomène d'octave :



Le tympan entend le son de fréquence double (880 Hz) comme un la plus aigu. C'est particulièrement frappant lorsque plusieurs sons s'enchaînent au sein d'une mélodie une première fois avec les fréquences simples et une autre fois avec les fréquences doublées : la deuxième sonne semblablement, seulement décalée vers l'aigu.

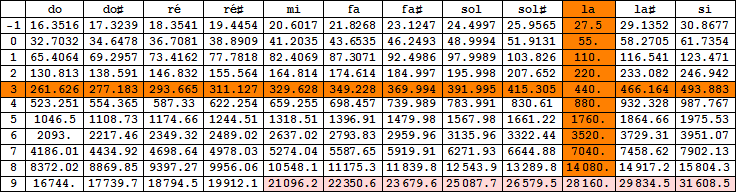
*En comparaison, l'œil humain – en fait les cellules de la rétine - est sensible aux ondes lumineuses transversales, de nature électromagnétiques, dont la fréquence est comprise entre 4.0 1014 et 7.5 1014 Hz.*

Que les ordres de grandeurs des fréquences sensibles soient extrêmement différents n'a guère d'importance en soi car les ondes en question sont de natures complètement différentes et on ne compare pas des vaches à des chevaux. Par exemple, les ondes sonores exigent un support matériel pour se propager (usuellement l'air ambiant) au contraire des ondes électromagnétiques qui se propagent dans le vide. Ce qui importe par contre c'est le rapport existant entre les extrêmes des plages sensibles, 20000/16 = 125 dans le cas des ondes sonores et à peine 7.5/4=1.875 dans le cas lumineux. La note la plus grave perçue par l'oreille intacte est le do-1 qui fait vibrer le tympan 16.35 fois par seconde. Autrement dit le tympan ainsi sollicité reprend sa position initiale tous les 6 centièmes de secondes (exactement 0.06116 = 1/16.35). Le point important est alors le suivant : si une onde de fréquence double sollicite l tympan, celui-ci reprendra sa position initiale deux fois plus souvent mais en tous cas il la reprendra également tous les 6 centièmes de secondes et cela aura pour conséquence que l'oreille percevra cette nouvelle note comme un do appartenant à l'octave suivante (do0). Le phénomène sera particulièrement sensible si l'on enchaîne mélodiquement plusieurs notes de deux manières apparemment distinctes où les fréquences des notes sont simplement doublées : les deux mélodies sonneront à l'identique la deuxième simplement décalée (le terme musical correct est transposée) vers l'aigu.

*La vue se comporte très différemment précisément parce que le phénomène d'octave n'existe pas pour l'œil humain. Une lumière qui vibre à 4.0 1014 Hz est perçue comme rouge et on pourrait se demander comment serait perçue une lumière vibrant à la fréquence double 8.0 1014 Hz (une sorte de rouge aigu !?) mais précisément cette question est vide de sens puisque notre œil n'y est pas sensible. Le peintre n'a en conséquence aucun moyen de profiter d'une gamme fréquentielle aussi étendue que le musicien et il faudra qu'il diversifie autrement sa palette chromatique.*

L'étendue de la gamme acoustique ne couvre pas les 10.4 octaves que l'on pourrait théoriquement utiliser car les extrêmes sont trop graves ou trop aigus pour être appréciés. Seules les orgues monumentales couvrent le spectre sonore complet. Le piano usuel (88 touches) n'utilise que les octaves numérotées de 0 à 6 (plus 4 notes additionnelles) (http://fr.wikipedia.org/wiki/Fr%C3%A9quences\_des\_touches\_du\_piano ) citer : [licence CC-BY-SA 3.0](http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.fr) (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Sp%C3%A9cial:Citer/Fr%C3%A9quences_des_touches_du_piano>)

Cela est en pratique tellement suffisant que les musiciens ont pu se payer un luxe interdit aux peintres : discrétiser la gamme autrement dit n'utiliser qu'un nombre fini de notes sans égard pour les intervalles inférieurs au demi-ton. Les fréquences des notes de la gamme chromatique, basée sur un la3 à 440 Hz, sont les suivantes (f = 16.3516 2k/12, où l'entier k parcourt les valeurs 0 à 131, au-delà votre oreille sera sans doute sourde) :



On remarque que les fréquences de notes ne sont pas régulièrement espacées : l'échelle des fréquences n'est pas linéaire mais logarithmique. Cela est parfaitement inscrit dans la formule qui donne ces fréquences : Log(f) = 1.213  + 0.025 𝑘. La millième partie de ce logarithme se nomme "Savart" en sorte que l'intervalle entre deux notes consécutives vaut 25 Savarts et que l'intervalle d'octave vaut 12 fois plus soit 300 Savarts. L'oreille qui entend un son est incapable d'en déterminer la fréquence exacte; en particulier elle est incapable de décider si cette fréquence fait partie de la gamme chromatique. L'oreille absolue est, par définition, celle qui est en mesure de reconnaître toute note entendue mais elle est l'exception plutôt que la règle, même chez les musiciens professionnels. L'oreille exercée est cependant relative, capable d'identifier une note si on lui donne préalablement une note de référence pas trop éloignée, par exemple un la3.

Les raisons pour lesquelles l'octave a été partagé en 12 parties égales (et pas 14 ou 16) repose sur quelques coïncidences arithmétiques étonnantes :

* Depuis Pythagore, on sait que les sons se marient bien mélodiquement (en séquence) ou harmoniquement (en parallèle) si leurs fréquences sont dans un rapport simple. Partitionner l'octave en parties égales est peut-être commode mais encore faut-il s'assurer que si l'on part d'une note quelconque celles qui sont consonantes font également partie de cette gamme or cela n'est nullement évident puisque les notes forment un ensemble discret. Les rapports les plus simples se nomment : Quinte (3/2), Quarte (4/3), Tierce (5/4) et Sixte (5/3) dont les valeurs en Savarts sont respectivement 176, 125, 97 et 222 soit proches d'un multiple de 25. Autrement dit si l'on part d'une note quelconque de la gamme chromatique, celles situées respectivement 7 (do-sol), 5 (do-fa), 4 (do-mi) et 9 (do-la) positions plus loin dans la table sont très proches de la quinte (quarte, tierce, sixte) juste. Très proche ne signifie pas exacte mais les musiciens s'en accommodent car le bénéfice est immense d'une gamme uniformément répartie de 25 en 25 Savarts : la transposition d'un air devient un jeu d'enfant.

*Le peintre agit très différemment lui qui ne dispose que d'une octave même pas complète allant du rouge au violet en passant par toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Il explore en conséquence l'infinité des nuances intermédiaires dans le cadre d'un continuum. Rien en théorie n'empêcherait le musicien gourmand d'en faire autant en explorant les quarts voire les seizièmes de tons. Ce genre d'expérience (courante dans le monde arabe) a effectivement ponctuellement été tenté en musique savante occidentale (Aloïs Haba) mais elle ne s'est nulle part imposée comme indispensable.*

Il existe une autre différence entre ces deux arts, qui tient au rôle joué par le facteur temps. Le temps ne joue aucun rôle en peinture : la toile achevée l'est une fois pour toutes aux réfections ultérieures près. Il en va tout autrement en musique.

Pythagore savait déjà que deux cordes vibrent en consonance harmonieuse si leurs longueurs sont entre elles comme deux entiers modérés. Plus de 2000 ans plus tard, Rameau (1683-1764) est parti de cette même observation pour construire son célèbre Traité d'harmonie. En particulier

L'instauration d'une forme de démocratie entre les notes peut paraître une idée séduisante mais elle est stérile : aucune forme de développement organisé ne peut surgir d'un milieu homogène qu'il soit biochimique, social ou autre. Cela irait à l'encontre d'un principe physique fondamental qui veut que l'entropie d'un système isolé ne diminue jamais. Or l'entropie d'un milieu désordonné et homogène est déjà maximale d'où il est illusoire d'espérer qu'elle puisse diminuer spontanément.

Il faut donc que d'une manière ou d'une autre cette démocratie totalitariste soit rompue et le fait est que Schönberg a opté pour l'adoption du principe de la série mais d'autres possibilités existent : Il n'y a pas qu'une forme de dodécaphonie : beaucoup de musiciens ont

Information & Musique.

L'avènement inéluctable de la musique atonale non comme une issue définitive à l'impasse tonale mais comme un épisode nécessaire d'émancipation a cependant remis la question en évidence. Ce ne fut pas sans mal.

Une conférence, "L'atonalisme et après", donnée récemment par Jérôme Ducros au Collège de France a soulevé tellement de polémiques malsaines qu'il ne me paraît pas inutile d'y revenir la tête froide.

Cette conférence est intégralement disponible à l'écoute sur le site du Collège de France et Dieu merci elle s'y trouve toujours malgré une campagne de protestations initiée par le compositeur Pascal Dusapin, qui s'est fendu d'une missive incendiaire au dit Collège.

D'autres intervenants se sont mêlés à la bagarre avec plus ou moins d'élégance, la palme de la grossièreté revenant incontestablement à Serhan – compositeur sériel à ses heures, tiens tiens !-

On peut discuter :

le titre de l'exposé, de nature à exclure les tenants d'un sérialisme à tous vents

le parti pris (en deux mots, veuillez noter) par l'auteur de s'adresser à un public large mais le public est ce qu'il est composé pour l'essentiel d'amateurs de culture éclairée

l'allusion appuyée au Concerto de Karol Buffa mais la démonstration aurait aussi bien fonctionné avec ceux tout aussi récents de Thomas Ades ou de James MacMillan

On a cependant également critiqué le choix des exemples pianistiques ou la notion de fausse note n'a de toute évidence pas la même signification pour tous. Cependant c'est à ce niveau qu'une réflexion objective peut s'installer non au plan esthétique ce qui est impossible mais au plan scientifique. Il me paraît intéressant de considérer ce que la théorie de l'information nous apprend à ce sujet.

il n'en demeure pas moins que l'exposé de Jérôme Ducros est aussi instructif qu'il est plaisant. Quant à la malhonnêteté intellectuelle dont on l'accuse essentiellement pour avoir choisi ses exemples aux fins de servir sa thèse au mépris des autres, je ne l'ai entendue nulle part mieux je prétends que la théorie de l'information lui donne largement raison.

la théorie de l'information étudie la compression des messages, au sens large du terme, en gros, des suites de caractères. En science mais aussi en art et finalement dans la vie de tous les jours, ces suites sont omniprésentes. Il existe deux

Grâce au fait qu'elle ne véhicule information sémantique autre que celle qui est acquise, aucune la musique échappe au syndrome de la tautologie primitive.

Nul ne peut empêcher l'expérience par la pensée (même les nazis n'y ont pas pensé !) consistant à élever un enfant dans l'erreur

La lumière et le son sont portés par des vibrations

Notre vue et notre ouïe ont en commun d'être adaptés à l'analyse et au traitement des signaux périodiques. Ces signaux sont cependant de natures différentes : l'œil n'est sensible qu'ondes électromagnétiques de très hautes fréquences, typiquement de 4300 à 7500 THz tandis que l'oreille (jeune !) est sensible aux vibrations (généralement de l'air) entre 16 et 20000Hz.

La différence colossale entre les ordres de grandeur est sans réelle importance car les ondes sont de nature différente donc une comparaison serait sans objet. Par contre, la différence de plages est importante, précisons.

Parmi tous les "instruments de musique" capable d'émettre un la0 à 55 Hz, il en est un, le diapason, qui présente cette particularité de vibrer sinusoïdalement. Le timbre du son est tout-à-fait inintéressant car impersonnel mais cela ne nous concerne pas à ce stade. Tant qu'à rester dans la plage des instruments exotiques, l'octobasse descend jusqu'à l'ut0 (16.3516 Hz). Une corde de contrebasse vibrant à la même fréquence n'émet pas un son sinusoïdal mais plutôt une superposition de sinusoïdes, de fréquences multiples 880 déphasées les unes par rapport aux autres.

L'ouïe connaît le phénomène d'octave : on signifie par là qu'un son résultant d'une vibration à la fréquence 440 Hz (qu'on appelle un "la" dans un diapason ordinaire), un son vibrant à la fréquence moitié.

L'oreille connaît de ce fait le phénomène d'octave alors que l'œil ne le connaît pas.

Lorsqu'un instrument tient une note déterminée dans la durée l'analyse harmonique de du son émis révèle qu'il résulte de la superposition de composantes sinusoïdales dans un rapport donné d'amplitudes et de phases qui en définissent le timbre

L'art musical présente cette particularité d'exiger le concours de trois partenaires égaux : le compositeur, l'interprète et l'auditeur.