II. HISTOIRE

Nous allons maintenant considérer quelques moments de l'histoire de la musique et essayer de suivre son évolution par rapport à la progression des connaissances. Il est entendu que ces connaissances correspondent à une époque donnée et nous ne pouvons pas parler d'un système des sciences, tel que nous le connaissons actuellement.

En effet, nous ne pouvons pas considérer l'évolution de l'utilisation des modèles scientifiques sans prendre en considération l'évolution de la pensée scientifique et le progrès technologique de chacune des époques concernées. À chaque niveau de compréhension du monde et de son explication correspond, en miroir, un parallèle artistique. Nous traiterons, ici, des connaissances « extra-musicales » appliquées à la musique - le terme de « musique » signifie ici composition - et l'ensemble des théories musicales plus ou mois spéculatives.

Parmi les premières théories, nous trouvons celles qui reposent sur l'« harmonie ». Il ne s'agit pas de l'harmonie prise uniquement au sens de consonance musicale, mais de l'harmonie conçue comme un rapport de deux nombres où la notion de consonance est incluse.

Cette harmonie est d'ordre esthétique ou plutôt philosophique. C'est la beauté de la proportion, la beauté d'un rapport que l'on peut découvrir dans les phénomènes naturels tels l'astronomie ou la vibration d'une corde. C'est le rapport de deux nombres entiers qu'il est possible de trouver dans la nature et qui apparemment régit cette nature. De là, il n'y a qu'un pas à franchir pour dire que la beauté ou l'harmonie ne peuvent exister que si, et seulement si, de tels rapports sont utilisés. Pour les Pythagoriciens, c'est la nature elle-même qui sert de guide pour créer le beau et, à partir du moment où l'on s'en tient à cette théorie ce que l'on produit est beau. La croyance au nombre et en l'observation « acoustique » crée et nourrit les théories pythagoriciennes.

Dans le même ordre d'idée, les spéculations philosophiques produisent la « musica mundana » de Boèce ; Kepler exploite le progrès des sciences et de l'astronomie dans son traité et Mayer exprime la vision alchimique du monde à travers *Atalanta Fugiens*. Au 18e siècle, les théories de Blaise Pascal coïncident à la mode des jeux musicaux composés à l'aide de dés. Plus récemment, les progrès technologiques et scientifiques sont à l'origine des réflexions et des réalisations sur les théories de la musique stochastique de Xenakis ou de la composition automatique de Barbaud. C'est le progrès technologique de l'ordinateur qui a permis de mettre en pratique ces théories et de concrétiser les expériences théoriques. La sonification des données est apparue avec l'arrivée et le développement de l'informatique, ce nouveau procédé ne pouvant pas exister avant la possibilité d'un traitement massif des données. Ainsi, au lieu de visualiser les données avec des schémas et des graphes, il a été possible de les percevoir avec l'ouïe.

Alors que la séparation des sciences et des arts est difficile à définir, ou tout simplement inexistante jusqu'à la Renaissance, l'arrivée des sciences exactes fait progressivement apparaître deux pôles - scientifique et artistique – dont les méthodes de travail et la finalité divergent. En effet, jusqu'à la Renaissance, dans la plupart des cas, le scientifique et l'artiste, ne font qu'un et il est difficile de séparer la connaissance acquise par expérience de sa réutilisation artistique. Par contre, au 19e

siècle, une barrière est établie entre ce que l'on peut mesurer et ce qui n'est qu'un sentiment exprimé par un moyen artistique.

Un changement d'attitude se produit dans la deuxième moitié du 20e siècle. Avec l'ordinateur, les compositeurs et les scientifiques disposent d'un même outil de travail. Son emploi amène une modification dans les méthodes des uns et des autres et oblige les compositeurs à formuler leurs désirs et leurs souhaits autrement que par un langage verbal. Les scientifiques de leur côté découvrent qu'il est possible, grâce à la sonification des données, non seulement de voir mais aussi d'entendre le monde qui les entoure.

II.1. Pythagore et la musique des sphères

Lorsque l'on regarde loin dans le passé ou plus près dans le présent, on retrouve sans cesse des liens, plus ou moins forts et plus ou moins directs, entre les connaissances générales et la musique et plus tard entre les sciences et la composition. Un des premiers témoignages d'un tel rapport est celui de la philosophie de Pythagore dans laquelle le cosmos et le son sont réunis par la magie des nombres.

Nous n'avons pas beaucoup de traces des compositions de l'Antiquité. Les personnes qui pratiquaient la musique dans la Grèce antique étaient dans la plupart des cas ce que l'on appelle aujourd'hui des « auteurs - compositeurs ». Les poètes chantaient leurs textes, ils composaient à la fois les poèmes et la musique. Nous n'avons pas les livrets de ces œuvres, ni de traités sur la composition musicale. Il ne nous est parvenu que quelques fragments, par exemple : « ...un papyrus de l'Université de Leyde aux Pays-Bas identifié en 1974 comme un fragment de l'*Iphigénie à Aulis* d'Euripide » (Bélis, 1999, p.158). Sa datation indique que « ...les « partitions » grecques les plus anciennes que nous connaissons ne remontent pas au-delà du début du 3e siècle avant notre ère » (Bélis, 1999, p.158).

En fait, la difficulté réside dans la très grande complexité de séméiographie musicale de l'époque. Ainsi, très peu de compositeurs étaient capables de noter leurs productions musicales et « il est même possible qu'un petit nombre d'entre eux n'aient même pas été en mesure de lire et encore moins de déchiffrer à vue une partition » (Bélis, 1999, p.159). Ce ne sont pas les « compositions » de l'époque antique qui vont influencer l'histoire de la musique, mais la théorie philosophique qui se veut réunificatrice de tout - de la musique et de l'univers[1]- et ceci sur la base la plus simple : le nombre. Cette théorie que nous connaissons sous le nom de « musique des sphères » ou « harmonie des sphères » est attribuée à Pythagore de Samos.

II.1.1. Pythagore et son École

L'enseignement de Pythagore se situe au 6e siècle avant J.-C., c'est un personnage entouré de mystère. Tout ce que nous savons de lui vient de témoignages indirects, puisqu'il ne nous reste aucun livre de Pythagore lui-même.

Les membres de l'école sont très actifs dans les domaines de la géométrie et de l'astronomie. Tout le monde apprend le théorème de Pythagore, mais il est également intéressant de remarquer que les Pythagoriciens « ...s'étaient convaincus que la Terre, la Lune et le Soleil étaient des corps sphériques et que les phases de la Lune résultaient des variations de la portion éclairée par le Soleil, suivant les mouvements respectifs du Soleil et de la Lune autour de la Terre supposée immobile » (Dieudonné, 1987, p.34).

[1] Puisqu'il s'agit d' « expériences » acoustiques, on devrait plutôt parler ici du son que de la musique.

Les observations astronomiques ou les découvertes en géométrie ne sont pas là pour prouver une habileté d'esprit, mais s'inscrivent dans le cadre d'une philosophie où le monde est régi par des lois simples et où tout peut s'exprimer par le rapport des nombres premiers. Le cosmos dans sa totalité est alors en harmonie avec ses parties par ce rapport simple, de même qu'une corde est en rapport avec ses parties vibrantes. C'est une harmonie qui se dessine dans les sphères et c'est elle qui régit l'univers entier.

II.1.2. L'harmonie des sphères

A partir du moment où les Pythagoriciens ont trouvé une méthode expliquant les rapports de hauteurs des sons par les nombres entiers, la voie a été ouverte pour l'exploitation, plus ou moins directe et rationnelle, des sciences et des données extra-musicales en musique. Ce sont donc les mathématiques et la science des nombres qui ont permis de relier le monde extra-musical au monde des sons. C'est le pouvoir de l'abstraction qui a donné la clé pour relier les deux mondes - l'art et la science[2].

Quelle a dû être la surprise de Pythagore quand il a trouvé le moyen de mesurer les intervalles avec le monocorde et a ainsi découvert des rapports qui ne peuvent être plus simples, élégants et universels : ceux des nombres entiers entre eux ! C'est là l'harmonie du monde, mais ce n'est pas l'harmonie dans le sens où l'entend un musicien. C'est l'harmonie des choses qui sont dans un certain ordre et dont on perçoit la beauté.

Peut importe que la découverte ait été à l'origine « faussement » interprétée[3] et que même le terme de sphères puisse être expliqué d'une manière tout à fait « terrienne »[4]. Le fait est, que l'on a pu créer et établir une analogie, entre les rapports des intervalles et des notes, exprimée par des rapports de nombres entiers pour ensuite généraliser cette idée et être convaincu que les mêmes rapports régissent les mouvements des planètes autour de la Terre.

---

[2] Il faut noter que cette remarque s'applique à notre point de vue d'aujourd'hui, alors que justement nous faisons la distinction entre les sciences et la musique, distinction qui n'existait pas à l'époque Antique.

[3] Apparemment Pythagore, en entendant les différentes hauteurs que produisaient les marteaux sur les enclumes a d'abord déduit, que c'est le poids du marteau qui détermine la hauteur ; ceci avant de refaire une expérience similaire avec le monocorde (Cotte, 1988, pp.62-63). Boèce lui-même décrit cette histoire des enclumes dans son *De Institutione Musica*, voir l'appendice de (Proust, 1990, pp.267-269), où il cite Boèce, *Institution harmonique*, I, chap. 10-11. L'erreur a été découverte par le père Mersenne qui a refait l'expérience et découvert que le poids du marteau ne détermine pas la hauteur du son.

[4] D'après Cotte « … il y aurait eu confusion dans le texte grec entre les vocables sjura sphyra (marteau) et sjaira sphaira (sphère) […] le terme « musique des sphères » s'expliquerait alors de manière pratique, sans allusion cosmique prématurée. » (Cotte, 1988 p.12).

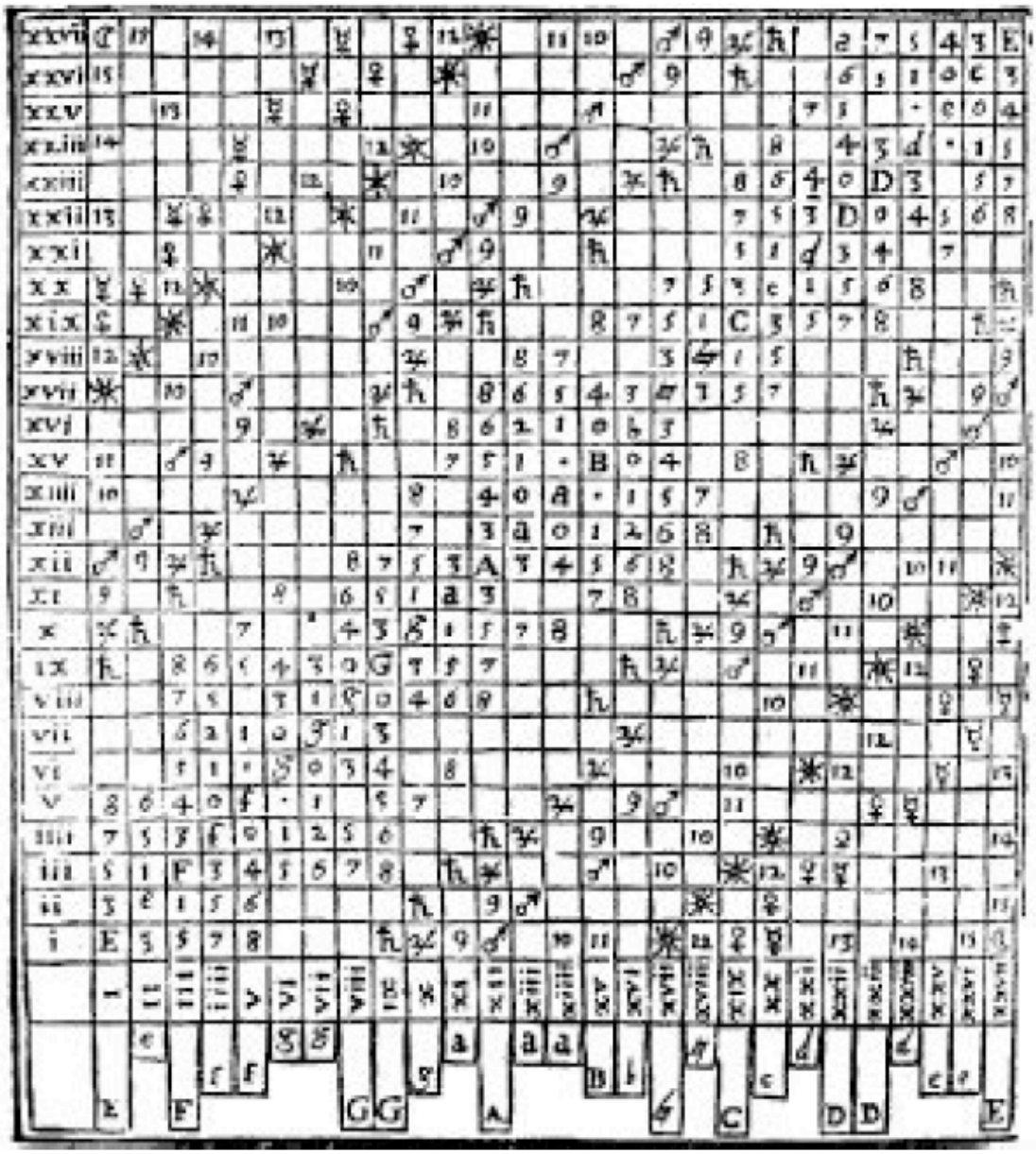

Figure II.1.1 Les aspects planétaires et leur relation pythagoricienne avec les intervalles musicaux.[5]

Ainsi, le monde peut être expliqué à partir des nombres et de leurs relations réciproques. L'étude des rapports des parties vibrantes de la corde sert de preuve et est est généralisée à l'univers entier. Pour les Pythagoriciens, de la même façon que pour les scientifiques d'aujourd'hui, les formules qui expliquent le monde doivent être élégantes et il doit être possible de trouver les liens fondamentaux qui sont exprimés par des rapport simples.

On ne peut pas vraiment parler d'analogie, puisque « l'idée selon laquelle une corrélation étroite existe entre la musique [...] ne reposait pas sur l'observation directe des phénomènes, mais sur la spéculation à priori ». Pour être plus précis, il faut dire que « l'astronomie n'a pas dicté ses conditions à la musique : c'est au contraire la pratique musicale qui a déteint sur les théories astronomiques » (Meyer, 1992, p.125).

[5] La source de l'image (Cotte, 1988, p.13)

II.1.3. Les gammes et les nombres

De la mesure des intervalles découle directement la possibilité de leurs arrangements et de leurs utilisations dans la musique. On obtient ainsi une gamme, une suite d'intervalles qui divisent une octave, laquelle est elle-même un intervalle dont le rapport de hauteurs est de 1/2. Le « remplissage » de l'octave est ensuite une question de choix entre la multitude des possibilités où le choix est guidé par les critères sonores et théoriques.

Les Pythagoriciens créent une gamme en partant des divisions d'une corde, donc de rapports de nombres, dans des proportions simples comme 1/2 et 2/3. Ainsi, ils créent une gamme en se basant uniquement sur les trois nombres entiers. Leur « découverte » est que ces rapports donnent à l'écoute une sensation unique et reconnaissable.

Pour construire une gamme, il faut trouver un moyen de générer les hauteurs. Le rapport 1/2 ne peut pas générer les notes d'une gamme puisque nous percevons les hauteurs créées ainsi comme une équivalence de sons. Par contre, le rapport 2/3 produit l'intervalle d'une quinte et donc des notes qui sont utilisables pour la construction d'une gamme. Avec six intervalles de quinte superposés, on retrouve toutes les notes d'une gamme, que l'on appelle communément la gamme pythagoricienne.

Il reste un problème qui vient du fait que la perception des hauteurs suit une échelle exponentielle. Nous entendons un intervalle d'une octave quand la fréquence de référence est multipliée par deux. Si nous procédons de la même manière pour trouver d'autres intervalles nous allons nous apercevoir qu'il y a une différence entre les deux suites (rapport d'octave et rapport de quinte) que l'on appelle le comma pythagoricien.

Ainsi, il n'est pas possible d'obtenir le même résultat en superposant les octaves d'un côté et les quintes de l'autre. Notre perception nous indique une division de l'octave, qu'il n'est pas possible de recréer par une autre division de corde, sans faire de petits ajustements. Ce que nous observons en mesurant, et ce que nous percevons en écoutant, ne correspond donc pas exactement. Ce que nous déduisons de notre observation n'est finalement pas en accord avec elle.

II.1.4. Deux approches de l'harmonie

En ce qui concerne notre sujet, il n'est pas important que notre connaissance du monde soit très différente de celle des Grecs de l'Antiquité. Le fait est là, il est possible de découvrir des correspondances entre le son et les nombres et entre les évènements naturels et ces mêmes nombres. Il est possible de faire un aller-retour entre des mondes qui n'ont, à première vue, rien en commun et qui coexistent sans aucun lien apparent et particulier.

À partir de là, les choses ne vont plus être les mêmes et la relation entre les sciences et la musique, et par la suite la composition, va évoluer en fonction de l'évolution du savoir scientifique et artistique. La connaissance scientifique va pouvoir être utilisée dans le cadre de la création artistique et l'art lui-même pourra servir de modèle pour le monde qui nous entoure.

Ce n'est pas vraiment la solution, mais la question qui résulte de la réflexion des Pythagoriciens est pour nous l'une des plus importantes. Pouvons-nous mettre en accord et en équivalence notre perception subjective du monde avec notre compréhension objective, calculée et donc scientifique ? Est-il possible de généraliser nos connaissances du monde à partir d'un seul modèle ? Est-ce que les lois physiques peuvent nous guider dans nos choix esthétiques ?

À partir de l'Antiquité, deux écoles tentent de répondre à ce genre de question : les Canoniques et les Harmoniques. Le nom de « Canoniques » est donné aux Pythagoriciens pour lesquels l'introduction des lois extérieures à la musique prévaut sur la perception. Ils sont en opposition avec les « Harmoniques »[6] pour lesquels c'est la perception qui doit prédominer dans la construction des gammes et de la théorie de la musique.

L'histoire de la musique peut ainsi être comparée à un va-et-vient entre ces deux pôles. Les réponses aux questions posées précédemment indiquent la démarche à suivre pour l'une ou l'autre école. L'importance que nous attribuons à l'introduction des éléments et des modèles externes à la musique et à leur exploitation musicale nous amène à nous positionner par rapport à ces deux écoles. En simplifiant, nous pouvons considérer ces deux écoles comme deux extrêmes, entre lesquelles il y a une infinité de positionnements et de solutions apportées par des compositeurs et des théoriciens. La théorie et l'esthétique musicale sont déterminées en fonction de leurs relations avec l'extérieur et de la perception subjective de l'homme.

II.2. Le Moyen Âge et le *quadrivium*

Si l'on peut parler d'une frontière entre les arts et les sciences, il ne faut pas perdre de vue que la frontière entre ces deux mondes n'a jamais été figée et que la musique a aussi été considérée comme une science. Au Moyen Âge la théorie musicale ou *musica* appartenait avec l'arithmétique, l'astronomie et la géométrie aux sciences du *quadrivium*. Bien qu'il s'agisse d'une « ...théorie des clercs savants et non des pratiques musicales de l'époque » (Le Vot, 1997, p.28), ce regroupement nous montre l'importance et la position de la musique par rapport aux sciences.

La musique, définie comme « scientia » ou « ars », était intégrée au système des connaissances. Comme telle, elle était étudiée de la même façon que les autres disciplines du *quadrivium*, l'étude de la musique équivalait à l'étude de l'arithmétique ou de la géométrie pour la connaissance du monde. La musique avait ainsi « ...sa place à part entière dans le *quadrivium*, à côté de l'arithmétique, de la géométrie et de l'astronomie » (Weber, 1998, p.20). Il ne s'agit pas ici de musique vivante, mais plutôt d'une spéculation autour de thèmes et de rapports entre les connaissances physiques et métaphysiques de l'époque. Comme le terme de « science », le terme de « musique » n'avait pas la même signification au Moyen Âge qu'aujourd'hui. La musique était un terme utilisé pour désigner une partie des mathématiques et elle en faisait partie de la même façon que l'astronomie, la géométrie ou l'arithmétique.

---

[6] Pour parler mathématiquement, il s'agit de trouver la solution à l'équation $1.5^n = 2^p$. Mais cette équation n'a pas de solution pour n et p entiers, ce qui veut dire musicalement qu'il n'est pas possible de faire correspondre une superposition des octaves avec celle des quintes. Le nom « harmoniques » est donné à Aristoxéne et ses élèves, pour lesquels le rapport d'une tierce est de 4/5 et donc naturel puisqu'il est déduit directement des harmoniques d'un son.

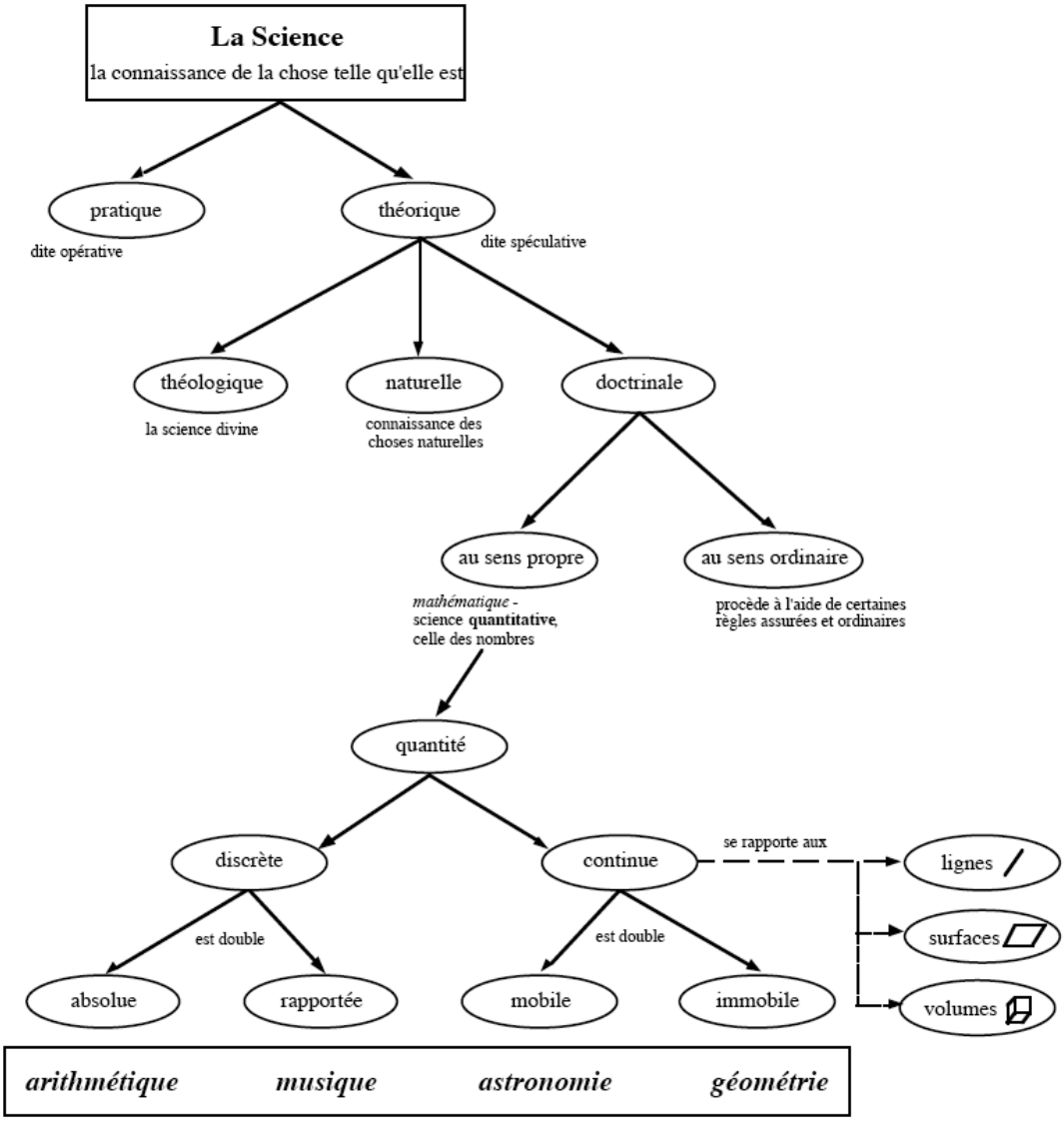

Figure II.2.1 Schéma de la division des sciences du quadrivium.

Vers 1275, Jean de Garlande divise la science de la manière suivante : « La science est la connaissance de la chose telle qu'elle est. Elle se subdivise en théorique et pratique. La science théorique est dite spéculative, la science pratique est dite opérative. La science théorique se subdivise en théologique, c'est-à-dire la science divine, et en naturelle, c'est-à-dire la connaissance des choses naturelles, et en science doctrinale. La science doctrinale est dite tantôt au sens propre, tantôt au sens ordinaire du terme. Elle est dite au sens ordinaire lorsqu'elle procède à l'aide de certaines règles assurées et ordinaires. Propre est dite la science mathématique, et il s'agit de la science quantitative, celle des nombres. Or, la quantité est double : l'une est continue, l'autre discrète. La quantité continue se rapporte aux lignes, aux surfaces et aux volumes. Elle est double, puisque l'une est mobile, l'autre immobile. La géométrie est science de la quantité continue et immobile, mais l'astronomie est science de celle qui est mobile. La quantité discrète est double : l'une est absolue, l'autre est rapportée. L'arithmétique est la science de la quantité discrète et absolue : elle traite des nombres absolus. La musique est la science de la quantité rapportée, dans laquelle il est traité des nombres rapportés aux sons » (Meyer, 1992, p.109)[7].

[7] « Musica est scientia de numerorelato ad sonos »

Il ne s'agit pas de la musique comme nous l'entendons aujourd'hui, mais d'un terme pour désigner une partie des mathématiques, la musique étant elle-même divisée en plusieurs parties suivant des critères qui ne sont plus actuels.

II.2.1. Boèce

La musique recouvre un champ très large du savoir occidental. La proportion et l'analogie sont des vecteurs de liens entre les différentes connaissances de l'époque et la musique joue le rôle d'un dénominateur commun.

Cette théorie où la musique est considérée comme un trait d'union entre l'homme et Dieu dérive de l'œuvre de Boèce (480-524) d'après qui « la musique se divise en trois grandes classes : *musica mundana*, *musica humana*, *musica instrumentalis* » (Chailley, 1950, p.18). Dans les deux dernières classes on trouve la musique sans instrument et la musique instrumentale, *musica mundana* est la musique du monde ou la musique des sphères.

La théorie de la musique des sphères est décrite par Boèce dans *De Institutione musica*. Elle découle de la théorie de Ptolémée (90-168) pour qui la Terre se tient immobile au centre de l'Univers ; le Soleil, les planètes, la Lune et tous les corps célestes tournent autour d'elle comme des sphères. En tournant autour de la Terre, les corps célestes produisent un son de même qu'une corde produit un son en vibrant. Ainsi que pour la corde, le son produit par les corps célestes possède une hauteur déterminée : plus le mouvement de la planète est rapide et plus le son qu'elle produit sera aigu.

Lune	Ré	Lundi
Mercure	Do	Mercredi
Vénus	Si	Vendredi
Soleil	La	Dimanche
Mars	Sol	Mardi
Jupiter	Fa	Jeudi
Saturne	Mi	Samedi

Tableau II.2.1 La correspondance des planètes, des sons et des jours de la semaine.[8]

Une des nombreuses questions qui, à ce moment là, préoccupent les théoriciens est de trouver la hauteur des sons produits par les sphères en mouvement. Les recherches prolongent les théories pythagoriciennes[9] et d'autres gammes sont découvertes. De plus, cette correspondance est élargie par la concordance entre les noms des planètes et des jours de la semaine. Le tableau ci-dessus présente les liens entre la musique (les rapports entre les nombres), les planètes (les objets observables) et les jours de la semaine (le temps qui passe). Ainsi, tout est lié et l'un des dénominateurs communs de cette unification est le nombre sept.

La théorie de la musique des sphères découle ainsi directement du nombre des planètes : sept, exactement comme le nombre de notes de la gamme. L'harmonie qui

[8] La source (Proust, 1990, p.27)

[9] Les hauteurs exactes de chacune des planètes vont être calculées plus tard au début du 17e siècle par l'astrologue et astronome Johannes Kepler.

régit le mouvement des planètes et la beauté du ciel va, par analogie, régir la musique. Le résultat de toute cette connaissance n'est là que pour montrer comment l'homme peut être relié à Dieu, puisque « ...l'amour de Dieu fait que toutes les choses s'ordonnent avec perfection et s'accordent entre elles » (Ferrand, 1985, p.158).

Comme dans la théorie de Pythagore, c'est l'harmonie qui domine le monde et la musique est la science de toute proportion. Le schéma que construit Edgar de Bruyne à partir de la réflexion des principaux théoriciens dans ses *Études d'esthétique médiévale* est le suivant :

Musique : science de toute proportion, quelle qu'elle soit.

1) Musique, surnaturelle ou spirituelle : harmonie des choeurs angéliques et des saints (musica cœlestis).
2) Musique purement mathématique : proportions en soi.
3) Musique métaphysique : harmonie réalisée dans le monde matériel et considérée comme objet de spéculation philosophique.
    a) Harmonie des principes métaphysiques.
    b) Harmonie de l'univers, par exemple, des saisons, des transformations élémentaires (musica mundana de Boèce).
    c) Harmonie physiologique, psychologique, morale de l'homme (musica humana au sens large de Boèce).
4) Musique sensible : harmonie de droit perceptible par les sens
    a) dans le monde visible : danse plastique ;
    b) dans le monde sonore :
        1. Harmonie des sphères (musica mundana; musica cœlestis).
        2. Harmonie des sons, produite par des instruments (musica instrumentalis).
            1. produits par la nature, ex. la voix humaine (musica humana; musica vocalis).
            2. produits par l'art : les instruments de musique (musica artificialis; musica instrumentalis).[10]

[10] Le schéma est donné d'après (Ferrand, 1985, p.156).

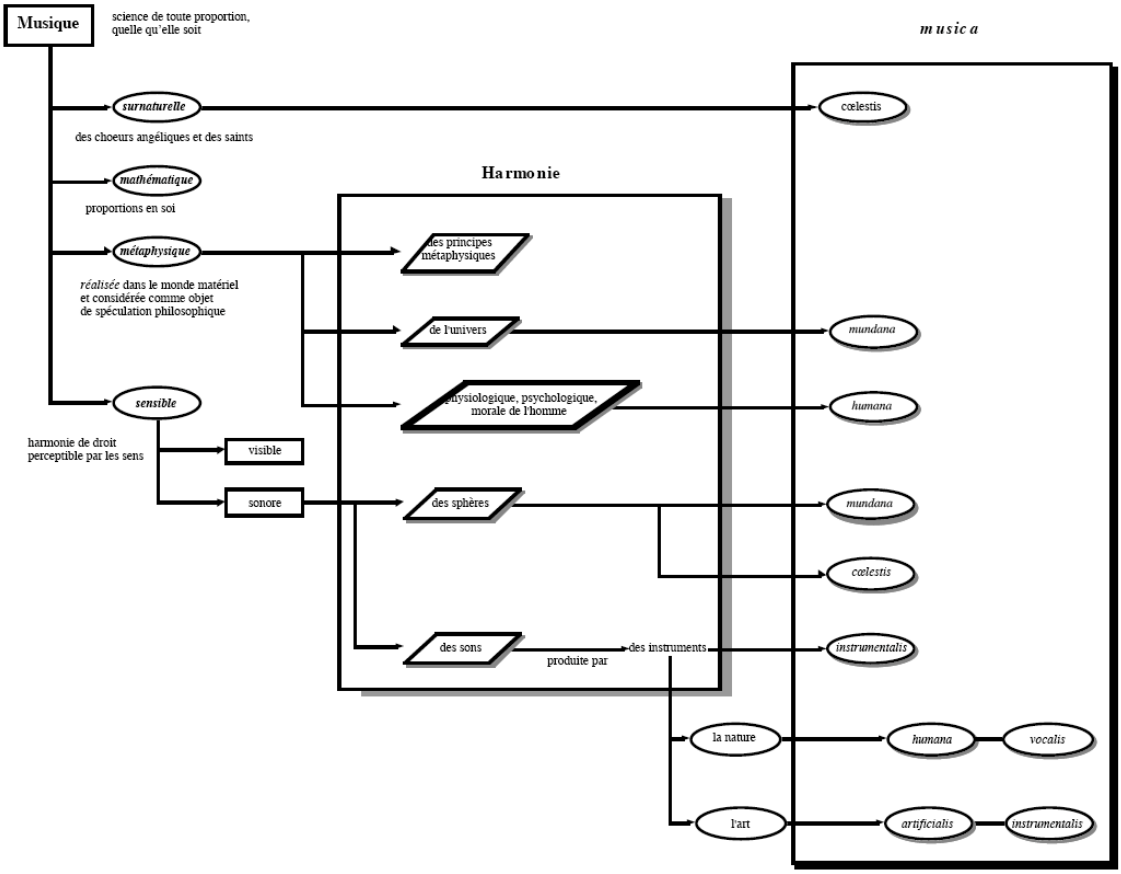

Figure II.2.2 Schéma des divisions de la musique au Moyen Âge.

La théorie selon laquelle « la musique est science de la quantité rapportée dans laquelle il est traité des nombres » ne s'applique pas uniquement au domaine des mathématiques, aussi l'harmonie régit le monde entier car elle est d'origine divine. Les théories de Boèce et celles de Saint Augustin sont étendues aux « ...notions de consonance et de justes proportions au domaine des sciences, de la morale, de la politique, et de l'économie, toutes choses qui doivent s'établir, en référence au modèle proposé par Dieu dans le monde invisible, dans un rapport de convenance et d'harmonie dans le monde visible » (Ferrand, 1985, p.155).

L'étude de la musique n'est pas seulement l'étude des sons, elle couvre un large champ du savoir. La musique, de par son universalité, sert de pont entre le terrestre et le céleste. On établit alors une distinction entre la musique théorique, spéculative, et la musique pratique, jouée et composée - ce que nous entendons aujourd'hui par musique. La musique est donc réfléchie de façon purement abstraite par le théoricien, elle est composée par le compositeur et cette composition est jugée par le critique « selon des critères scientifiques » (Ferrand, 1985, p.159).

II.2.2. La théorie et la pratique des sphères musicales

Si la théorie de la musique des sphères possède un côté plutôt séduisant dans son principe d'unification, il faut être très prudent dans la recherche de ses applications musicales. Moins on a de sources fiables et plus il est tentant de trouver que toute la musique écrite à une certaine époque est le reflet des connaissances scientifiques de l'époque citée.

C'est par exemple le cas pour l'œuvre anonyme *Naturalis concordia vocum cum planetis*, probablement écrite au début du 12e siècle, qui d'après Kelkel n'est rien

moins que « ...la première œuvre musicale, inspirée de l'harmonie des sphères qui nous soit parvenue... » (Kelkel 1988, p.104)[11]. Cette déclaration est ensuite reprise textuellement par Dominique Proust (Proust, 1990) qui, pour confirmer cette annonce, affiche en même temps la gamme dans laquelle chaque hauteur est symbolisée par un objet céleste.

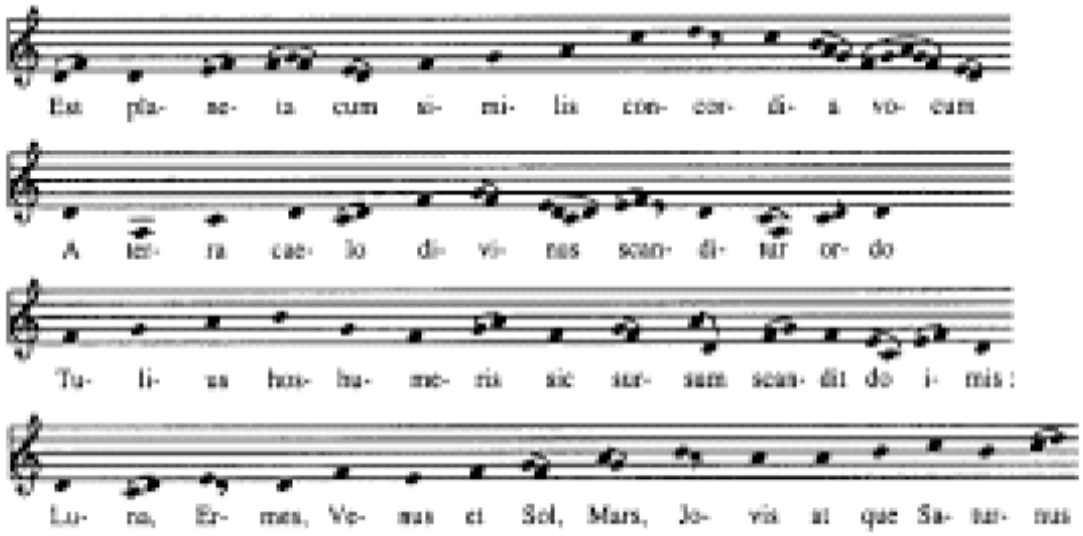

Figure II.2.3 Extrait du chant Naturalis concordia vocum cum planetis.[12]

En effet, l'explication est à portée de main, surtout si l'on prend en compte le titre de la pièce, où l'on découvre l'utilisation des mots « planètes », « harmonie » et « naturel ». Mais le titre n'est pas en soi une preuve tangible d'une quelconque relation entre la pièce et l'harmonie des sphères, même si c'est une indication précieuse. Avec si peu d'indications à l'appui, l'œuvre est par la suite considérée par Le Vot comme « ...une mélodie classique dans l'échelle de ré, et dont le dernier membre mélodique énonce l'échelle montante » (Le Vot, 1997, p.30).

Qui a raison ? Est-il possible de trancher entre ces deux explications ? Les uns et les autres ont peut-être raison dans leur interprétation de la même pièce. La vérité est peut-être justement dans le fait qu'il n'y a pas de vérité absolue, et que la vérité diffère suivant les époques. Nous ne pouvons pas savoir ce qu'a pensé la personne qui a composé la pièce. En effet, il n'y a qu'elle qui pouvait, en la composant, penser une loi de l'Univers ou, tout simplement, composer sans penser à quoi que soit d'autre qu'à musique.

Ciel	fa
Saturne	mi
Jupiter	ré
Mars	do
Soleil	si
Vénus	la
Mercure	sol

[11] D'après (Le Vot, 1997, p.30), Kelkel a lui-même repris cette information d'un article de Jacques Handschin.
[12] La source de l'image : (Le Vot, 1997, p.30)

Lune	fa
Terre	silentium

Tableau II.2.2 La gamme utilisée pour la composition Naturalis concordia vocum cum planetis.

Il est difficile d'admettre qu'à une époque, où le symbolisme et les liens cosmisques sont une préoccupation majeure[13], une composition avec un titre aussi évocateur que *Naturalis concordia vocum cum planetis* ne puisse être que le fruit du hasard. Pourtant, sans preuve il est difficile d'affirmer ou d'infirmer un tel dire. Le mystère demeurera intact et finalement pour le bonheur de tous, permettant ainsi de méditer sur la question posée.

II.3. Dufay - l'architecte de la composition

Au 15e siècle, le modèle servant à la création d'une pièce de musique n'est pas toujours directement issu de la nature. Les sources de l'inspiration proviennent parfois d'une œuvre humaine, surtout, si cette œuvre est elle-même inspirée et gouvernée par les lois fondamentales de la nature. Cela peut donner naissance à une œuvre dont les règles de construction serviront à l'accomplissement de plusieurs projets.

L'architecture offre un modèle de ce genre. Elle est elle-même régie par des analogies avec l'œuvre divine : les proportions des églises ou des cathédrales reflètent les proportions qui régissent l'univers. La composition d'une musique peut donc sans hésitation être réalisée à partir des mêmes proportions.

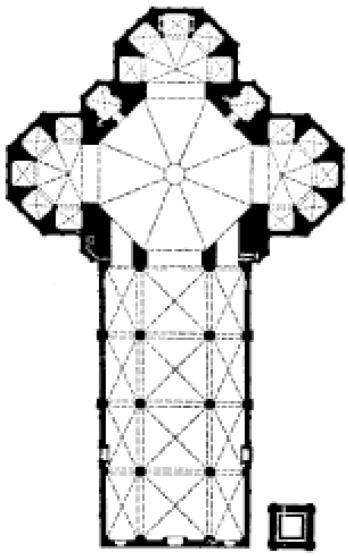

Figure II.3.1 Plan de Santa Maria del Fiore à Florence.[14]

II.3.1. La coupole de Brunelleschi

En 1420, l'architecte Filippo Brunelleschi (1377-1446) est chargé de la construction de la coupole Santa Maria del Fiore à Florence. L'église, a été conçue à la fin du 13e siècle par Arnolfo di Cambio (~1245-1302) et a été achevée vers 1367, mais la coupole resta inachevée à cause de son diamètre de presque 42 mètres. Pour

[13] Il faut se rappeler que nous nous situons au 12e siècle, à l'époque de la construction des cathédrales, à l'époque où la pensée de l'homme a été régie par le symbolisme et les allégories omniprésentes.
[14] La source de l'image : Benevolo L., Histoire de la ville, Editions Paranthèses, Roquevaire, France, 1983, 509p.

réaliser la construction, Brunelleschi doit innover et inventer de nouvelles techniques. Il lui faudra seize années de travail pour enfin réussir un véritable exploit architectural. La coupole sera inaugurée le 25 mars 1436.

II.3.2. Le motet de Dufay

Le compositeur Guillaume Dufay est invité à composer la musique de la cérémonie. Il compose le motet *Nuper rosarum flores* qui, d'après plusieurs auteurs, « utilise précisément les proportions choisies pour la cathédrale par l'architecte Brunelleschi » (Le Vot, 1997, p.45). C'est l'événement créé par la consécration de la cathédrale qui exige ce lien particulier entre la musique et l'architecture.

Dufay appartient à un groupe qui apparaît au début du 15e siècle. C'est l'école polyphonique que l'on désigne aussi sous le nom de « franco-flamande », d'après l'origine de ses compositeurs. Ces compositeurs, parmi lesquels se trouvent, par exemple, Gilles Binchois, Johannes Ockeghem, ou Roland de Lassus, sont actifs dans de nombreux milieux, aussi bien à la cour de France ou de Bourgogne qu'à Rome ou à Florence.

Guillaume Dufay (1400-1474), que l'on appelle aussi le musicien du pape et des princes est l'un des plus grands musiciens du 15e siècle. Il passe beaucoup de temps en Italie où il a également étudié. De 1428 à 1437, il appartient à la chapelle pontificale et compose des motets pour le pape Eugène IV. Il compose, en 1433, à l'occasion du traité de paix signé entre le pape et l'empereur d'Allemagne Sigismond son motet *Supremum est mortalibus*.

II.3.3. Les proportions communes

Le motet *Nuper rosarum flores* de Dufay est décrit pour la première fois, en 1937, dans une étude de Wolfgang Stephan sur le motet flamand-bourguignon au temps d'Ockeghem. En étudiant les cadences, l'indépendance rythmique et mélodique, l'unité tonale et d'autres paramètres, Wolfgang Stephan « ...remarquait que le motet de Dufay, *Nuper rosarum flores*, résumait tous les moyens de l'art du motet en Occident et était le fruit de l'apport italien et de l'apport anglais à travers la tradition locale » (Lacas, 1999).

Le motet est alors un modèle du genre, et, en même temps, il montre le grand art et le génie de Dufay. En 1973, Charles Warren (Warren, 1973) est intrigué par le nombre important de proportions numériques du motet et fait un lien direct avec les proportions architecturales de la cathédrale Santa Maria del Fiore. Nous arrivons ainsi à un autre niveau d'analyse et de compréhension de la composition, qui montre une fois de plus le talent du compositeur[15].

À partir de ce moment, les musicologues et les historiens « ...acceptent cette explication comme une des plus grandes découvertes de la musicologie de la Renaissance » (Ulffers, 1996). De nombreux articles font alors référence à cette corrélation entre la musique et l'architecture. De nouveau, en 1997, donc plus de vingt ans après cette découverte, Gérard Le Vot décrit, dans son article sur les relations entre les nombres et la musique au Moyen Âge (Le Vot 1997), les relations entre les mesures ou leurs proportions comme un exemple d'application des paramètres de l'architecture dans la composition musicale.

En fait, trois ans avant la parution de l'article de Le Vot, en 1994, le musicologue Craig Wright avait refait l'analyse de l'architecture de la cathédrale et ne trouvait plus « ...aucune corrélation entre les proportions de l'église et les ratios des durées du motet de Dufay » (Ulffers, 1996). La théorie d'une relation entre les proportions du

[15] Les informations sont tirées de l'article (Radcliffe, 1997)

motet et la cathédrale pour la cosécration de laquelle le motet a été écrit devient alors contestable[16].

Le cantus firmus du motet est pris de l'introït *Terribilis est locus iste*. Il est répété quatre fois dans le motet avec, à chaque fois, des durées de notes différentes. La taille relative des quatre répétitions reste toujours la même : 28 tactus - c'est-à-dire le frappé isochrone qui équivaudrait aujourd'hui au premier temps d'une mesure.

Ainsi, la première partie du motet contient 6x28=168 « noires » avec une mesure à 2x3/2. La deuxième partie contient 4x28=112 « noires » avec la mesure à 2x4/4, la troisième partie 2x28=56 avec la mesure à 4/4 et enfin la quatrième partie 3x28=84 avec la mesure à 6/4. Les durées absolues des quatre parties changent par rapport au nombre constant des tactus et sont dans les proportions 6:4:2:3, ce qui indique en même temps les mesures pour chaque section.

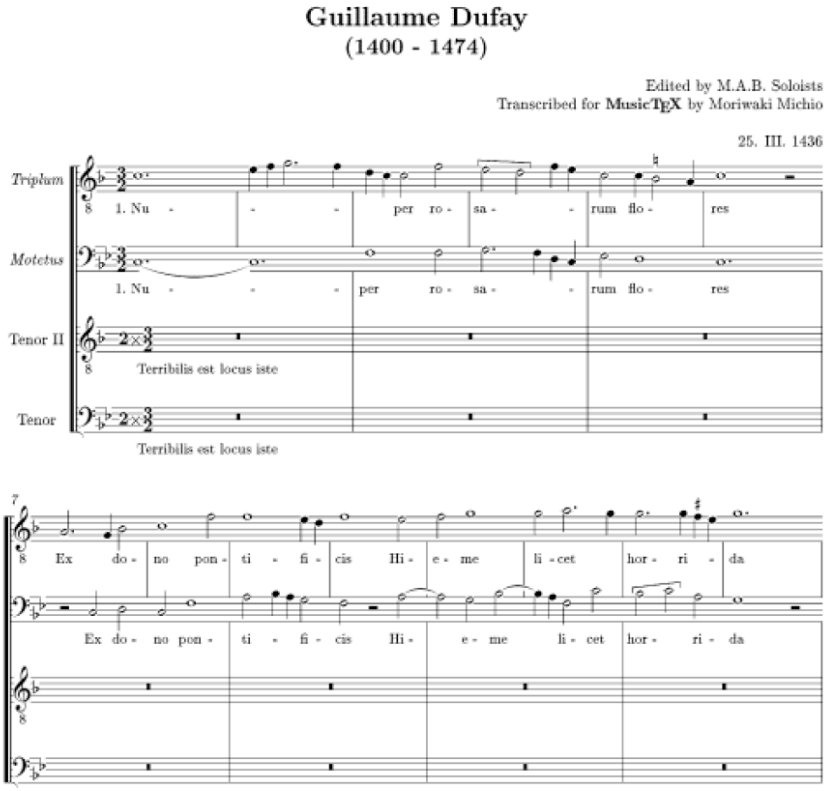

Figure II.3.2 Les premières mesures de Nuper rosarum flores.[17]

L'idée d'une relation entre la musique et l'architecture, repose sur l'étude des proportions des durées du motet et des proportions architecturales de la cathédrale. Si les mesures de la cathédrale correspondent aux proportions indiquées dans le motet, on pourra penser que Dufay a volontairement utilisé ces proportions. La difficulté étant de trouver les bonnes mesures.

D'après le plan, les mesures de la cathédrale sont les suivantes : la nef a une longueur de 77 m et une largeur de 40 m, le transept a une longueur de 90m, l'abside mesure environ 20 m et la hauteur de la coupole est de 107 m. Mis bout à bout et même arrondis, ces chiffres ne donnent pas les proportions désirées.

Une autre possibilité est donc décrite par Le Vot : mesurer les surfaces des parties de la cathédrale. On obtient ainsi les mesures suivantes « 168 dans la nef, 112

[16] Voir aussi l'analyse du motet dans (Voellmy, 1997).
[17] L'extrait de la partition électronique distribuée sur Internet (Dufay, 1996).

dans le transept, 56 dans l'abside et 84 dans la coupole de Brunelleschi » (Le Vot, 1997, p.45), ce qui donne exactement le nombre de « noires » contenues dans le motet. Les mesures sont indiquées en « brasses carrées » -la brasse étant une ancienne unité de longueur qui variait d'un pays à l'autre : environ 1,60 m en France pour 1,80 m en Grand Bretagne.

Si l'on calcule les mesures de la cathédrale en brasses à partir des mesures indiquées par Le Vot, nous obtenons environ 9 brasses pour la largeur de la cathédrale[18], ce qui nous donne environ 4,5 m pour une brasse. Il y a donc forcément une erreur quelque part. Si nous faisons le calcul de la superficie de la nef en convertissant les brasses en mètres (1 brasse = 1,8 m), nous obtenons alors pour la superficie de la nef environ 302 mètres carré ce qui n'est qu'un dixième de sa superficie réelle.

Avec autant d'incertitudes, il est difficile d'affirmer ou d'infirmer la corrélation entre les proportions des durées du motet et les mesures de la cathédrale. Il est sûrement possible, d'une manière ou d'une autre, de trouver les proportions architecturales souhaitées en relation avec le modèle.

Aux questions : est-ce que Dufay a utilisé les proportions de la cathédrale comme modèle et si c'est le cas, lesquelles ? Chaque auteur répond en fonction de sa personnalité et de sa conviction. En effet, s'il est difficile de trouver des liens, il est aussi difficile de dire qu'il n'y en a pas. Il faut se rappeler que l'époque de Dufay est celle où « ...les relations de l'architecture et de la musique s'exprimaient sous une forme allégorique » (Charles, 1998).

II.4. Kepler et l'alchimie musicale

Aux 15e et 16e siècles, la frontière entre la musique et les sciences évolue en passant par divers stades d'éloignement. Le lien entre la musique et les sciences reflète l'esprit et le niveau de connaissance de chaque époque, en même temps que l'inconscience des hommes dans leur quête pour la compréhension de l'interprétation du monde.

À cette époque, nous ne pouvons pas encore parler des sciences telles que nous les connaissons aujourd'hui. Les « scientifiques » du 16e siècle sont des humanistes et des alchimistes. Ils s'intéressent à tout ce qui gouverne le monde où ils vivent. L'alchimiste cherche à changer la matière et pour cela il doit faire des expériences sur celle-ci.

De même qu'aujourd'hui le savoir est presque exclusivement scientifique, il y a cinq siècles, le savoir était presque exclusivement alchimique. Mais ce savoir-là n'était pas destiné à tout le monde. L'imagination et le symbolisme des alchimistes contiennent ainsi un autre aspect de la corrélation entre la connaissance et les arts. La connaissance peut et doit être codée non pas pour montrer les liens et pour les expliquer, mais pour les cacher de façon à dissimuler le savoir aux yeux indésirables et à ne dispenser la connaissance qu'aux seuls initiés.

D'un autre côté, de la même façon qu'un alchimiste utilise un langage et des signes secrets pour ne pas divulguer son savoir, la nature contient des secrets que l'on ne peut pénétrer qu'en utilisant la bonne clé. Il faut donc trouver les analogies, apprendre et faire des expériences, pour ensuite exploiter les secrets de la nature.

[18] Le calcul est très simple. En simplifiant : le rapport entre la largeur et la longueur de la nef, qui est de 1/2, nous donne une largeur de x et une longueur de 2x. Nous pouvons ensuite calculer un côté du rectangle comme $(2x)x = 168$ d'où x est égal à environ 9 brasses.

Ainsi, les alchimistes vont mettre en pratique la recherche des analogies et des liens entre l'extérieur et l'intérieur de l'homme.

II.4.1. *Atalanta Fugiens* de Michael Maier

Entre 1576 et 1612, l'empereur Rodolphe II règne à Prague et fait de la ville un véritable centre de connaissances scientifiques (ou plutôt alchimiques) et artistiques. Le château de Prague voit alors défiler toutes sortes d'artistes, comme Giuseppe Arcimboldo[19] et des alchimistes[20], charlatans anonymes ou astronomes reconnus, comme en 1600 Johannes Kepler (1571-1630) ou Tycho Brahé (1546-1601) appelé à Prague en 1599.

Médecin et alchimiste, Michael Maier (1565-1622) est resté le médecin personnel de Rodolphe II jusqu'à la mort de celui-ci en 1612. Il se rend ensuite en Angleterre, où il connut probablement Robert Fludd et Francis Anthony, le disciple de Paracelse. Il passe le reste de sa vie à Magdebourg, où il publie une vingtaine d'ouvrages de caractère alchimique et hermétique dont l'*Atalanta fugitive*, plusieurs fois traduit et réédité qui est une sorte d'introduction à l'ésotérisme alchimique occidental.

II.4.2. Le mythe d'Atalanta

Le livre *Atalanta Fugiens*, édité pour la première fois en 1617, est une œuvre à part dans la littérature alchimique. Il s'agit d'une suite de 50 emblèmes, ou images symboliques, avec, pour chacun d'entre eux, un épigramme et un discours sur le thème de l'emblème qui l'accompagne. Le plus surprenant est dans le fait que chaque dessin du processus alchimique est accompagné d'une courte composition polyphonique en forme de canon appelé « fugue » dans le livre.

La composition musicale prend ainsi une valeur tout à fait particulière. Elle est placée à côté du dessin et du discours comme un procédé équivalent du partage de la connaissance. De la même manière que l'emblème, la musique est ici une forme de codage du savoir, disponible uniquement pour celui qui sait le déchiffrer. Lire et analyser la partition veut dire en même temps découvrir le message crypté par l'auteur.

L'histoire d'Atalante provient de la mythologie grecque. Le prétendant d'Atalante, fille du roi Iason, devait d'abord concourir avec elle à la course et la vaincre pour pouvoir l'épouser. Atalante étant invincible, Hippomène réussit à la vaincre, avec l'aide de la déesse Aphrodite, en laissant tomber trois pommes d'or cueillies dans le jardin des Hespérides

Pour comprendre le sens de cette légende du point de vue alchimique, il faut la considérer sous ses aspects symbolique et allégorique. Pour Michael Maier, il est ainsi question de référence à la théorie de la création alchimique des métaux, et donc en même temps de l'or, grâce aux réactions entre trois éléments essentiels pour les alchimistes : le soufre, le mercure et le sel. Ces éléments sont représentés dans la légende respectivement par Hippomène, Atalante et les trois pommes d'or, ce qui est une explication métaphorique de la création alchimique.

II.4.3. Le symbolisme des fugues

Musicalement, le symbolisme du procédé alchimique se traduit par les voix des fugues de chacune des pièces. La première est de l'ordre de la pierre de la sagesse, apparemment à portée de main et pourtant toujours en fuite, la deuxième voix est

[19]Giuseppe Arcimboldo (~1527-1593) est l'auteur des célèbres tableaux de personnages formés d'assemblage de divers objets.

[20] Le nombre des alchimistes travaillant pour Rodolphe II diffère d'une publication à l'autre, ainsi il est possible de trouver plus de 200 alchimistes ! mais le chiffre plus réaliste est d'environ 40 personnes (Vagner, 1995).

l'adepte de l'alchimie qui cherche à atteindre la pierre, la troisième est une barrière le retenant sur cette route. Cette explication concerne le personnage de l'alchimiste et l'invite à une réflexion plus générale sur ce qu'il fait et sur comment il le fait.

Il est difficile d'affirmer que toutes les fugues présentent un rapport symbolique avec les emblèmes. Avec la liberté qu'il est possible de prendre pour « expliquer » les mouvements des voix ou les procédés polyphoniques comme le rétrograde ou le miroir - accompagné de l'inversement du texte dans la partition, par exemple pour les no.45, 48 ou 49 - il est permis de tout envisager.

*Figure II.4.1 Fuga XLVI d'*Atalanta Fugiens.[21]

Ainsi, il est possible de voir dans la fugue numéro 46, et dans le mouvement de ses voix « soit droit, soit rétrograde, c'est-à-dire en commençant soit par le début, soit par la fin... le vol en sens inverse, aller puis retour, de deux aigles », comme le dit le discours qui accompagne l'emblème : « On rapporte que de Delphes, Jupiter envoya deux aigles, [l'un] vers les plages d'Orient, [l'autre] vers celles d'Occident. Comme il voulait explorer le centre du monde, dit-on, ils revinrent ensemble à Delphes. Telles sont les deux pierres, l'une du levant l'autre du couchant, mais qui s'accordent bien » (Rebotier, 1987, p.71.).

Un autre problème se présente à la transcription des pièces, en effet, toutes les fugues sont écrites avec des voix séparées. Pour leur exécution musicale, il faut d'abord transcrire les voix, c'est-à-dire trouver quelle voix commence et à quel moment, pour que le résultat définitif de l'ensemble soit correct. Dans l'ensemble, cette transcription ne pose pas de gros problème, mais quelques-unes sont traitées d'une manière particulière qui est indiquée par le titre du canon.

Le titre de la fugue numéro 46, *FUGA XLVI. Reciproca*, annonce que le traitement des voix se fait par rétrogradation. Le *cantus firmus* est lu du début à la fin et repris de la fin jusqu'au début. Les deux autres voix sont lues à l'inverse : de la fin au début

[21] La partition est tirée de l'article (Rebotier, 1987, p.63).

et ensuite du début jusqu'à la fin. Par contre, pour la fugue numéro 45 aucune solution à trois voix ne peut être obtenue si l'on suit les instructions de l'auteur.

Nous ne pouvons que constater notre impuissance devant le problème de l'explication des procédés compositionnels des canons. Ceci résulte directement du fait que le message alchimique doit être brouillé. Dans l'explication alchimique la correspondance entre ce qui est visible et ce qui ne l'est pas est allégorique et « Harmonie y apparaît notamment comme le fruit de l'union du soufre et du mercure, et la résultante « harmonieuse » du déroulement du grand œuvre » (Rebotier, p.391).

Bien que pour certains auteurs, la valeur artistique soit discutable[22], *Atalanta Fugiens* a le mérite d'être l'une des premières œuvres artistiques interdisciplinaires. Utilisant l'écriture, le dessin et la musique dans sa réalisation, l'œuvre devient ainsi l'un des lointains prédécesseurs , par son caractère de relation entre l'image, le son et le texte, de ce que l'on qualifiera beaucoup plus tard d'œuvre multimédia.

De la même manière qu'aujourd'hui, l'œuvre devait servir et aider celui qui voulait apprendre pour lui rendre la tâche plus simple et plus compréhensible. La musique et l'alchimie se trouvent entremêlées dans le but unique de la transmission des connaissances, d'où une certaine ambiguïté entre créer pour faciliter la compréhension et rendre les choses plus mystérieuses par la façon dont elles sont exposées au lecteur.

II.4.4. Kepler et les planètes qui chantent

A côté du discours symbolique des alchimistes convaincus, la théorie fédératrice de la musique des sphères perdure et connaît un développement sous différentes formes. L'application la plus connue et la plus développée de la musique des sphères due à l'astrologue et astronome Johannes Kepler (1571-1630). Celui-ci a établi dans la première moitié du 17e siècle une corrélation unique entre les observations astronomiques et la musique, bien que cela ait été très controversé et vivement critiqué.

Le travail de Johannes Kepler montre bien la diversité et le développement de la science aux 16e et 17e siècles. D'un côté astrologue et auteur de la théorie de l'hérédité planétaire, de l'autre astronome et fervent défenseur du système de Nicolas Copernic (1473-1543) mis en place plus de 70 ans auparavant, il réunit à lui seul toute la complexité du passage entre les sciences occultes et la connaissance nouvelle. Dans son œuvre, Kepler met sous une lumière critique les idées anciennes pour obtenir une connaissance nouvelle.

Ainsi en 1619, Kepler, âgé alors de 48 ans, dans son ouvrage *Harmonices Mundi* (Kepler 1979) ne se réfère plus uniquement aux suppositions pythagoriciennes et à des constructions imaginaires. Il crée des relations que l'on pourrait qualifier aujourd'hui de sonification des données. En partant de calculs mathématiques plus ou moins complexes il cherche, et finalement trouve, les sons correspondant aux mouvements des planètes du système solaire.

II.4.5. L'harmonie de la géométrie

Pour Kepler, de la même façon que pour les Pythagoriciens, il ne s'agit pas de la création d'une composition musicale, mais d'une recherche purement « scientifique ». Le travail de Kepler consiste en une simple explication de faits qui sont déjà acceptés. Ainsi, la production du son et des harmonies des sphères « ...sont

[22] C'est notamment Jacque Rebotier qui parle d'un côté « d'innombrables erreurs typographiques » et de l'autre de la « monotonie qui résulte de l'habillage répété d'un même et unique *cantus firmus* » ainsi que de la « limite de capacités d'invention contrapuntique » de Maier (Rebotier, 1987, p.56).

d'abord une conception mathématique et non pas une conception musicale » (Knobloch, 1992, p.128).

En effet, sur la base de la géométrie des polygones et des polyèdres, Kepler cherche à trouver l'harmonie, mais il s'agit ici de l'harmonie géométrique. Une fois cette harmonie trouvée, il « confronte la suite de toutes les vitesses angulaires périhéliques et aphéliques des planètes avec l'échelle des intervalles musicaux » (Knobloch, 1992, p.129). Ensuite, il sera possible de construire des lignes mélodiques définies par les vitesses respectives des planètes.

Les termes que l'on considère comme musicaux - harmonie ou intervalle - sont pris par Kepler dans leur sens géométrique. Ainsi, les distances des planètes deviennent les intervalles et les vitesses angulaires des harmonies musicales. Ce mélange de vocabulaire est tout à fait logique puisque, même si le résultat n'est pas directement audible, il ne s'agit pas d'une théorie artistique ou esthétique de la musique, mais uniquement d'un lien entre des données physiques.

Pour trouver les rapports des nombres consonants, Kepler utilise la division du cercle par un polygone inscrit à l'intérieur. Ainsi les côtés du polygone divisent la circonférence en plusieurs parties. Les rapports entre ces parties indiquent l'intervalle et la constructibilité du polygone détermine si l'intervalle est consonant ou non. Kepler a ainsi déduit sept intervalles consonants pour l'octave.

rapport	intervalle
1/1	unisson
1/2	octave
2/3	quinte
3/4	quarte
4/5	tierce majeure
5/6	tierce mineure
3/5	sexte majeure
5/8	sexte mineure

Tableau II.4.1 Les intervalles consonants de Kepler.

Les rapports obtenus ici sont purement abstraits. Pour Kepler, ces rapports sont ensuite appliqués à la musique, l'astrologie et l'astronomie. Les harmonies sont donc une réalité tout à fait objective et non une spéculation philosophique. Le scientifique et l'artiste sont mis à égalité puisque à la base leur travail est le même.

II.4.6. Écouter l'astronomie

La première loi de Kepler stipule, que les planètes se déplacent autour du Soleil sur un trajet écliptique où le Soleil est dans un des foyers. La deuxième loi indique que la vitesse de la planète n'est pas uniforme, mais change en fonction de la position de la planète par rapport au Soleil : plus la planète se trouve près du Soleil, plus grande est sa vitesse et plus elle en est éloignée, plus elle se déplace lentement. C'est

donc la vitesse de la planète qui change dans le temps et c'est justement cette vitesse qui sera prise comme paramètre pour la transformation des paramètres acoustiques.

Le tableau ci-dessous montre le système de correspondances et d'analogies qui sont utilisées pour produire des sons musicaux, c'est-à-dire des sons avec une hauteur déterminée. Les données astronomiques de Kepler sont en fait bien connues sous le nom de « lois de Kepler », publiées en 1609 dans *Astronomia nova* et, dans l'*Epitome astronomiae copernicanae,* en 1618. Une fois les mouvements des planètes calculés, il suffit de trouver des liens cohérents avec les paramètres acoustiques pour obtenir des proportions harmoniques.

nombre de vibrations de ton	la vitesse angulaire de la planète, dans son mouvement autour du soleil, mesurée en secondes de degré par jour
l'intervalle musical parcouru	mesure l'excentricité de l'orbite
la note fondamentale	correspond à celle de la planète à son aphélie

Tableau II.4.2 La correspondance entre les données astronomiques et acoustiques.

Kepler a donc le choix entre plusieurs données astronomiques pour chercher les proportions harmoniques : il est possible de prendre les rayons des orbites, les vitesses orbitales, les révolutions, etc. Son choix se porte sur les rapports de vitesse puisque la vitesse comme les intervalles musicaux concerne le temps. Pour ses calculs, Kepler décide qu'il faudrait se placer dans le soleil, pour pouvoir percevoir le son produit par des vitesses aphéliques et périphéliques vues du soleil.

Les résultats de ces calculs sont des ensembles de hauteurs (des sortes de gammes), que produisent les planètes en tournant autour du soleil et le son est ainsi produit en boucle. D'après ces données, la Terre fait davantage entendre un vibrato - un demi-ton - et Vénus une sorte de mouvement microtonal - l'intervalle est de 25:24 - (James, 1997, p.175).

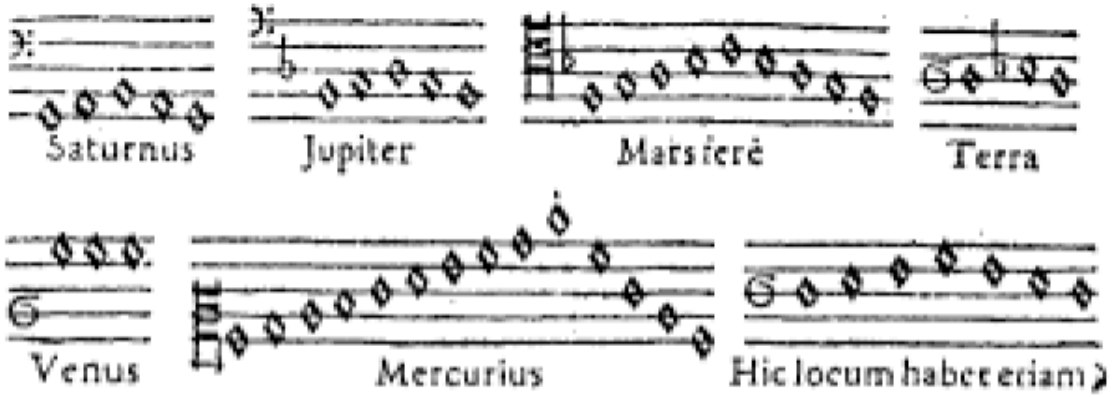

Figure II.4.2 Lignes mélodiques générées par les mouvements des planètes.[23]

En plus des correspondances physiques, le système de Kepler comporte des correspondances entre les planètes et les voix humaines. De la même façon que les

[23] La source de l'image est (Proust, 1990, p.44).

voix se divisent suivant leurs hauteurs, les planètes qui produisent aussi des hauteurs peuvent obtenir des noms de voix : soprano, ténor, basse etc. (Proust, 1990, p.42).

planète	voix
Mercure	soprano
Vénus	contralto
Mars	ténor légér
Jupiter	basse profonde
Saturne	basse profonde

Tableau II.4.3 La correspondance entre les voix humaines et celles des planètes.

Kepler ne calcule pas les hauteurs d'un son pour produire de la musique dans le sens d'une composition musicale. Il le fait de la même façon que pour des calculs acoustiques. Lorsqu'il obtient une hauteur, c'est en fait le résultat de relations géométriques d'après lesquelles les relations entre les intervalles mélodiques sont ensuite calculées. Astronomie et musique sont alors intimement liées à l'aide de l'harmonie de la géométrie.

II.5. Le calcul des mélodies et la composition automatique

S'il est possible d'établir une relation entre les paramètres d'un son et des nombres, il est aussi possible de faire des opérations mathématiques sur les sons, ou plutôt sur les nombres qui vont ensuite être traduits en notes. De la même manière que l'on fait des opérations mathématiques d'addition, de soustraction ou de nature plus complexe, il est possible d'appliquer les mathématiques tout en pensant que les opérations sont destinées à agir sur les paramètres du son lui-même.

On retrouve ainsi des opérations combinatoires - permutations, arrangements et combinaisons – dans les travaux du père Mersenne (1588-1648), pour le calcul des mélodies. Ici, le paramètre des hauteurs est pris comme un objet abstrait avec lequel il est possible de faire des opérations mathématiques comme avec n'importe quel autre objet mathématique.

Le résultat des calculs – une mélodie - est un arrangement qualitativement tout à fait différent des ensembles de hauteurs qu'obtenaient les Pythagoriciens ou Kepler. Il ne s'agit plus d'une gamme, dans laquelle il est possible de puiser pour créer une mélodie, mais d'une mélodie déjà construite. Il est donc possible à partir d'un calcul, appelé aussi algorithme, de créer de la musique et donc de composer !

II.5.1. Les calculs de Guido

Ce n'est pas le père Mersenne qui a inventé le calcul et la création automatique des mélodies. Pour trouver l'une des premières personnes à proposer une méthode pour construire les chants, pour des raisons tout à fait pratiques, il faut remonter presque sept siècles en arrière, à l'époque où Guido d'Arezzo (~995-~1050) a écrit son *Micrologus*.

Pour Guido, le premier problème à résoudre était la possibilité de retransmettre des chants et de les faire apprendre le plus rapidement possible par les chantres. Grâce à ses inventions, il est devenu possible « ...de former un excellent chantre en l'espace d'un an, ou tout au plus deux », alors qu'auparavant on ne pouvait acquérir, même en dix années d'étude, « qu'une connaissance imparfaite du chant » (Hoppin, 1991, p.79).

Il fallait également trouver un moyen de sauvegarder les mélodies pour pouvoir les exécuter dans un autre lieu. Si l'on considère que, pour apprendre un chant, il était d'abord nécessaire de l'entendre, la grande nouveauté était évidemment que les chantres pouvaient désormais lire et exécuter des mélodies qu'ils n'avaient jamais entendues auparavant (Hoppin, 1991, p.79).

Guido décrit, vers 1026, dans son traité *Micrologus*[24], le système qui permet non seulement de chanter ce qui est déjà écrit, et de plus d'« inventer » le chant à partir du texte. Guido conçoit ainsi dans la première moitié du 11e siècle, une sorte d'automate musical. Il faudra attendre plusieurs siècles pour voir ressurgir cette idée de composition automatique.

L'idée de Guido est très simple, mais pour y arriver il lui fallait remplir deux conditions : 1) avoir un système de solmisation ; 2) avoir une écriture musicale simple. Une fois ces deux conditions réunies, il fallait encore avoir un niveau d'abstraction assez élevé pour pouvoir échanger les voyelles d'un mot par les hauteurs des sons. Ainsi, la voie de la composition automatique était ouverte.

Guido décrit son système de création des mélodies dans le chapitre dix-sept de son *Micrologus*. Il établit une correspondance entre les voyelles *a, e, i, o, u* et les notes dans un espace d'environ deux octaves et demie. Puisqu'il y a moins de voyelles que de notes dans une octave, la même voyelle représente différentes hauteurs de notes. Il suffit d'attribuer les voyelles du texte aux différentes hauteurs en suivant le schéma et de les chanter comme l'indiquent les correspondances pour créer une nouvelle mélodie.

Figure II.5.1 Création d'une mélodie avec le système de Guido.[25]

Mais Guido améliore encore son système. Par son principe de correspondances univoques, l'algorithme précédent ne permet pas de chanter la même hauteur avec différentes voyelles. Pour remédier à cela, Guido ajoute une deuxième suite de voyelles identique à la précédente, mais décalée de deux rangs par rapport à la suite initiale. Il devient alors possible d'attribuer des hauteurs différentes à une même voyelle. La personne qui chante a ainsi le choix de la hauteur. La mélodie devient beaucoup plus souple et le chanteur devient un « compositeur » potentiel.

Guido propose ainsi un système pratique et souple de création et de construction de chants dont le principal avantage est la simplicité d'emploi[26]. La

[24] Il est possible de consulter les textes de plusieurs éditions de Micrologus sur TML (THESAURUS MUSICARUM LATINARUM) sur Internet à l'adresse: http://www.music.indiana.edu/tml/start.html

[25] L'image est tirée de TML et la source est : Patrologia cursus completus, series latina, ed. J. P. Migne, 221 vols. (Paris: Garnier, 1844-1904), 141:379-406.

raison pour laquelle il est arrivé à ces résultats est le départ très pragmatique de ses recherches.

Pour Guido, une des questions les plus importantes a été : de quelle manière peut-on apprendre le chant le plus rapidement possible et avec les meilleurs résultats ? C'est essentiellement pour cette raison que ses idées ont rencontré autant de succès.

Parmi toutes ses inventions, Guido nous laisse un système de construction mélodique qui établit les antécédents d'une composition algorithmique. Il ouvre la voie à la construction quasi automatique d'une mélodie et par là à la composition que l'on nommera beaucoup plus tard la composition automatique ou algorithmique. Nous ne pouvons qu'être admiratif devant un procédé qui date de la première moitié du 11e siècle.

II.5.2. Les automates musicaux

Quelques règles écrites suffisent pour pouvoir « composer » avec le procédé de Guido, permettant la création d'une mélodie d'après le texte. L'application de ces règles est presque mécanique et l'on peut se demander s'il n'est pas possible de produire une telle mélodie mécaniquement, à l'aide d'un automate.

Des automates étaient déjà construits durant l'Antiquité. Dans la plupart des cas, il s'agissait de systèmes hydrauliques. Par exemple, Archimède a inventé la vis qui porte son nom, Ktesibios a perfectionné l'horloge et l'orgue hydraulique et Héron d'Alexandrie indiqua les procédés de construction d'un grand nombre d'automates.

La mode des automates est arrivée en Occident pendant les croisades, au 13e siècle, c'est également à cette époque que l'horlogerie s'est développée. A la suite de quoi, des jeux d'eau et des automates ont été installés dans les jardins pour l'agrément de leurs propriétaires. Techniquement, il serait même devenu possible de construire des automates de forme humaine (peut-on parler d'androïdes ?) comme celui qui aurait été construit par Albert le Grand au 13e siècle, ou comme l'« homme de fer » qui valu à Roger Bacon (1212-1292) d'être accusé de sorcellerie pour sa création.

Au 17e siècle, toutes les conditions sont réunies pour créer, inventer et construire des machines et des automates qui peuvent non seulement imiter le mouvement mais aussi produire des sons. Les mathématiciens comme Blaise Pascal (1623-1662) s'intéressent à l'art combinatoire et aux probabilités. Le « terrain » est prêt, du point de vue théorique, pour commencer à exploiter le hasard dans la composition.

C'est ainsi, que Athanase Kircher (1602-1680) peut proposer sa méthode de combinaisons des tables « mélotactiques » pour produire de nouvelles harmonies. Le système, qui permettra ensuite la construction des caisses musicales (arca musurgia), décrit par Kaspar Schot dans *Magie universelle* et *Organum Mathematicum* (Le Vot, 1997). Ces caisses musicales permettent de composer de la musique sans aucune connaissance, ni enseignement théorique préalable.

---

[26] Nous ne pouvons pas traiter ici des « Inventions » qui sont d'ailleurs bien connues, comme la solmisation, l'écriture musicale ou la méthode mnémotechnique appelé aussi la main de Guido.

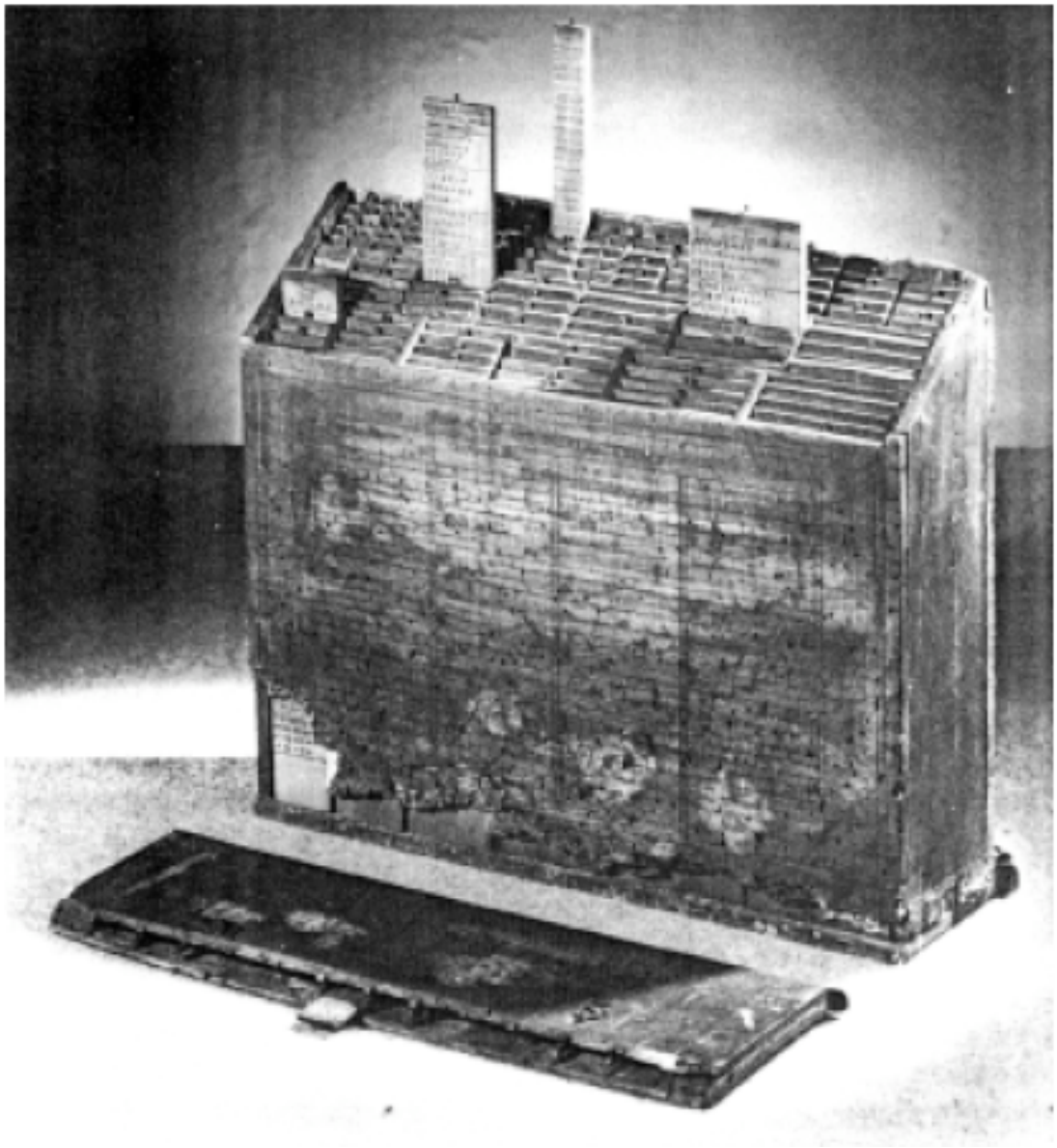

Figure II.5.2 La machine à composer, attribuée à Athanase Kircher[27].

La maîtrise des automates conduit à la question suivante : Qu'elle musique jouer avec une telle machine ? Deux possibilités se présentent : soit considérer la machine en tant « qu'interprète », soit exploiter la possibilité de « composition automatique ».

Il est possible d'écrire une musique originale ou de retranscrire une musique déjà composée, qui sera tout simplement exécutée par la machine. Le système est certes très rudimentaire, mais il fonctionne.

Il est tout à fait naturel que des compositeurs, et non des moindres, aient écrit des pièces pour des automates musicaux. Ainsi, « Carl Philipp Emanuel Bach compose de nombreuses pièces pour les cylindres d'automatophones... » et Joseph Haydn, tout comme Wolfgang Amadeus Mozart, écrit des pièces et des « ... sonates pour machines à musique notées sur le cylindre... » (Szendy, 1996).

Composer pour un automate reste un acte de composition. La différence est que la production sonore n'est pas assurée par un musicien, mais par une machine. Le

[27] L'image est tirée de (James, 1997).

compositeur note la musique sur un support qui n'est pas le papier et est confronté à d'autres contraintes que celles du jeu instrumental. Les règles de la composition ne changent pas en fonction de l'interprète et il en va de même pour un interprète mécanique.

Une autre solution consiste à faire créer les compositions par les automates eux-mêmes. En reproduisant certains procédés imitant le processus compositionnel, il est possible, non seulement, de faire produire de la musique à un automate mais aussi de la lui faire composer.

La caisse musicale de Kircher était une machine à composer, mais la machine la plus aboutie a sûrement été le *componium* de Diederich Winkel, réalisé dans la première moitié du 19e siècle. Le *componium* « est un « improvisateur mécanique » basé sur des mécanismes d'horlogerie et qui a l'avantage de posséder une sortie sonore directe utilisant des tuyaux d'orgues » (Assayag, 1998). La machine pouvait ainsi composer des variations sur un thème donné sans une intervention de l'extérieur (Bertok, 1989).

L'automate devient ainsi un « compositeur-interprète ». L'art n'est plus de composer ou de jouer, mais de créer la machine et de lui trouver un modèle adéquat pour imiter le processus compositionnel. Ce modèle est ensuite « traduit » pour que la machine puisse l'exécuter. Cette traduction est purement mécanique et une fois la machine créée il n'est plus possible de changer de modèle compositionnel. Il faudra attendre le 20e siècle et l'arrivée des calculateurs pour pouvoir programmer avec un modèle choisi et modifié en fonction des besoins.

II.5.3. Les jeux de dés et la composition

La caisse musicale contient un mécanisme physique qui est construit pour exécuter mécaniquement un certain nombre de règles prédéfinies. Cela dit, il est possible de se passer d'un appareil aussi encombrant et de trouver d'autres moyens pour produire une composition à l'aide d'un algorithme. Se débarrasser de la machine qui exécute un algorithme revient à créer un programme ou un « automate incorporel »[28].

[28] C'est le nom utilisé par Pierre Barbaud (Barbaud, 1966).

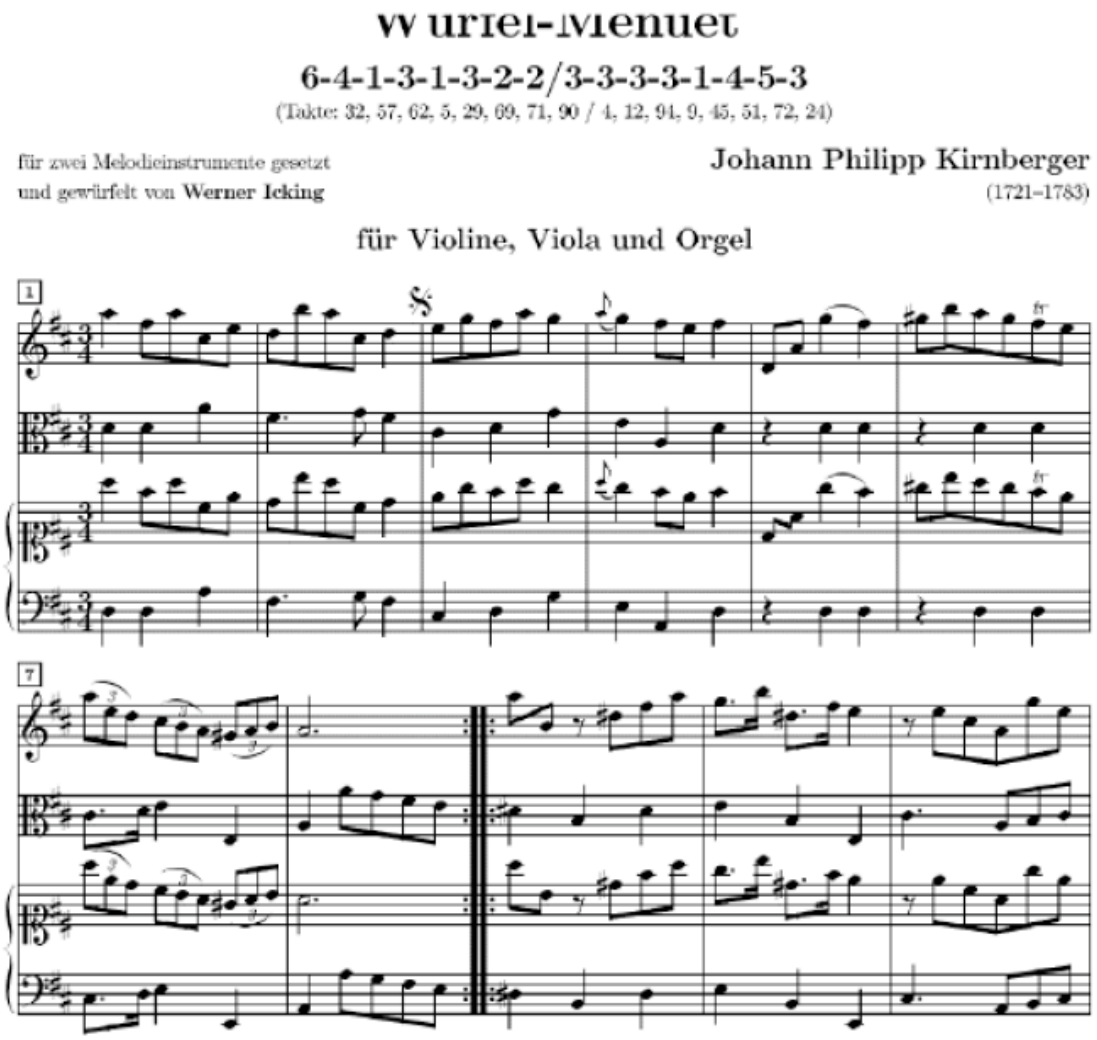

Figure II.5.3 Premières mesures d'une version de menuet composé avec des dés.

C'est ainsi que l'on retrouve, dans la deuxième moitié du 18e siècle, des valses, des menuets et d'autres formes musicales « composées » à l'aide de dés et de mesures pré-composées sur une feuille de papier. À côté de compositeurs aux noms aujourd'hui oubliés comme Johann Philipp Kirnberger qui a publié la méthode pour composer les valses et les polonaises (Kirnberger, 1757), on retrouve des compositeurs aussi célèbres que Joseph Haydn, Philipp Emanuel Bach ou Wolfgang Amadeus Mozart (Ruttkay, 1997).

Le principe de tels « jeux » musicaux est relativement simple. On dispose des mesures pré-composées et numérotées les unes à la suite des autres. On attribue une fonction harmonique à chacune de ces mesures : la tonique, la dominante, la subdominante, etc... Ensuite, on construit une table qui représente la composition avec ses mesures, la plupart du temps, avec deux fois huit mesures. Chaque mesure est porteuse d'un contenu harmonique tonal déterminé par avance, comme la tonique à la première mesure ou la dominante à la huitième mesure. Ce contenu harmonique peut être substitué par une des mesures pré-composées.

Le jeu consiste à choisir, au hasard, une mesure parmi celles qui peuvent remplacer la mesure du modèle harmonique de la future composition. Une fois le choix effectué pour la première mesure, on substitue la deuxième mesure et ainsi de suite. La méthode servant à générer le hasard est tout à fait arbitraire ; pour une

question de commodité, les jeux utilisent le plus souvent des dés pour tirer un numéro. C'est ce numéro qui détermine la mesure de substitution.

L'utilisateur a un choix de mesures pré-composées qui sont l'œuvre du compositeur. Celui-ci décide, d'après le modèle utilisé, quelles sont les possibilités qui se présentent pour une mesure donnée, et, quelles vont être les mesures de « remplacement ». L'utilisateur n'effectue que des permutations entre les possibilités déterminées par le compositeur.

L'acte de composition se divise ici en deux parties. D'un côté, le modèle sélectionné permettant de choisir parmi les mesures de substitution - dans ce contexte, le choix du modèle est un acte compositionnel. De l'autre, le contenu musical des mesures de remplacement. Il est intéressant de constater qu'une fois le modèle du processus trouvé, il suffit de produire des versions différentes des mesures de remplacement. Plusieurs compositeurs peuvent ainsi utiliser le même modèle pour composer et obtenir des résultats musicaux différents.

Par rapport aux modèles exposés précédemment, les jeux présentés ici donnent une solution pour produire des compositions entières. En effet, il ne s'agit plus de générer des valeurs et des paramètres sonores au niveau des notes comme c'était le cas pour les gammes musicales. Les jeux travaillent directement avec des événements sonores complexes qui sont déjà un assemblage de notes et donc avec certaines des relations horizontales et verticales entre ces notes.

L'opération s'effectue à un niveau hiérarchique plus élevé que celui des notes. Ceci est rendu possible par la substitution d'une mesure entière par une seule fonction tonale. C'est la tonalité, par sa qualité de groupement de notes dans des ensembles plus grands, qui permet l'utilisation des modèles aléatoires et la création de ce genre de jeux musicaux.

Ces jeux connaîtront un grand succès et on assistera à une généralisation, presque à une banalisation, de ces procédés. Pour tous les compositeurs produisant ce genre de « jeux », la composition automatique pratiquée ainsi est une méthode pour composer « ...sans avoir la moindre connaissance de la Musique ou de la Composition » (coll. 1983, p.107). C'est le credo de presque tous les systèmes qui proposent de « composer » à l'aide de règles non musicales.

C'est un changement radical dans l'application des procédés extra-musicaux. Il ne s'agit plus de convertir ou de transcrire des données de natures diverses, mais d'utiliser les propriétés d'un algorithme issu des mathématiques pour générer une structure musicale entière et cohérente. Beaucoup de compositeurs connus et moins connus ont utilisé la composition automatique. Il est à noter, que le procédé automatique de création d'une composition musicale n'a, à cette époque, aucun aspect déshonorant comme ce sera le cas plus tard. Le procédé est alors un moyen comme un autre de créer une partition. La composition automatique - ou algorithmique - crée ainsi un deuxième type de recherche de modèles non musicaux.

Il existe des « formules » qui par une correspondance habile des paramètres, peuvent engendrer un discours musical. La deuxième moitié du 20^{e} siècle va connaître le développement de deux approches : d'un côté les modèles pythagoriciens, où les données externes à la musique sont converties en paramètres musicaux, et de l'autre les modèles issus du calcul algorithmique où une formule mathématique conduit à création d'un processus compositionnel.

II.6. Le 20e siècle

Durant le 20e siècle et surtout dans sa deuxième moitié, on assiste à une sorte d'exploration de toutes les possibilités offertes. Les procédés de la composition algorithmique, la formalisation de processus compositionnel et d'analyse, la recherche de nouveaux modèles ou la recherche scientifique d'une représentation sonore des données seront utilisés.

Le dénominateur commun à une telle expansion est le développement des sciences exactes et l'arrivée de l'ordinateur après la deuxième guerre mondiale. La vie quotidienne dépend de plus en plus de l'évolution technologique et les sciences semblent détenir la vérité absolue sur le monde. Les compositeurs se tournent vers les nouvelles technologies comme vers un moyen d'expression - voir les débuts de la musique électroacoustique, concrète, électronique. Ils cherchent aussi à dégager les automatismes qui existent dans le processus compositionnel et, par là, essaient de trouver de nouveaux modèles pour créer et composer la musique.

II.6.1. Les combinatoires dodécaphoniques

Dans les années vingt Arnold Schönberg (1874-1951) compose les premières pièces dodécaphoniques. Ce sont les débuts d'un système qui fonctionne avec des règles directement empruntées aux mathématiques : combinaisons et permutations. Ce système adopté par la communauté musicale des années cinquante, permettra toutes sortes d'applications mathématiques et de formalisations de systèmes et de processus compositionnels plus ou moins généraux ou personnalisés.

Pour Schönberg, il s'agit d'un processus tout à fait logique puisque « la tonalité n'est pas un postulat imposé par un contexte naturel, mais bien l'exploitation particulière de conditions naturelles ; c'est un produit artificiel » (Schönberg, 1977, p.220). Ce raisonnement conduit le compositeur à créer son propre système et à le valider par ses compositions. Pour cela, il doit concevoir ou trouver un modèle, ou plutôt un ensemble de règles qui vont servir de modèle lors de la composition.

Schönberg introduit la série dodécaphonique qui est identifiée à un ensemble de 12 nombres avec lesquels il réalise des opérations mathématiques dont les résultats sont utilisés pour tous les paramètres sonores. L'équilibre entre le processus musical et le processus numérique devient extrêmement difficile à trouver. Les compositeurs travaillent avec des systèmes très éloignés de la composition musicale dans son sens traditionnel.

Très vite les compositeurs inventent leurs propres « variantes et ajustements ». En généralisant le principe de la création des séries, il est possible d'appliquer ces séries sur d'autres paramètres que les hauteurs comme la durée, le timbre ou la dynamique. Pour cela, les compositeurs ne travaillent plus avec les notes en tant qu'entités contenant ces paramètres, mais séparément avec chaque paramètre des notes. La réunion de ces paramètres, c'est-à-dire leur synthèse va donner un événement sonore finale : une note.

En 1949 et 1950, Olivier Messiaen (1908-1992) compose *Quatre Etudes de rythme* pour piano. Une des pièces de ces études, *Mode de valeurs et d'intensités* composée en 1949 à Darmstadt, contient un matériau musical particulièrement structuré. Presque tous les paramètres sonores sont organisés en séries, c'est-à-dire que les valeurs des paramètres forment des séquences que le compositeur nomme les modes.

La figure ci-dessous montre des séries d'attaques, de dynamiques et de durées employées dans la composition. Le compositeur n'utilise pas le même nombre de valeurs dans les séries. Ainsi, la pièce « ...utilise un mode de hauteurs (36 sons), de

valeurs (24 durées, d'attaques (12 attaques), et d'intensités (7 nuances) »[29]. Chaque note se voit attribuer l'une des valeurs de chacune des séries. Le compositeur procède méthodiquement à la création de ces « modes » qui sont le résultat des croisements des séries de paramètres.

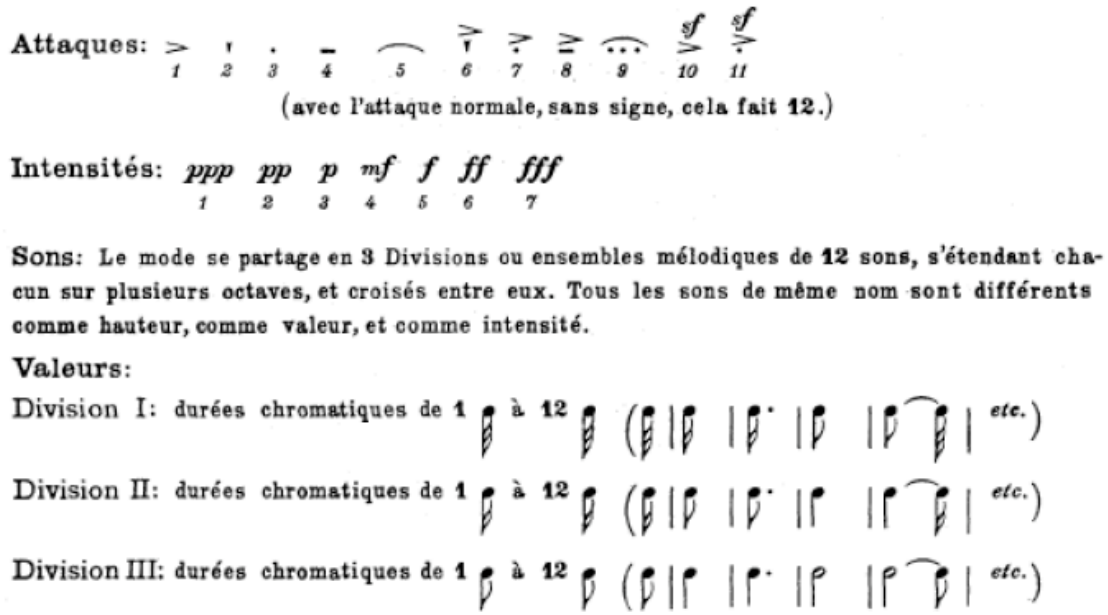

Figure II.6.1 Séries dans Mode de valeurs et d'intensités.

Comme nous pouvons le constater, chacune des valeurs de la série est identifiée à un numéro. À partir de là, il est possible d'imaginer des opérations mathématiques sur ces nombres. Les résultats de ces opérations peuvent être ensuite retransformés en valeurs de paramètres du son et utilisés comme matériau musical. Ces opérations sur les nombres représentent les opérations sur les paramètres eux-mêmes, il est alors facile d'effectuer un calcul mathématique qui devient le modèle, pour ensuite utiliser ses résultats dans le processus compositionnel.

De nombreux compositeurs exploitent les séries et les opérations mathématiques – en général, du calcul combinatoire ou des opérations mathématiques très simples – mais, en même temps, ils sont assez réticents à l'introduction plus marquée de modèles externes à la musique. C'est pourtant le principe de ce système qui amène les compositeurs à utiliser les modèles et les données extra musicales. Il y a donc une certaine contradiction entre le processus compositionnel utilisé et la volonté de rester dans le seul domaine artistique.

Ainsi, les appels comme celui de Boulez pour « ...fonder des systèmes musicaux sur des critères exclusivement musicaux - et non passer, par exemple, de symboles numériques, graphiques ou psycho-physiologiques à une codification musicale (sorte de transcription) sans qu'il y ait de l'une aux autres la moindre notion commune » (Boulez, 1963), sont une sorte de mise en garde pour des compositeurs trop aventureux dans le domaine des applications extra musicales. Mais une mise en garde assez difficile à accepter de la part de quelqu'un qui va plus tard utiliser le code Morse pour une de ses compositions[30] et qui, en 1974, fondera l'IRCAM - l'institution pour la recherche interdisciplinaire entre les compositeurs, les musiciens et les scientifiques.

[29] Messiaen O., Mode des valeurs et d'intensités, Editions Durand & Cie, 1949, 11p.
[30] Boulez P., Messagesquisse, pochette du disque, Chant du Monde LDX 786861, Ensemble 2E2M, direction P. Mefano

Figure II.6.2 La transformation des lettres en nom de notes et code Morse.

En effet, la composition *Messagesquisse*[31], composée en 1976, utilise le code Morse pour générer le matériau musical de la composition. Boulez utilise pour cela le nom du chef d'orchestre et mécène Paul Sacher. Le matériau musical est alors une application directe de données qui n'ont aucune relation avec la musique.

Comme on peut le voir sur la figure, le matériau de la pièce provient de la sonification d'un nom suivant quelques procédés très simples. Boulez transforme en premier lieu chaque lettre du nom de Sacher en noms de notes suivant le système de solmisation qui lui convient. Il utilise le système allemand et pour la lettre R il attribue le nom de la première lettre de la note Ré. Les durées des notes et le rythme sont obtenus en traduisant les lettres en code Morse. Boulez utilise les durées relatives de chaque code Morse pour obtenir les proportions des durées d'un ensemble de notes.

L'utilisation de la série des valeurs d'un paramètre du son conduit à étendre le procédé aux autres paramètres sonores. De plus, les compositeurs établissent des relations entre les valeurs des paramètres sonores et les nombres entiers, ce qui permet d'effectuer des opérations mathématiques sur ces mêmes paramètres à travers leurs représentations numériques.

Une fois ce développement accompli, rien n'empêche de chercher des données externes pour créer des séries de paramètres. Il est logique de voir apparaître toutes sortes de modèles, la plupart très symboliques, pour construire une série. Cela produit une certaine tension entre le processus musical et le processus de création du matériau musical. Cette contradiction est difficile à résoudre puisque c'est le fondement même de ce type de processus qui pousse les compositeurs à engendrer le matériau par des moyens extra musicaux.

[31] Boulez P., Messagesquisse, pour 7 violoncelles, Universal Edition, Viena, 1977

II.6.2. Les spectres acoustiques

L'acoustique reste logiquement la science privilégiée de tout musicien et compositeur. C'est la science du phénomène sonore sans lequel la musique, elle-même n'existerait pas. Mais ce lien intime est tellement transparent et naturel que les compositeurs oublient parfois que l'acoustique est une science qui relève de la physique et que par conséquent elle est une science et non un art.

C'est pour le moins surprenant de voir l'un des représentants de la musique spectrale - qui par conséquent puise ses sources dans l'acoustique des instruments et dans l'analyse de leurs spectres par des moyens on ne peut plus scientifiques - écrire : « Nous somme des musiciens et notre modèle est le son et non la littérature, le son et non les mathématiques, le son et non le théâtre, les arts plastiques, la physique des quantas, la géologie, l'astrologie ou l'acupuncture ! » (Grisey, 1986, p.18). Et ceci, même s'il parle en même temps de « ...changement d'échelle, c'est-à-dire au passage du monde microphonique au monde macrophonique » (Grisey, 1986, p.17), ce qui rappelle étrangement le monde des objets fractals et leur invariance sur le changement d'échelle...

Cette attitude illustre bien l'ambiguïté avec laquelle le compositeur accepte l'influence des connaissances scientifiques sur le monde de l'art, et, en même temps, la difficulté de ce rapprochement qui semble pour beaucoup presque non naturel, ou tout simplement artificiel. Même en appliquant les derniers résultats scientifiques des mesures et de l'analyse d'un phénomène naturel, le son, les compositeurs gardent une certaine méfiance envers les théories unifiant les modèles et les données extra musicales.

Ainsi que dans tous les nouveaux courants, les compositeurs de musique spectrale ont commencé par la négation des idées de leurs prédécesseurs. Gérard Grisey (1946-1998) donne des cours à Darmstadt en 1984 et publie l'article dont nous avons cité les extraits. Tristan Murail, un autre compositeur, représentant de la musique spectrale, publie un article où il analyse sa composition *Désintégrations,* et en même temps, il souligne son désaccord avec la musique qui « ...confond le phénomène sonore et sa représentation » (Murail, 1984, p.168).

Cela ne veut pas dire que les compositeurs de musique spectrale ne travaillent pas avec des modèles, bien au contraire. Le problème ne se situe pas au niveau de l'utilisation des modèles en général, mais au niveau du choix du modèle qui correspond réellement au processus compositionnel. Tous les modèles ne conviennent pas à une utilisation dans la composition musicale, mais il y en a un qui convient particulièrement bien : c'est le modèle de la description du son par une analyse spectrale. Les données de l'analyse spectrale peuvent alors servir pour produire soit le matériau, soit toute une partie de la composition.

Entre les années 1974 et 1985, Grisey compose un cycle des pièces *Les Espaces Acoustiques* dont les titres décrivent bien la provenance de leurs modèles. Ainsi nous pouvons trouver les pièces nommées *Périodes* (1974), *Partiels* (1975), *Modulations* (1976-1977) ou *Transitoires* (1980-1981). Le modèle de chaque pièce provient d'une problématique spécifique en acoustique.

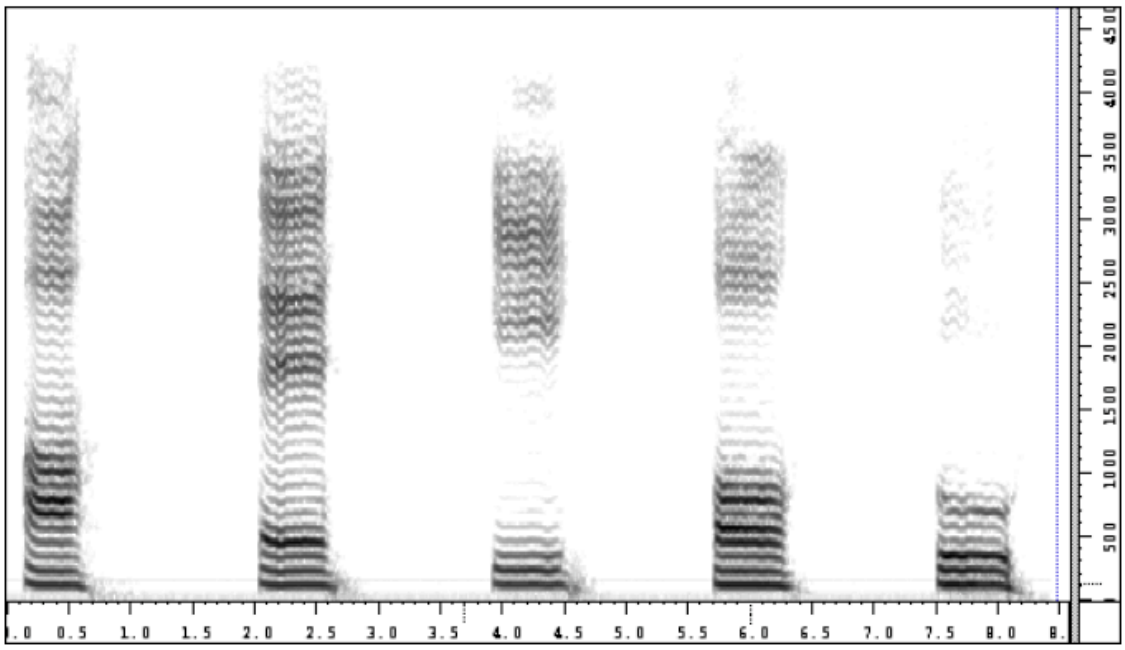

Figure II.6.3 Sonagramme des voyelles a, e, i, o, u.

Une des sources du travail de composition est le spectre des sons. Pour cela, le compositeur dispose d'un outil de représentation du son appelé le sonagramme qui traduit le son en image. Sur ce genre d'image, nous pouvons observer le contenu d'un son complexe, composé de plusieurs sons simples - des sons sinusoïdaux. Chacune des sinusoïdes a une hauteur, une durée et une dynamique, mais les valeurs de ces paramètres ne sont pas constantes et varient dans le temps avec l'évolution du son. Une telle analyse et son image suggèrent tout naturellement la comparaison avec une composition musicale où l'on peut retrouver une évolution analogue des paramètres, mais à un niveau plus élevé dans la hiérarchie.

Figure II.6.4 Transcription d'un spectre en notation traditionnelle.[32]

Dans la composition *Périodes*, Grisey utilise les résultats des analyses spectrales pour déterminer les paramètres des notes. Les fréquences des partiels les plus significatifs du son déterminent les hauteurs des notes et leurs évolutions respectives dans le temps déterminent les positions, les durées et la dynamique de ces notes. Nous montrons un exemple d'une telle transcription des données sonores en notation musicale.

Mais l'application des résultats des analyses spectrales ne s'arrête pas à la création des accords. Les données ainsi obtenues peuvent servir comme modèle même pour la forme globale de la composition. Tristan Murail en donne un exemple pour sa pièce *Désintégrations* (1982) dans son article *Spectres et lutins* (Murail 1984). La

[32] Cette image est tirée du livre (Fichet, 1996, p.322).

figure ci-dessous montre le schéma correspondant à la fin de cette pièce. La durée du processus représenté par l'image est d'environ 3 minutes.

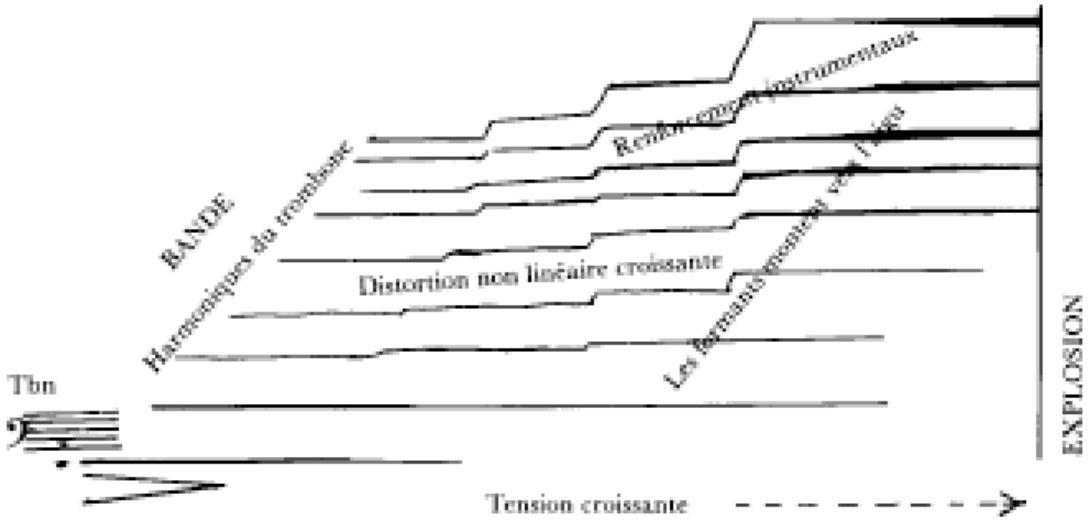

Figure II.6.5 Le schéma du processus de la pièce Désintégrations.

La musique spectrale montre l'intérêt d'un modèle qui peut être appliqué aux différents niveaux de la composition. Les compositeurs l'utilisent pour déterminer les paramètres des événement élémentaires, c'est-à-dire des notes, et montrent qu'il est également possible d'appliquer le même modèle à la forme de la composition. Cette possibilité vient du choix du modèle. Il est, en fait, lui-même divisé et structuré de telle manière, qu'il suggère directement des analogies pour son application à la composition. La seule remarque que l'on puisse faire est qu'il y a peut-être d'autres modèles avec la même structure interne qui peuvent servir le compositeur, mais dont le défaut est de ne pas être en rapport direct avec le son.

II.6.3. La musique stochastique

Les compositeurs spectraux ne sont bien sûr pas les seuls à revendiquer le choix de modèles extra musicaux et leurs applications. D'autres compositeurs arrivent à des résultats qui ne permettent pas de douter des liens qui unissent ces deux mondes. Ainsi, Iannis Xenakis croit que « ...cette fois musique et architecture ont trouvé une correspondance intime » (Xenakis, 1981a, p.23), et que « les questions abordées dans *Musiques Formelles* semblent ne pas avoir été contredites ni dépassées nulle part, loin de là,... » (Xenakis, 1981a, p.115).

Cette attitude peut paraître un peu paradoxale si l'on tient compte du fait que si Xenakis « ...fait appel à l'ordinateur pour s'aider à composer à partir de modèles stochastiques, ...il se réserve une certaine latitude dans l'emploi des résultats » (Risset, 1983, p.126). Cette remarque réapparaît en fait à chaque fois qu'un compositeur ne suit pas jusqu'au bout ses propres règles. Il est effectivement difficile à admettre que quelqu'un puisse afficher une certaine attitude vis-à-vis d'un problème donné, pour la transgresser aussitôt. Mais ceci peut aussi n'être qu'une simple incompréhension des explications que fournit le compositeur sur sa méthode de travail.

En 1954, Xenakis critique déjà très sévèrement le système sériel. Pour lui, « la polyphonie linéaire se détruit d'elle-même par sa complexité actuelle » (Xenakis, 1954). Pour Xenakis, le résultat d'un procédé aussi complexe ne produit finalement que des « amas de sons », aussi, il décide de les contrôler globalement et parle de « nuages de sons ». Pour cela, il lui faut un modèle correspondant, un modèle qui ne prend pas en compte les détails, mais la globalité d'un processus. Il trouve un tel

modèle dans la théorie des probabilités et propose ainsi dans ses écrits la théorie de la musique stochastique[33].

Dans les années 1956 et 1957, Xenakis compose *Achorripsis* pour 21 instruments, qui sera joué pour la première fois en 1958, à Buenos-Aires, par Hermann Scherchen. La particularité de cette pièce est qu'elle est presque entièrement formalisée et que le procédé de cette formalisation ainsi que le modèle probabiliste sont décrits dans l'article *À la recherche d'une musique stochastique* qui sera plus tard intégré dans le livre *Musique Formelles* (Xenakis, 1981a).

Xenakis décrit l'exploitation et l'utilisation de la théorie des probabilités et particulièrement d'un calcul spécifique nommé la loi de Poisson. Cette loi décrit la probabilité qu'ont un ou plusieurs événements de se produire dans un temps donné. Il est donc possible d'évaluer la probabilité qu'un événement se produira une, deux, trois fois ou plus, ou qu'il ne se produira jamais.

L'événement est ici tout simplement un événement sonore. Il suffit de choisir une unité de temps et la durée totale, exprimée en multiple de cette unité, ainsi que la densité moyenne des événements par unité de temps pour obtenir les durées pendant lesquelles il va se produire un, deux, trois, quatre ou zéro événements sonores. Nous obtenons ainsi le modèle - la loi de Poisson, avec les variables choisies par le compositeur - la densité moyenne et la durée totale. Le compositeur peut changer les variables en fonction des résultats obtenus, il a donc le contrôle sur le résultat final de l'utilisation de son modèle.

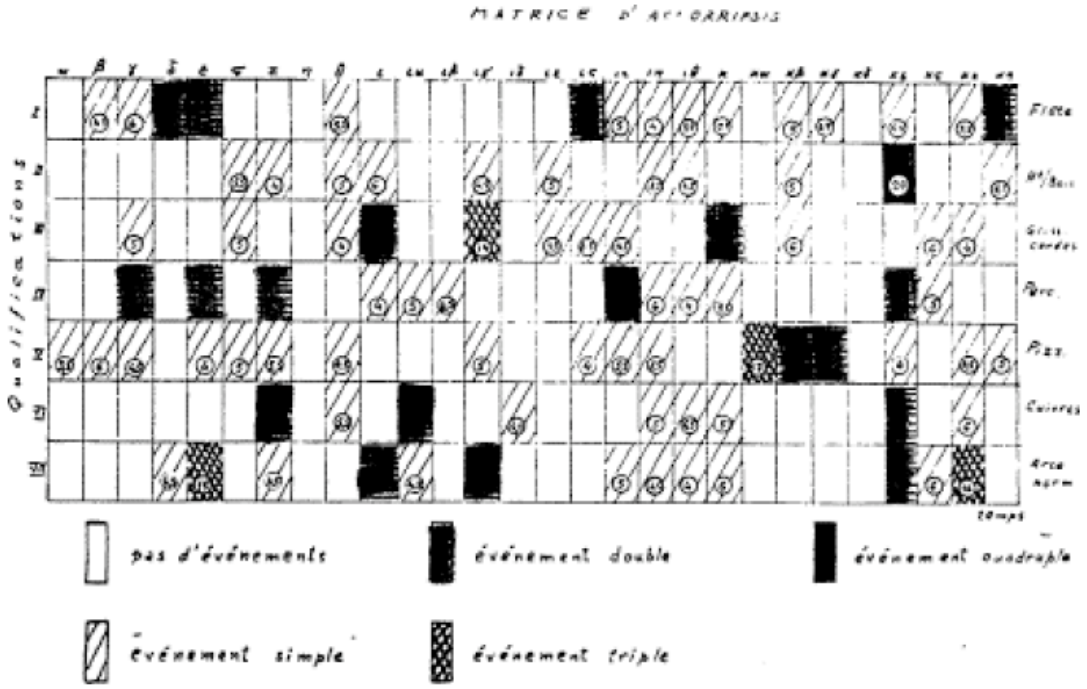

Figure II.6.6 Matrice de la distribution des événements au niveau global dans Achorripsis.

Le calcul et le contrôle du processus ne s'arrêtent pas au niveau global de la pièce. La composition contient plusieurs niveaux qui sont ses propres divisions. Il est possible d'appliquer le modèle probabiliste à tous les niveaux, depuis la « macrocomposition » jusqu'à la « microcomposition ». Il existe alors une certaine cohérence interne entre la forme globale de la pièce et ses parties puisque c'est le même modèle qui génère la distribution des événements sonores à tous les niveaux.

[33] Pour consulter les théories de Xenakis voir ses livres (Xenakis, 1976) et (Xenakis, 1981a) où il décrit en détail l'utilisation de diverss modèles issus des mathématiques et de la physique.

Sur le schéma de distibution des évènements de la pièce présenté par Xenakis, chaque colonne représente une unité de temps qui à son tour représente environ 6 mesures dans la partition. Les rangées représentent les groupes de timbres de l'orchestre. La figure montre le résultat de la distribution probabiliste à l'intérieur de la pièce. Les cases blanches ne contiennent pas d'événements sonores, plus la case est noircie plus elle contient d'événements.

Figure II.6.7 Les premières mesures de la partition Achorripsis[34].

Le résultat final des calculs est donné sous forme de partition. Les premières mesures de la partition sont représentées ci-dessus. Nous pouvons ainsi comparer la correspondance entre les deux premières colonnes de la matrice et la partition. Les six premières mesures, que représente la première colonne, commencent par un pizzicato qui se prolonge sur la deuxième colonne. Sur une autre case se trouvent les timbres de flûte et de clarinettes. Ces deux premiers événements sont des événements simples ce qui veut dire que leur densité moyenne est de 2,2 sons/sec que nous retrouvons dans l'ensemble des trois portées attribuées pour chaque timbre.

Nous pouvons dire que Xenakis n'a pas une approche différente de celle des compositeurs de musique spectrale et que comme eux, il utilise des modèles externes pour générer les données. La différence réside seulement dans l'éloignement de ces modèles du monde musical. D'un côté, pour la musique spectrale, nous trouvons des modèles qui proposent un lien fort et presque symbolique entre le modèle et la

[34] Xenakis I., Achorripsis, Bote & Bock, Berlin, 1958, 47p.

composition. De l'autre côté, c'est la généralisation de la réflexion qui est à la base du choix du modèle probabiliste utilisé par Xenakis.

Pour les compositeurs de musique spectrale, le principal souci est de garder un rapport clair et sans ambiguïté entre le modèle et le processus compositionnel. Pour Xenakis, il n'est pas important que le modèle soit « correct », si il y a une concordance entre la structure produite par le modèle et le résultat sonore qu'il veut obtenir.

De toute façon, il ne s'agit pas de décider si l'un ou l'autre est dans le vrai, chacun a libre choix pour décider quel chemin suivre ou non.