



HAL
open science

Musique et Sciences à Florence à la fin du XVIème siècle : la Camerata et les Galilei

François Baskevitch

► **To cite this version:**

François Baskevitch. Musique et Sciences à Florence à la fin du XVIème siècle : la Camerata et les Galilei. Evelyne Barbin. Arts et Sciences à la Renaissance, Ellipses, 2007. hal-03825841

HAL Id: hal-03825841

<https://univ-montpellier3-paul-valery.hal.science/hal-03825841>

Submitted on 23 Oct 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

*Musique et Sciences à Florence à la fin du XVIème siècle : la Camerata et les Galilei*¹

François Baskevitch, 2007

Florence à la fin du XVIème siècle

A la fin du XVIème siècle, Florence a depuis plus d'un siècle la réputation d'un grand centre intellectuel. C'est ici que sont apparus les fondements littéraires, artistiques et philosophiques de la Renaissance. Dante et Machiavel, Giotto et Michel Ange, Ficcin et Politien, ont rassemblé à leurs côtés, du XIVème au XVIème siècle, les plus grands créateurs de cette Italie morcelée et dominée par l'Eglise. De tradition marchande et républicaine, le peuple florentin n'accepta le pouvoir des Médicis (1434) que pour résoudre leurs incessantes querelles. Les Princes ne devaient leur légitimité qu'au bon vouloir de ce peuple industrieux mais indiscipliné.

Florence a bénéficié d'un concours de circonstances exceptionnel qui a favorisé son rayonnement intellectuel. A l'origine ville – état, constamment perturbée par des querelles politiques, elle définit peu à peu un modèle de pouvoir qui, n'étant pas démocratique, ressemble à un modèle républicain proche du fonctionnement de l'Athènes de Périclès. Bien sûr, les luttes sanglantes entre guelfes et gibelins qui ont constitué l'essentiel de la vie politique de Florence au XIIIème et XIVème siècle ne laissaient pas prévoir un avenir aussi florissant. Pourtant, peu à peu, une constitution se met en place, complexe et peu lisible. Elle se fonde sur un équilibre entre une représentation des métiers (les guildes, *arti*), des bourgeois, et du peuple. En cas de crise, il est prévu le recours à une sorte de dictature temporaire. De nombreux conflits se déroulent, avec leurs assassinats, leurs bannissements et les nombreuses interventions 'alliées' des voisins plus ou moins proches qui convoitent la richesse de la cité. C'est que Florence est une ville active et riche. Au plan économique, il s'agit d'une communauté d'artisans, de marchands et de banquiers. Les draperies et les teintures de Florence étaient depuis longtemps réputées dans l'Europe entière pour leur finesse et leur pureté. Située au croisement des routes commerciales d'Italie, la ville est un marché important pour les céréales, l'huile, le vin et les produits venus d'Orient. Mais c'est l'activité bancaire qui est la plus florissante: tous les outils modernes de la finance sont utilisés par les banquiers florentins, les lettres de change, les traites, les lettres de crédit. Ils sont les créanciers de nombreux souverains, notamment des rois d'Angleterre et de France pendant la guerre de Cent Ans, mais aussi du roi de Sicile. Ces riches florentins sont également à l'origine des mécanismes d'assurances, protégeant financièrement les convois de

¹ Cet article constitue le chapitre VIII de *Arts et Sciences à la Renaissance*, (ouvrage collectif dirigé par Evelyne Barbin) Paris, Editions Ellipses, 2007, p. 189-215.

marchandises provenant de Flandres. Bien entendu, l'activité bancaire comprend certains risques, et quelques faillites retentissantes se sont produites comme celles des Bardi et des Peruzzi au XIV^{ème} siècle. Néanmoins, à l'inverse de Venise et de Gênes qui ne vivent que du commerce maritime, on est à Florence en présence d'un ensemble économique tout à fait viable et cohérent, une industrie prospère, un commerce vivace et une finance malgré tout solide. On sait que souvent dans l'histoire, les périodes et les cités prospères favorisent le développement des activités intellectuelles et artistiques. Les raisons en sont multiples, et, au-delà du désir des riches bourgeois de se constituer une légitimité morale par la connaissance, il faut y voir la richesse des échanges culturels favorisés par le commerce.

Les académies

Le concile de Florence (1439-1442), dont le but est de trouver une solution au schisme de l'Eglise d'Orient amène de nombreux intellectuels grecs. La chute de Constantinople en 1453 renforce cet exil, la pratique de la langue grecque se développe, et de nombreux manuscrits anciens sont lus et commentés. L'imprimeur Alde Manuce, familier du platonicien Pic de la Mirandole, met sous presse en 1495 la première édition en grec d'Aristote, suivi peu après de nombreux autres ouvrages et traductions des philosophes grecs. Est-ce là le terreau de ce néo-platonisme un peu confus qui se distille peu à peu parmi les penseurs florentins ? C'est probable. C'est à Florence que les académies modernes se constituent sur le modèle de la célèbre école du philosophe grec. En 1462, dans une villa mise à disposition par les Medicis, Marsile Ficin fonde l'*Accademia di Careggi*, lieu de rencontres informelles et de débats qui rassemble quelques fidèles des textes anciens et notamment de Platon. Parmi eux, Pic de la Mirandole et Politien tentent de créer ce bouillonnement des idées humanistes qui va bientôt s'étendre dans l'Europe entière. Au XVI^{ème} siècle, après la disparition de ce foyer néo-platonicien, Cosme de Medicis crée l'*Accademia Fiorentina* qui, devenue *Accademia della Crusca*, imposera le toscan comme langue identitaire de l'Italie. En 1563 le même sera à l'origine de l'*Accademia del Disegno*, réunissant les artistes florentins. Ces académies ont pour raison d'être de s'affranchir des contraintes corporatistes des métiers qui encadraient alors la plupart des pratiques artistiques, mais surtout de permettre l'expression d'un discours alternatif au dogme dominant, celui de l'Eglise et des aristotéliens, prodigué par l'enseignement scolastique des universités. La *Camerata* s'inscrit dans ce foisonnement fécond d'idées humanistes représenté par les académies florentines, en explorant le domaine que le comte de Bardi a choisi de promouvoir, la musique.

La Camerata de Bardi

La *Camerata Fiorentina* du comte Bardi rassemble différents artistes et savants venus de domaines divers, et on y parle abondamment de poésie, de musique et de théorie. Giovanni Maria dei Bardi (1534-1612), comte de Vernio, est un ancien officier de Cosme 1^{er}. De retour à Florence après ses campagnes militaires, il s'intéresse dès 1560 aux arts et à la musique. La famille Bardi est implantée à Florence depuis plusieurs siècles, et un aïeul du comte fut ce célèbre banquier qui prêta à la fin du XIV^{ème} siècle une très grosse somme au roi d'Angleterre Edouard III pendant la guerre de Cent Ans. La *Camerata* exerce son influence

au cours des années 1580 à 1590. Après le départ de Bardi appelé à la cour papale de Rome en 1592, la succession est assurée par Jacopo Corsi.

La *Camerata* est fréquentée notamment par les poètes Rinuccini et Chiabrera, ainsi que par les compositeurs Caccini et Peri. Il est d'usage de raconter que l'opéra naquit en cette fin du XVI^{ème} siècle dans l'entourage de la *Camerata Fiorentina*. *Dafne*, de Jacopo Peri sur un poème d'Ottavio Rinuccini aurait été écrit vers 1598, mais il n'en reste pas de trace de nos jours. Aussi on cite souvent l'année 1600 pour le premier 'opéra', *Euridice*, de Peri et Rinuccini, suivi deux ans plus tard du même argument de Rinuccini sur une musique de Caccini. Ce qu'on n'appelait pas encore opéra à cette époque, mais plutôt *recitativo*, réhabilite le texte mis en valeur par la musique. A l'inverse des techniques musicales fondées sur le contrepoint qui dévalorisent le chant dans une grande confusion produite par la polyphonie, le nouveau *stile* s'appuie sur une ligne mélodique chantée, le *parlar cantando* (par opposition au *cantar parlando*) qui permet l'expression dramatique et lyrique. Monteverdi a fréquenté la *Camerata* avant d'écrire vers 1607 son célèbre *Orfeo*. A l'origine de cette nouvelle façon de chanter, on trouve Vincenzo Galilei, père du célèbre Galilée, et défenseur de cette conception du chant monodique inspiré des anciens grecs, lui même largement influencé par Girolamo Mei avec qui il entretient une correspondance assidue pendant dix ans. On considère généralement que cette nouvelle approche de l'expression dramatique grâce au *recitativo* est d'influence platonicienne, par sa référence aux modes antiques et par son respect du texte poétique, propres à exprimer la beauté et la perfection.

L'innovation principale de ces académies est la transversalité des compétences et des connaissances qui vont bientôt former le terreau de la révolution scientifique du XVII^{ème} siècle. A l'*Accademia del disegno*, que fréquente Galilée dans sa jeunesse, on y enseigne non seulement le dessin et la perspective, mais également l'anatomie, l'architecture, et même les mathématiques, l'astronomie et la mécanique. A la même époque, en France, Jean Antoine de Baïf crée son Académie de musique et de poésie avec Ronsard et Courville. De même, la *Camerata* Bardi rassemble, au palais du comte, des poètes, des musiciens, compositeurs et instrumentistes, mais aussi des théoriciens de la musique et des scientifiques. Cette interdisciplinarité, pour reprendre un néologisme fécond dans nos universités, constitue, au delà des rendez-vous mondains, le véritable socle d'une culture qui se dresse contre la pensée dominante scolastique. Le néo-platonisme, élaboré au siècle précédent par Ficin et ses disciples, se distille dans tous les cercles savants. Cette influence, qui prend la forme d'un retour aux textes et aux idéaux antiques grecs, se présente surtout comme une expression de l'anti-aristotélisme, et donc comme un début de rébellion contre l'idéologie dominante de l'Eglise, en particulier dans son approche des sciences. En effet, opposer le maître, Platon, à l'élève Aristote, constitue un habile stratagème pour avancer des idées nouvelles sans risquer les foudres de l'Inquisition. Ce néo-platonisme ambiant ne constitue pas un courant d'idée structuré ni même explicité. Il s'agit d'influences qui produisent leurs effets dans les domaines littéraires, artistiques et scientifiques. Parfois ces influences entrent en conflit, comme lors de la controverse entre Zarlino et Vincenzo Galilei. Tous deux se revendiquent implicitement du platonisme pour défendre leur conception théorique de la musique, l'un par l'utilisation esthétisante des mathématiques, l'autre par la défense d'un chant pur et de la monodie, héritage de la musique des anciens, et censé exprimer la beauté des textes. Ce qui

est en germe, ce n'est pas seulement un retour à l'idéal antique, comme on pourrait le croire, mais bien une critique radicale à la fois des enseignements et des méthodes qui contribuent à la connaissance.

Vincenzo Galilei

Vincenzo Galilei est né vers 1520 à Santa Maria a monte, près de Pise. La famille Galilei est établie à Florence depuis longtemps et comprend quelques ancêtres célèbres, dont Galilaeus de Galilaeis qui fut médecin et gonfalonier de justice au début du XVème siècle. Les Galilei ne disposent pas de revenus considérables et doivent travailler. Vincenzo est commerçant (nous n'avons pas plus d'informations), et également musicien, plus particulièrement luthiste. Il se marie en 1562 à Pise avec Giulia Ammannati di Pescia, et le couple aura 6 enfants dont trois survivront. L'aîné, Galileo, est né en 1564.



Figure 1 - Vincenzo Galilei 1520-1591 (BNF Richelieu, Fonds Estampes)

Dès 1562 Vincenzo est sollicité par le comte Bardi comme luthiste et altiste, puis comme chanteur baryton. Par la suite il donnera des cours de musique et deviendra peu à peu le théoricien de la musique attiré de la *Camerata*. Vers 1565 il part pour Venise afin d'y apprendre la théorie auprès de Zarlino qui a publié quelques années auparavant son ouvrage théorique, les *Istitutioni harmoniche* (1558). Auprès de ce maître alors incontesté, Vincenzo apprend les rapports harmoniques, hérités de la gamme de Pythagore-Ptolémée, et que Zarlino avait établis selon les règles arithmétiques du *senario*². En 1568 Vincenzo publie à Venise un

² Le *senario* de Zarlino est système de définition des intervalles musicaux consonants basé sur les divisions d'une corde tendue (le monocorde) selon des rapports utilisant les nombres

traité sur l'accord du luth, le *Fronimo...*³ dans lequel il développe une nouvelle façon d'écrire les 'tablatures' permettant de transcrire les partitions pour cet instrument. De retour à Florence vers 1572, il entreprend la rédaction d'un *Compendio*, abrégé des théories exposées par son maître Zarlino, avec lequel il est en accord parfait à cette époque. C'est alors qu'il fait la connaissance de Girolamo Mei, Florentin résidant à Rome, qui a longtemps étudié les systèmes musicaux antiques. Vincenzo n'achèvera pas son *Compendio*, sans doute troublé par la lecture, sur les conseils de Mei, des *Elements harmoniques* d'Aristoxène de Tarente (350 av JC, disciple d'Aristote mais en désaccord avec la gamme pythagoricienne). Pendant une dizaine d'années Mei et Galilei entretiennent une correspondance suivie sur les systèmes musicaux et la musique ancienne. Cette correspondance a été lue, traduite et commentée il y a quelques décennies par Claude V. Palisca (1921-2001), spécialiste éminent de la musique baroque et de la théorie musicale. Peu à peu les convictions zarliniennes de Vincenzo sont ébranlées, et en 1581 il publie un ouvrage, le *Dialogo della musica antica e della moderna*, sorte de manifeste qui servira d'ouvrage de référence aux musiciens de la *Camerata*, et dans lequel, après un examen minutieux des intervalles et de leurs compositions, il défend les conceptions apprises de Girolamo Mei sur la pureté de la musique antique et du chant monodique. Dans ce traité Vincenzo Galilei remet en cause pour la première fois le système de Ptolémée qui fonde la gamme zarlinienne, ainsi que la polyphonie contrapuntique chère au vénitien. Il propose une solution de compromis entre la justesse et la jouabilité des instruments à notes fixes (instruments à frettes et à clavier) en adoptant le tempérament égal qui sera repris à partir du XIXème siècle pour les instruments à clavier⁴. A partir de la publication du *Dialogo* la controverse se met en place publiquement et, Vincenzo s'appuyant sur sa renommée à la *Camerata*, Zarlino est contraint de répondre, ce qu'il fera dans les *Sopplimenti musicali* en 1588. Galilei continue le combat en 1589 avec le *Discorso interno all'opera di Messer Gioseffo Zarlino di Chioggia*, dans lequel il exprime avec mauvaise foi son aversion pour son ancien maître, mais qui lui permet également d'exposer certaines expériences qui assurent son argumentation. Daniel P. Walker⁵ fait de cette controverse une relation mi amusée, mi agacée, tant son objet lui paraît ridicule et tant les positions de l'un et de l'autre sont finalement proches.

entiers de 1 à 6 . Zarlino préconise ainsi les rapports : 3/2 pour la quinte, 5/4 la tierce majeure, 6/5 la tierce mineure, 4/3 pour la quarte..., en évitant le 7 qui semble maudit mais en acceptant 8/5 pour la sixte mineure (renversement de la tierce majeure). Les tons sont définis par 9/8 (ton majeur) et 10/9 (ton mineur).

³ Vincenzo Galilei, *Fronimo dialogo nel quale si contengono*, Venise, 1568, 1584. Traduction en Français commentée par Philippe Canguilhem, Paris, Minerve, 2001.

⁴ Le tempérament égal fixe le rapport de 18/17 entre les longueurs de cordes de deux notes dont l'intervalle est d'un demi ton (en effet, en langage moderne, $18/17 = 1,0588$, très proche de racine douzième de 2 = 1,0594 qui est le rapport de fréquences entre deux notes formant un intervalle d'un demi-ton dans la gamme à tempérament égal). Nous avons ici un exemple de la capacité de calcul et d'abstraction mathématique dont Vincenzo pouvait faire preuve.

⁵ D. P. Walker, *Studies in musical science in the late renaissance*, Warburg Institute, Leiden, 1978, p. 14-26.

Vincenzo Galilei est l'auteur d'un grand nombre de pièces vocales avec accompagnement simple au luth (*ricercari*). Il est probable qu'outre l'influence de Mei, il ait également eu connaissance des textes d'un autre théoricien de la musique florentin un peu antérieur, Pietro Aaron (1490-1545), auteur de plusieurs ouvrages et adversaire de la technique contrapunctique.

Giovanni Batista Benedetti

Vers la seconde partie du XVI^{ème} siècle, les savants s'affranchissent peu à peu de l'aristotélisme ambiant, et cherchent des pistes pour expliquer de nombreux phénomènes physiques dont le dogme présente un modèle peu satisfaisant. A Paris, de nombreux savants forment un courant de pensée qu'on nommera la 'physique parisienne', et en Italie ces approches nouvelles trouvent un certain écho. Les domaines concernés sont l'astronomie et surtout la mécanique. Un de ses représentants les plus éminents est Giovanni Batista Benedetti (1530-1590). Il n'est pas florentin, mais a beaucoup influencé Galilée et tous les savants italiens de la fin du siècle. Né en 1530 à Venise, il enseigne les mathématiques à Parme entre 1558 et 1566, puis à Turin où il meurt en 1590. Musicien et compositeur amateur, il rencontre Cipriano de Rore à Parme, et lit les ouvrages de Zarlino. La musique constitue une petite partie de ses recherches principalement axées sur la géométrie, l'astronomie et la mécanique. Il étudie notamment la chute des corps et développe la théorie de l'*impetus*, préalable nécessaire aux travaux de Galilée sur la dynamique. Le *Diversarum speculationum mathematicarum et physicorum liber* paru à Turin en 1585 regroupe un certain nombre de textes sur ces sujets. Parmi eux, figurent deux extraits de lettres à Cipriano de Rore, probablement de 1563, dans lesquelles Benedetti expose ses théories sur la consonance. Claude Palisca a retrouvé les manuscrits entiers et les a traduits, complétant ainsi les connaissances partielles qu'on avait de cet auteur sur cette théorie. Benedetti s'inspire des conceptions développées auparavant par Girolamo Fracastoro sur la nature du son. Dans un texte de 1546, *De sympathia et antipathia rerum*, le vénitien Fracastoro (1478-1553), surtout réputé pour ses ouvrages sur les maladies contagieuses, étudie les vibrations par sympathie de deux cordes proches dont l'une sonne et fait 'résonner' l'autre. Il en déduit une conception de la propagation du son faisant intervenir des alternances de condensation et de raréfaction de l'air (*addensatio et rarefactio*). Cette hypothèse est audacieuse et prémonitoire. Ce n'est qu'en 1637 que Mersenne évoque cette possibilité dans l'*Harmonie universelle*⁶, et c'est Newton qui en fera la théorie dans les *Principia*⁷. Benedetti complète cette approche en proposant une 'théorie des coups' reçus par l'oreille, correspondant à chaque condensation. Cette conception, à la fois ondulatoire et corpusculaire, de la propagation des sons, sera adoptée par Galilée, Mersenne, et même par Gassendi, pourtant atomiste convaincu, jusqu'à Euler⁸ au début du XVIII^{ème} siècle. Benedetti entrevoit la nature même des vibrations

⁶ Mersenne, *Harmonie Universelle*, Paris, 1637, Ed. CNRS, Paris, 1964, liv. I, prop. 5, p.9-10.

⁷ Isaac Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica*, Londres, 1687, trad. Mme du Châtelet, Paris, 1759, Gabay, Paris, 1990, Liv. II, prop. XLVII à XL..

⁸ Leonard Euler, *Tentamen novae Theoriae musicae*, St Petersburg, 1739. Pour une étude détaillée de la théorie mathématique de la coïncidence des coups et des consonances chez Euler, voir l'étude de Patrice Bailhache, « La musique traduite en mathématiques », colloque Centre

sonores et évoque leur périodicité liée à la hauteur de la note. Claude Palisca a étudié les théoriciens de la musique Baroque, et un grand nombre de ses essais publiés entre 1956 et 1986 ont été regroupés dans un ouvrage de 1994, *Studies in History of Italian music and music theory*. Dans cet ouvrage Palisca nous parle plus particulièrement de cette fin du XVIème siècle imprégné de science naissante et d'expérimentations audacieuses dans un article très complet sur ce sujet, *Scientific empiricism in musical thought*⁹. Voici ce que Palisca nous dit à propos des intuitions de Benedetti sur les consonances :

[...] In introducing this subject he says he wishes to speculate about the way the simple consonances are generated. They arise, he says, from a certain equalization of percussion (*aequatione percussionum*), or from an equal concurrence of air waves (*aequali concursu undarum aeris*), or from the coincidence of their terminations (*conterminatione earum*). The unison, he continues, is the first and most agreeable consonance, and after it comes the diapason or octave, then the fifth. Now, this preferences may be shown to be the result of the 'order of agreement of the terminations of the percussions of the air waves, by which the sound is generated' (*Videamur igitur ordinem concursus percussionum terminorum, seu undarum aeris, unde sonus generatur*', Div. Specul., p. 283). [...]

Il est clair que Benedetti ne pouvait que s'opposer aux théories de Zarlino, et on ne s'étonne pas que dès cette époque, vers 1565, un courant 'physicien' apparaisse chez les théoriciens de la musique, en opposition avec le courant 'mathématicien' et platonisant qui s'appuie sur la magie des nombres et la beauté de leurs combinaisons.

Girolamo Mei

Vers la même époque, un Florentin émigré à Rome, Girolamo Mei (1519-1594) étudie la musique pratiquée par les anciens, et les théories qu'ils ont exposées, mais à partir des textes, grecs ou latins. Déjà à cette époque lointaine, l'opposition entre théoriciens et praticiens s'exprime, et parfois dans des textes. C'est le cas d'Aristoxène de Tarente (350 av. jc) qui s'oppose à son maître Aristote et au système pythagoricien dans les *Eléments harmoniques*, en invoquant la pratique musicale.

Girolamo Mei est Florentin et membre en 1541 de l'*Accademia del Umidi*, qui deviendra l'*Accademia Fiorentina* par la suite. Nous retrouvons ici le rôle majeur joué par ces assemblées de savants qui confrontent leurs idées et d'où émergent les nouveaux courants de pensée. Dans cette Académie à vocation littéraire, on traduit des textes du latin et du grec et on tente de construire une langue italienne cohérente. Mei s'imprègne ainsi des textes des anciens, et parallèlement étudie la musique. Vettori le fait venir à Rome vers 1546 pour y

François Viète, Nantes, 1997.

⁹ Claude V. Palisca, « Scientific empiricism in musical thought » in *Studies in History of Italian music and music theory*, Clarendon Press, Oxford, 1994.

étudier d'autres textes que recèlent les bibliothèques papales. Il fera de nombreux séjours à Lyon puis à Padoue, avant de revenir à Rome. Helléniste avant tout, il étudie Aristote et s'intéresse à la théorie de la musique. Il lit Aristoxène, Euclide, Boèce, Ptolémée et confronte les textes théoriques avec ceux qui traitent de la pratique musicale. En 1566 il commence à écrire un ouvrage composé de quatre livres, *De modis*, qu'il achèvera vers 1573 sans jamais le publier. Le livre 2 sera traduit en italien et édité après sa mort par ses amis Valori et Del Nero en 1602 à Venise, sous le nom de *Discorso sopra la musica antica e moderna*.

Girolamo Mei considère que la théorie musicale des anciens a été corrompue à travers les différentes interprétations qu'en ont faites Ptolémée et Boèce, puis les musiciens du Moyen Age. Pour lui, le problème n'est pas tellement la définition des intervalles selon de nouveaux rapports, mais plutôt la réhabilitation des textes poétiques que la musique devrait exposer. Pour cela, il défend une conception monodique du chant accompagné, à l'opposé de la polyphonie et du contrepoint. Pour Mei, les auteurs anciens étaient à la fois poètes et musiciens. Il conteste la mathématisation de la musique, souvent enseignée comme une discipline destinée à apprendre les rapports entre les nombres. Mei se positionnait comme adversaire de Zarlino, non pas au sujet de la définition des intervalles privilégiant la tierce naturelle, mais sur l'approche de la pratique musicale. Il trouvera en Vincenzo Galilei un vigoureux partisan qui défendra ses thèses au sein de la *Camerata*.

Girolamo Mei tente d'élaborer une synthèse entre Platon et Aristote, pour finalement redécouvrir Aristote et le réhabiliter en quelque sorte. Mais il convient de préciser ce que représentent ces deux philosophes à cette époque à Florence. Il ne s'agit pas du platonisme hérité des traductions latines d'Augustin, ou transmis par les philosophes arabo musulmans tel que Averroès. Il s'agit bien d'un néo-platonisme récent, reconstruit à partir des textes en grec lus et commentés par Ficin vers 1460. De même, s'agissant d'Aristote, ce n'est pas la pensée scolastique héritée de Thomas d'Aquin et des traductions latines qui agite les milieux intellectuels de Florence. Ceux-ci ont lu Aristote en grec, grâce aux éditions de ses œuvres par Aldo Manuzio en 1495. Premier imprimeur installé à Florence, Manuzio faisait partie du cercle néo-platonicien constitué autour de Pic de la Mirandole. Jusqu'alors, les écrits d'Aristote circulaient sous forme de manuscrits entachés des nombreuses erreurs commises par les copistes successifs, et Manuzio, qui lisait le grec, s'est attaché à la lecture critique et à la correction de l'ensemble des textes d'Aristote qu'il imprimait. On assiste à un retour aux sources qui se traduit, tout au long du XVI^{ème} siècle, par un grand nombre de commentaires sur ces textes. A la suite de Francesco Robertello, de Bernardo Segni et de Vincenzo Maggi, Vettori publie en 1560 un commentaire de la *Poétique*. A cette époque, Mei, en relation constante avec Vettori, s'intéresse beaucoup à Aristote, et notamment aux implications du principe d'imitation dans le domaine des arts et de la musique. Mei représente sans doute l'intellectuel typique de cette époque à Florence. Palisca nous explique que les intellectuels florentins sont passés, en trois générations, d'un néo-platonisme fervent, avec Ficin, puis à une période de réconciliation entre Aristote et Platon, pour finalement abandonner Platon au profit d'Aristote¹⁰. En ce sens, Mei est 'en avance' sur Zarlino qui reste très platonicien. Voici ce qu'en dit Palisca :

¹⁰ Claude V. Palisca, *Letters on ancient and modern music*, Amsterdam, American Institute of Musicology, 1960, p 34.

S'il fallait sélectionner les deux textes d'anciens philosophes qui ont le plus influencé la pensée de Zarlino et de Mei, ce serait certainement *Le Timée* de Platon pour Zarlino qu'il connaissait dans la version de Ficin citée dans les *Istitutioni harmoniche* (Marcile Ficin, *Compendium in Timaeum*), et pour Mei, la *Poétique* d'Aristote. Dans leurs oppositions, Zarlino et Mei reflètent le clivage dans la pensée esthétique du XVIème siècle. D'un côté le culte de la beauté, de l'harmonie, de la proportion, de la divinité et de l'amour, et de l'autre, particulièrement à partir de 1550, l'adhésion aux théories de l'imitation, de la purgation émotionnelle et de l'affectif psychologique qui émergeaient alors.¹¹

Mei était avant tout passionné de littérature grecque, et son évolution vers une théorie esthétique de la musique reste très liée à la poésie et aux textes. Il s'agissait là d'un courant d'idées implanté notamment à Rome, avec Nicola Vicentino. Il est clair que Vincenzo, qui sera en quelque sorte l'élève de Mei, restituera cette passion pour le texte dans son approche de la musique vocale. Mais Vincenzo était également un 'travailleur manuel', et c'est Mei qui va lui suggérer de procéder à des expériences, notamment sur l'étude des intervalles.



Figure 2 - Le frère Pierre de Canuntis enseignant la musique. *Regule florum musices*, Florence : Bernardum Zuchettam, 1510.

¹¹ Claude V. Palisca, *ibid.*

Les expériences de Vincenzo Galilei

Dans un traité non publié, et découvert dans les années 1960 par Claude Palisca,¹² probablement écrit vers 1589, Vincenzo Galilei s'intéresse aux différentes façon de produire le *diapason* (l'octave). Il relate une expérience qu'il a effectuée et qui contredit la théorie de Pythagore sur la définition du rapport de proportionnalité entre la hauteur de la note et le poids tenseur. La légende rapporte que Pythagore établit cette loi après être passé devant la boutique d'un forgeron qui frappait le métal avec des marteaux de poids différents produisant ainsi des sons de hauteurs différentes. Lorsque ces poids étaient dans un rapport de 2, ils produisaient, d'après Pythagore, des sons à l'octave, et lorsqu'ils étaient dans un rapport de 3, ils sonnaient à la quinte. Cette anecdote est citée par Macrobie (vers 400)¹³ et Boèce (480-524)¹⁴ et avait été reprise par tous les théoriciens de la musique, y compris Zarlino et Vincenzo Galilei lui-même dans le *Dialogo*, car elle contribuait à la perfection des rapports arithmétiques musicaux. Cependant Vincenzo n'est pas seulement un théoricien, il est également musicien. Ce clivage culturel entre savants et praticiens perdure depuis très longtemps chez les musiciens (peut être même encore de nos jours), ainsi que dans nombre d'autres domaines. Lorsque Vincenzo accorde son luth, il sent, physiquement, la tension exercée sur la corde. Il n'est pas étonnant qu'il ait cherché à vérifier la fable du forgeron, ce qu'aucun savant n'avait pensé à faire auparavant. Et il le fait non pas en utilisant normalement le monocorde (instrument de mesure des intervalles musicaux, composé d'une corde tendue et d'une règle précise) mais en suspendant des poids aux cordes fixées à l'autre extrémité sur un luth. Et il constate que pour produire l'octave, il faut non pas doubler le poids, mais le quadrupler. De même, pour produire la quinte (rapport de longueurs de cordes de 2/3), il faut multiplier le poids par 9/4, ce qui exprime bien le carré de l'inverse du rapport de longueur de corde¹⁵. Ce que fait Vincenzo Galilei ici, c'est réellement une expérience de physique. Vincenzo observe la différence de tension qui lui paraît anormalement forte. Il fait l'expérience des cordes tendues, mesure les poids tenseurs, et conclut à la formulation mathématique de la loi du carré. Vincenzo Galilei est un praticien, un technicien, un artiste disait-on à l'époque (le terme d'artiste désignait jusqu'au XIXème siècle aussi bien les créateurs que les artisans). Il est devenu théoricien au contact des savants qu'ils rencontrait, et a pu développer, auprès de ces influences multiples, ce savoir faire et ce savoir penser qui permet à la science de se construire, sur la base à la fois de l'observation, de la quantification, de la théorie et de l'expérience. C'est sans doute grâce à cette confrontation de compétences rendue possible par les assemblées de la *Camerata* que Vincenzo Galilei a pu pratiquer ce type de méthode dans laquelle la vérité de l'expérience est confrontée à celle de la théorie.

¹² Vincenzo Galilei, *Discorso intorno alla diversita delle forme del Diapason*, Trad. De C. Palisca : « A special discourse concerning the diversity of the ratios of the diapason », in *The Florentine Camerata*, Yale University Press, New Haven, 1988.

¹³ Macrobius, *Somma Scipionis*, liv. II, p. 33.

¹⁴ Boèce, *De institutione musica*, I, 10-11.

¹⁵ Vincenzo Galilei, *Discorso...*, *op. cit.* 1988, p 184-185.

Dès le début de son *Dialogo* de 1581, Vincenzo affirme sa préférence pour la connaissance issue d'expérience des sens plutôt que du dogme :

[...] je désire , à propos des choses que la sensation peut atteindre, que soit écartée (comme le dit Aristote dans le huitième livre de sa *Physique*), non seulement l'autorité, mais aussi, la raison biaisée qui récusé comme lui étant contraire ce qu'on voudrait que ce ne soit qu'une vérité apparente, parce qu'il me semble qu'ils se comportent de façon ridicule (pour ne pas dire, comme le philosophe, de façon idiote) les gens qui pour prouver quelque conclusion qui est la leur veulent tout bonnement qu'on y croit sur la simple foi de l'autorité, sans produire les raisons qui la rendraient valides. (Vincenzo Galilei, *Dialogo della musica antica e della moderna*, Florence, 1581, trad. R. Fredette)

Bien sûr nous ne sommes pas encore en présence d'une méthode expérimentale, mais il n'est pas anodin que ce soit chez un musicien que la prééminence de l'expérience des sens, et bientôt de l'expérimentation, sur le dogme se soit manifestée. Et le 'métissage culturel' entre musiciens et savants qui caractérisait les débats de la *Camerata* , a permis l'émergence de cette nouvelle façon d'aborder la connaissance.

Dans un second texte consacré à l'unisson, Vincenzo effectue d'autres expériences, notamment sur la différence d'accord de deux cordes de longueur et grosseur égales, mais de matériaux différents :

Si je place sur un luth une corde en boyau et une corde en métal et que je les accorde à l'unisson entre elles, puis, si par exemple, je positionne à 7 frettes et que je joue les cordes, puis à douze frettes, elles ne seront pas à l'unisson. Il suivra nécessairement qu'elles n'étaient pas à l'unisson lorsque je les entendais à 7 frettes. Parce que si vous ajoutez ou enlevez des parties égales de deux choses , si avant elles étaient proches de l'égalité au point que les sens ne fassent pas la différence, alors elles le sembleront encore après. ¹⁶

Galilei travaille longuement sur la recherche de l'unisson dans différentes situations, et expérimente à partir de la longueur des cordes, la tension, la grosseur et la matière. Palisca nous dit qu'il a lui-même reproduit l'expérience sur un luth ancien provenant de la collection de l'Université de Yale, avec des cordes en laiton et en boyau de longueurs et de diamètres égaux, mais de tensions différentes. Il a pu constater, comme Vincenzo Galilei, l'impossibilité de conserver l'unisson lorsqu'on modifiait la longueur des cordes au moyen de frettes, que

¹⁶ Vincenzo Galilei, « A special discourse concerning the unison », trans. In Palisca, *The Florentine Camerata : Documentary studies and translations*, Yale, University Press, New Haven, 1988.

l'instrument soit accordé en tempérament égal ou en gamme pythagoricienne. Ce phénomène est plutôt paradoxal, puisque toutes choses égales par ailleurs, seule la longueur change, et de façon identique pour les deux cordes. C'est donc qu'il existe une caractéristique propre au matériau utilisé qui influence l'accord de la corde tendue. Nous sommes loin de la règle mystique du rapport des nombres entiers pour tous les paramètres de la corde, longueur et tension défini par le *senario* de Zarlino. Le phénomène sera analysé en 1851 par Delezenne¹⁷, et Bouasse, en 1926, en attribuera l'explication à la différence de rigidité des deux cordes qui modifie la tension selon la longueur¹⁸. Et Vincenzo Galilei commente son expérience :

Il existe peu de choses qui ne peuvent être pesées, comptées ou mesurées¹⁹.

Nous sommes bien ici en présence du principe fondateur de la méthode expérimentale, la mesure et la quantification. Vincenzo ne refuse pas les mathématiques, mais au lieu de les considérer comme un langage qui permet l'expression de la beauté des nombres et de leurs relations, il les utilise pour traiter des grandeurs préalablement mesurées. Bien entendu, il fait des erreurs, et, emporté dans son élan il affirme qu'on obtient l'octave, non seulement en divisant la longueur de corde par 2, ou en multipliant le poids tenseur par 4, mais également, dans le cas des corps concaves tels que des tuyaux d'orgue, en divisant leur volume par 8. C'est-à-dire que Galilei suggère que deux tuyaux de longueur et de rayon dans un rapport double (c'est-à-dire dont le volume est dans un rapport de 8), produiront deux sons à l'octave. Ce qui n'est pas faux, puisque la longueur est doublée. On sait depuis Daniel Bernoulli que le rapport d'octave est produit, dans les colonnes d'air mis en vibration, par un doublement de la longueur et que le diamètre n'a, théoriquement, pas d'incidence sur la fréquence. Mais Vincenzo généralise à d'autres rapports, et affirme que la double proportion (il ne précise pas quelles dimensions sont en double proportion) produira une tierce, et que le quadruplement une sixte mineure²⁰. Le platonisme ambiant revient, et Galilei se laisse prendre au piège de la beauté de sa théorie :

[...] en sorte que le vide de ces tuyaux correspond à un cube, les poids suspendus des cordes à une superficie, et les cordes simplement tendues sur l'instrument à une ligne²¹.

Vincenzo n'a sans doute pas fait cette expérience, comme le souligne Walker²² en insistant 'méchamment' sur le caractère improbable, parce que théoriquement faux, des affirmations du musicien. Curieusement, dans son *Harmonie Universelle*, en 1637, Mersenne

¹⁷ C. Delezenne, « Sur la formule de la corde vibrante », *Société d'agriculture, sciences et arts de Lille*, Lille, 1851.

¹⁸ H. Bouasse, *Cordes et membranes*, Delagrave, Paris, 1926, p. 130.

¹⁹ Vincenzo Galilei, *Ibid*, p. 181.

²⁰ Vincenzo Galilei, *Discorso...*, *op. cit.*

²¹ *Id.* p. 105.

²² D. P. Walker, *Studies ... op. cit.* p. 24. : « [...] Here it is evident that Galilei did not do any experiments ».

reprendra ces proportions pour établir les dimensions des tuyaux d'orgue. Toutefois les facteurs d'orgue (Dom Bedos au XVIIIème siècle, et Cavaillé Coll au XIXème), assurent que le diamètre des tuyaux doit augmenter lorsque la fréquence décroît, ce que nous vérifions d'ailleurs lorsque, dans une église, on lève les yeux vers le buffet de l'orgue. Cavaillé Coll déterminera empiriquement la correction à apporter sur le calcul de la longueur du tuyau, en fonction de la vitesse et de la fréquence du son et du diamètre :

La longueur des tuyaux cylindriques est égale au quotient de la vitesse du son par le nombre de vibrations moins les 5/3 du diamètre tuyau.²³

Néanmoins le volume d'air est loin d'être dans un rapport de 8 entre deux tuyaux produisant l'octave, cette correction n'est pas linéaire, et trouve sans doute sa justification dans les dimensions et la position de la 'fenêtre' qui permet l'entrée de l'air excitateur en partie basse du tuyau. La loi de Bernoulli, bien que théorique, est largement vérifiée malgré cette correction.

Alors, Vincenzo Galilei serait le « père de la méthode expérimentale » comme le suggère Palisca ? Convenons-en, Vincenzo Galilei n'a pas fait l'expérience des tuyaux, du moins pas complètement. Il n'est donc pas, de même que son fils, le 'père de la méthode expérimentale'. Cependant le père et le fils ont eu un rôle important dans cet avènement. Il importe peu de savoir si telle ou telle expérience a bien eu lieu ou s'il s'agit d'une 'expérience de pensée', mais de savoir que cette fin de XVIème siècle marquait, dans la façon d'acquérir les connaissances de la nature, une démarche qui refusait l'explication dogmatique a priori, pour y introduire la nécessaire vérification expérimentale. Bien entendu les physiciens n'ont pas attendu cette époque pour faire des expériences. Mais lorsqu'elles contredisaient le dogme, c'est toujours celui-ci qui imposait sa loi, l'expérimentateur imprudent étant prié de s'abstenir de faire des manipulations erronées. Il est vrai que l'observation de la nature reposait essentiellement sur la perception, et que les instruments de mesure, la démarche même de quantifier, étaient encore rudimentaires. Rappelons cependant ces mots de Vincenzo Galilei déjà cités plus haut : « il existe peu de choses qui ne peuvent être pesées, comptées ou mesurées »²⁴. Il faudra attendre la rigueur des savants des siècles suivants pour définitivement écarter, à la fois l'aristotélisme et ses dogmes d'une part, le platonisme et sa perfection d'autre part, et élaborer lentement la méthode scientifique.

La jeunesse de Galilée auprès de son père Vincenzo

Lorsque Vincenzo faisait ces expérimentations, le jeune Galilée, né en 1564, avait environ vingt ans. En effet, le traité sur le diapason, jamais édité, retrouvé et traduit par Claude Palisca, a sans doute été écrit entre 1584 et 1590, après la parution de son *Dialogo* (1581) dans lequel Vincenzo accrédite encore la légende des marteaux de Pythagore, mais

²³ A. Cavaillé Coll, « De la détermination des dimensions des tuyaux par rapport à leur intonation », *CR Académie des Sciences*, Paris, janvier 1860.

²⁴ V. Galilei, *A special discourse...* trad. Palisca, p. 181 : « *Quantunque poche cose siano quelle che non possino essere e' pesate, et numerate, et misurate* ».

avant son *Discorso* contre Zarlino, écrit en 1589, dans lequel il contredit cette légende. Au début de ce texte Vincenzo fait référence à son *Discorso*, mais l'essentiel a sans doute été écrit avant. On sait que Galileo a été inscrit à l'université de Pise en 1581 pour y étudier la médecine, mais qu'il y montra peu d'enthousiasme. En 1583, à l'occasion d'un retour prolongé chez son père à Florence, il rencontre Ricci qui lui enseigne les mathématiques, et se passionne pour cette discipline. C'est également cette année-là que le 'jeune physicien' étudie l'isochronisme des oscillations du pendule, peut-être pas en observant le lustre dans la cathédrale de Pise, mais sans doute chez lui, à Florence où il rentre pour une longue période, de 1584 à 1589²⁵. A partir de 1589, Galilée retourne à Pise pour y enseigner les mathématiques à l'université, avant de partir, après la mort de son père, à Padoue en 1592, et d'y commencer vraiment la carrière que l'on connaît.

Si on admet que Vincenzo a pratiqué quelques-unes de ces expériences, et les a confrontées aux théories, et que d'autre part son fils est généralement considéré, malgré tout, comme un des 'premiers expérimentateurs', on est en droit de se poser la question du parcours 'initiatique' que Galilée aurait pu suivre auprès de son père au cours des années 1584 -1589. Aucun écrit ne vient corroborer cette supposition, et on est contraint de reconstruire ces quelques années par l'imagination, et par l'expérience que chacun a des rapports familiaux. Cependant plusieurs commentateurs récents des écrits de Galilée et de son père Vincenzo adoptent cette hypothèse. C'est le cas de Claude Palisca²⁶, qui consacre un article aux expériences de Vincenzo ; de Stillman Drake²⁷, qui évoque la possibilité que la réflexion de Galilée sur le pendule trouve son origine dans les expériences de son père sur les poids tenseurs du monocorde²⁸ ; c'est également le cas de Raymond Fredette²⁹ qui a largement défendu cette position lors d'un colloque en 2001 à Montréal en s'appuyant entre autres sur les travaux de Thomas Settle. En revanche Daniel Walker³⁰ minimise l'importance de l'influence de son père sur les expériences de Galilée concernant les sons. Il semble que tout récemment, Elana Geller³¹ ait également défendu la thèse contraire, réfutant toute paternité à Vincenzo sur la méthode expérimentale de Galilée

Pendant ces cinq années passées à Florence, Galilée n'est pas un jeune oisif en attente de jours meilleurs. Il lit beaucoup, de la littérature, de la poésie, des traités de physique et de mathématiques, il écrit et intervient à l'Académie de Florence, il fréquente les cercles

²⁵ Ludovico Geymonat, *Galileo Galilei*, Einaudi, Turin, 1957, 1969, trad. F.M. Rosset et S. Martin, Laffont, Paris, 1969.

²⁶ Claude V. Palisca, « Was Galileo's father an experimental scientist ? » in Coelho, *Music and science in the age of Galileo*, Kluwer, Dordrecht, 1992, p 143-151.

²⁷ Stillman Drake, « Renaissance music and experimental science », in *Journal of the history of ideas*, 1970, vol 31/4, p 497-499.

²⁸ Stillman Drake, « Music and philosophy in early modern science », in Coelho, *Music and science in the age of Galileo*, Kluwer, Dordrecht, 1992, p. 3-16.

²⁹ Raymond Fredette, « D'où vient l'antiaristotélisme de Galileo Galilei », Colloque : CIRST, Université du Québec, Montréal, 2002.

³⁰ D.P. Walker, *Studies ...*, *op. cit.*, p 27.

³¹ Elana Geller, « Was Galileo his Father's Son? Vincenzo Galilei's Influence on Galileo's Experimental Science », Colloque : Western University of Ontario, London, 2005.

culturels et sans doute la *Camerata* du comte Bardi. Il existe peu de documents exploités à ce jour sur l'activité du jeune Galilée, et on est contraint de faire un certain nombre de suppositions. On sait qu'il a écrit *La Bilancetta* en 1586 dont le manuscrit circule dans les milieux savants, ainsi qu'une communication sur les dimensions et la configuration de l'enfer de Dante³². Il lit également Benedetti, adepte de la théorie de l'*impetus* dans l'étude du mouvement, et travaille cette question très controversée qu'il confronte à l'enseignement péripatéticien de Bonamico, son professeur à Pise, et aux rigueurs mathématiques de Ricci. C'est à cette époque qu'il rédige par morceaux son ouvrage sur le mouvement, jamais édité ni lu de son vivant, et qu'il appellera par la suite *De motu antiquiora*... A cette époque, le jeune Galilée loge dans la maison familiale, et donc assiste inévitablement aux débats entre Vincenzo et ses détracteurs zarliniens. Il est improbable qu'il n'ait pas lu l'ouvrage de son père de 1581, le *Dialogo*, ainsi que les écrits de cette époque sur l'accord du diapason et sur l'étude de l'unisson. Et il est impossible de ne pas penser qu'il a forcément assisté aux expériences que pratiquait son père. Nous n'avons, dans la correspondance de Galilée de cette époque, aucune trace de ses lectures des ouvrages de son père. Cependant, en mars 1602, Galilée écrit une lettre à un ami de Girolamo Mei, Baccio Valori³³ dans laquelle il rend hommage à l'ouvrage récemment édité de Mei, mort quelques années auparavant. Il s'agit du *Discorso sopra la musica antica e moderna*, qui est la traduction du latin à l'italien du deuxième livre de l'ouvrage essentiel de Mei, *De Modis*, écrit entre 1566 et 1574, et jamais édité. Dans ce livre, Mei développe l'ensemble des théories qui seront reprises en 1581 par Vincenzo dans son *Dialogo della musica antica e della moderna*.

Il semble cependant que Galilée utilise volontiers ses connaissances musicales jusque dans ses expériences de mécanique. Stillman Drake développe l'idée que Galilée, au cours de son expérience de 1604 sur la chute des graves et utilisant le plan incliné, fait appel à la musique pour établir des mesures de durées et d'espaces variables (d'accélération, donc). Pour cela il dispose sur le parcours de la boule des frettes, telles qu'elles existent sur le manche d'un luth, à des distances telles que la durée entre les chocs successifs provoqués par le passage de la boule sur ces frettes soit constante, c'est à dire correspondant à des espaces de longueurs croissantes et mesurables. Le but est de définir la loi de l'accélération de la boule. Il se réfère pour cela au rythme régulier d'une chanson populaire³⁴.

Galilée, cependant, semble montrer très peu d'intérêt pour la physique des sons, au cours des années padouanes, jusqu'en 1610. Pourtant cette année-là il évoque, dans sa 'lettre de motivation' à Belisario Vinta³⁵, secrétaire du Grand Duc de Florence qui va bientôt le prendre à ses côtés, son intention d'écrire un traité sur la voix et le son (*De sono et voce*). C'est curieusement la dernière fois avant longtemps que Galilée, pourtant musicien, évoque la musique ou le son.

³² Galileo Galilei, « Lezioni circa la figure, sito e grandezza dell'inferno di Dante ».

³³ Galileo Galilei, *Opere*, Ed. Nazionale, Florence, 1900, vol X, lettre 76, 13 mars 1602, p. 86-87.

³⁴ Stillman Drake, « The role of music in Galileo's experiments » in *Scientific American*, N°232, juin 1975, p. 98-104.

³⁵ Galileo Galilei, *Opere*, ... *ibid.* vol X, lettre 307, 7 mai 1610, p. 352.

Galilée et l'étude des sons dans les Discorsi

Dans son dernier ouvrage paru en 1638, les *Discorsi*³⁶, Galilée traite enfin, en quelques pages, du son, des intervalles, des consonances et élabore une théorie des cordes vibrantes. A cette occasion, il s'inspire largement des expériences de son père, sans jamais le citer, au sujet de la tension des cordes et de la loi des carrés des poids tenseurs. Galilée développe ici l'hypothèse que l'octave n'est pas produite de façon 'magique' par un rapport 1/2 de la longueur des cordes, ni par le rapport 2 des tensions, puisqu'il s'agit du rapport du carré des tensions, mais par le rapport 2 du nombre des vibrations. Cette audacieuse théorie était inspirée par la théorie de la 'coïncidence des coups' reçus par l'oreille, que Benedetti avait développée vers les années 1560 pour expliquer les consonances, et qui devait sans doute circuler dans les milieux musiciens. Galilée vérifie cette hypothèse par une expérience basée sur les ondes produites à la surface de l'eau par le son d'un archet frottant le bord du verre, et qui produit le son à l'octave dans certaines circonstances. Il remarque que les ondulations sont deux fois plus nombreuses lorsque l'octave sonne. Galilée égratigne les aristotéliens et leur fascination pour le dogme de la proportionnalité simple dans ces quelques lignes :

Devant ces vérités expérimentales, il n'y avait, me semblait-il, aucune raison autorisant ces savants philosophes (*sagaci filosofi*) à voir dans le rapport de deux à un, plutôt que dans celui de quatre à un, le rapport même de l'octave [...] ³⁷.

Dans le passage qui suit, fondateur de la théorie des vibrations, Galilée expose clairement la relation entre le nombre de vibrations et la hauteur de la note :

Je dis que la raison première et immédiate dont dépendent les rapports des intervalles musicaux n'est ni la longueur des cordes, ni leur tension, ni leur grosseur, mais la proportion existant entre les fréquences des vibrations (*la proporzione de i numeri delle vibrazioni*), et donc des ondes qui, en se propageant dans l'air, viennent frapper le tympan de l'oreille en le faisant vibrer aux mêmes intervalles de temps. ³⁸

Nous sommes dans un monde différent de celui de Zarlino, pourtant suivi par Kepler qui, en 1619, dans son *Harmonices Mundi*, développe une théorie un peu mystique associant

³⁶ Galilée, *Discours concernant deux sciences nouvelles*, traduction de Maurice Clavelin (Paris : A.Colin, 1970), Première journée, p. 78-88.

³⁷ *Ibid.*, p. 82

³⁸ *Ibid.*, p. 84. Dans sa traduction, Maurice Clavelin emploie le terme « fréquence » pour la traduction de *numeri delle vibrazioni*, ce qui est un anachronisme terminologique. Galilée parle de *vibrazioni sotto 'l medesimo tempo* (vibrations dans le même temps). Le concept de vibrations sonores était en cours d'élaboration. Le terme fréquence (et infréquence...), pour caractériser la hauteur d'un son, sera utilisé par Gassendi en 1658 (*opera omnia*, T. 2, liv. VII, ch. 4, « de auditu et auditione », Anisson, Lyon, 1658, p. 365).

les intervalles musicaux aux trajectoires des planètes. Concernant l'acoustique, on peut dire que Galilée n'est vraiment pas platonicien, ni bien entendu aristotélien, mais qu'il représente bien l'archétype d'un savant à venir, le physicien. Et il le montre en relatant une expérience, celle du couteau sur la plaque de laiton³⁹. Galilée raconte que, frottant une plaque de laiton avec un couteau pour la nettoyer, il entend des sons stridents (des grincements), et que sur la plaque, il observe des petites traces (des virgules, *virgoletta*, dit-il) laissées sur la surface par le passage du couteau. Ces virgules n'apparaissent que lorsque le son est émis. Il constate que les espacements décroissent avec la vitesse de déplacement et la hauteur du son, et même qu'ils sont dans un rapport de 2/3 lorsque le son saute à la quinte. Cette expérience, qui ne fait l'objet que d'une page dans les *Discorsi*, n'avait pas fortement interpellé les historiens jusqu'à la fin du XX^e siècle, mais la proximité du phénomène avec le procédé phonographique a été relevé par de nombreux commentateurs. Walker en parle⁴⁰, et c'est aussitôt pour nous expliquer que bien entendu Galilée se trompe (en effet, il prétend que les espacements diminuent lorsque la vitesse croît), et donc qu'une fois de plus, comme il était d'usage de l'affirmer il y a quelques décennies, Galilée avait fait une 'expérience de pensée'. Nous avons reproduit l'expérience, et nous en avons analysé les résultats avec les moyens d'aujourd'hui⁴¹. Galilée a bien entendu fait l'expérience, et s'il s'est trompé dans la formulation des résultats (il avait fait cette expérience bien longtemps avant la rédaction de l'ouvrage, et nous sommes dans un domaine complètement inconnu à cette époque) il n'en a pas moins conçu un procédé d'enregistrement des vibrations sonores qui permet de vérifier sa théorie sur la relation entre 'le nombre de vibrations dans le même temps' et la hauteur du son perçu. Accessoirement, et pour sourire un peu en utilisant les raccourcis faciles de nos 'historiens des techniques' médiatiques qui raffolent de ce genre d'anecdotes, on pourrait dire que Galilée est l'inventeur du phonographe (et pourquoi pas du compact disc)...

Galilée a observé les sons produits par des cordes, il en a modifié les tensions, et pas seulement les longueurs, il a élaboré une hypothèse sur la relation entre le nombre de vibrations et la hauteur des sons, il a enfin procédé à la vérification expérimentale de sa théorie. Malgré toutes les imperfections de sa démarche encore balbutiante, on est vraiment en présence d'une nouvelle approche des sciences, la méthode expérimentale.

Au delà de cette méthode, il semble bien que Galilée, à travers l'étude des vibrations sonores, soit fasciné par les mouvements périodiques (pendules, marées, cordes vibrantes, consonances). Encore une fois, comme pour son père, la musique a peut être constitué le terreau de sa réflexion scientifique. Voici ce qu'en dit Raymond Fredette :

C'est à Galileo qu'on doit d'avoir conservé dans ses papiers les écrits de Vincenzo. Il avait peut-être recueilli aussi des partitions et des compositions qui auraient alors sombrées avec la désastreuse dispersion de la collection dont le disciple Viviani avait hérité à la mort du maître. Et si Galileo est

³⁹ *Ibid.* p. 83.

⁴⁰ D.P. Walker, *Studies... op. cit.* 1978, p. 29-30.

⁴¹ L'étude de cette expérience fait l'objet d'un article accepté à paraître dans la *Revue d'Histoire des Sciences* (2008).

musicien, toute sa vie ce sera pour son plaisir de jouer du luth, et cela en amateur, et non comme un professionnel, à l'instar de son papa. Et pourtant! Les oscillations à la surface du vin des *bicchieri cantanti*, qu'il engendre en faisant vibrer de son doigt mouillé qui glisse sur les rebords de la coupe, lui font penser aux marées qui prouvent le mouvement de la Terre, qui lui font penser au pendule avec lequel il a mesuré le temps de chute des boules sur le plan incliné, etc. Galilée, contrairement à Benedetti, a une conscience très aiguë de ce qu'il fait et lorsqu'on regarde rétrospectivement l'ensemble de sa carrière de *filosofo-geometra*, qu'on a bien compris que sa synthèse cosmologique ne s'en va pas du tout en direction de celle de Newton, et qu'on cherche à deviner dans quelle direction Galilée regarde, ne serait-ce pas que le concept unificateur des phénomènes de mouvement de tous ces corps qui tombent en vertu de l'incompréhensible mais non moins réelle *gravitas*, soit celui de mouvement vibratoire ? (Raymond Fredette, correspondance personnelle).

Conclusion : les dualités fécondes, musique et physique, arts et sciences

Le milieu du XVI^{ème} siècle représente une rupture dans le statut de la musique. Considérée jusqu'alors comme un support aux divertissements populaires ou aux cérémonies religieuses, la musique existait également comme auxiliaire des mathématiques par son approche pratique de l'étude des rapports. La nécessaire codification du langage musical dans le respect de l'enseignement scolastique, mais également l'attraction pour un retour à la culture des anciens, ainsi que la passion des savants à observer et à comprendre la nature, vont curieusement permettre à la musique de prendre son autonomie. La musique se libère peu à peu de sa pratique collective, religieuse ou festive, pour construire un nouveau genre, plus spectaculaire, le *recitativo*. La musique se libère du rôle secondaire qu'elle occupait au sein du *quadrivium*, aux côtés de l'arithmétique, de la géométrie et de l'astronomie, pour créer ses propres règles et son propre langage. Enfin cette autonomie naissante de la musique par rapport aux mathématiques permet l'étude physique des sons, de leur production, de leur propagation, et de leur nature. Un peu plus d'un siècle plus tard, Jean Sébastien Bach crée les formes de la musique moderne, Rameau la codifie et en établit les règles d'harmonie, Sauveur invente l'acoustique musicale et Newton, qui, lui, n'aime pas la musique, construit la première explication de la propagation des sons comme un phénomène physique.

Florence à la fin du XVII^{ème} siècle est un lieu d'expression libérée. Ses gouvernants manifestent un certain respect envers la connaissance et l'intelligence qui permet l'épanouissement des sciences. Mais c'est sans doute la rencontre entre ces deux mondes, les arts et les sciences, qui se révèle féconde. Les arts, au sens de pratique, de métier, de technique dirait-on de nos jours, sont respectés grâce au statut que les corporations avaient pu

imposer dans le gouvernement de la cité depuis longtemps. Les sciences, jusqu'alors codifiées par l'Eglise et figées dans le respect du dogme, se sont développées grâce à l'apport des hellénistes qui ont permis la confrontation d'un aristotélisme rigide aux textes originaux et favorisé l'apparition d'une pensée créatrice. La rencontre de ces deux mondes, enfin, a été à l'origine d'une nouvelle approche de la connaissance, celle de Galilée (des Galilei...), fondée, non plus seulement sur le savoir dogmatique, mais sur un échange entre les connaissances théoriques, l'observation des phénomènes, la mesure des effets, les calculs mathématiques et la libre pensée, échange fécond qui représente sans aucun doute le fondement d'un siècle à venir, le siècle des Lumières.

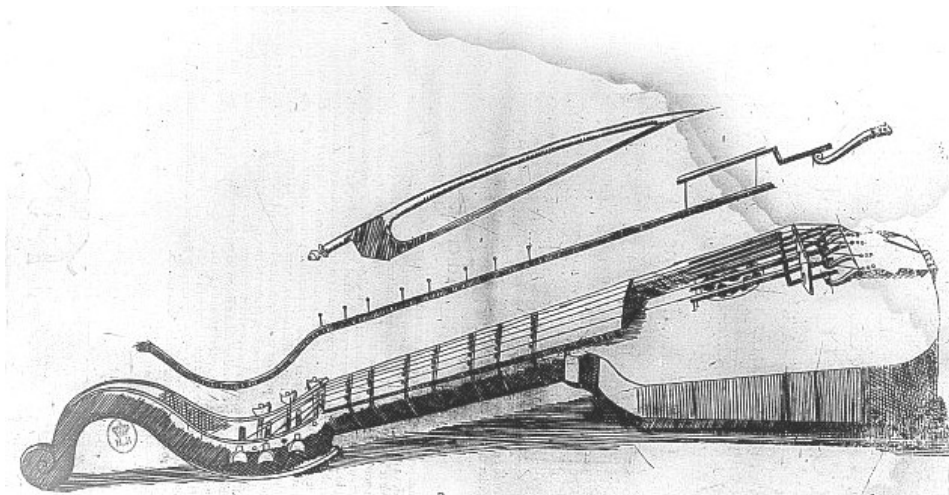


Figure 3 - Au 16ème siècle, les luthiers rivalisaient d'imagination pour créer de nouvelles formes de viole.

"Forme nouvelle d'instrument de musique duquel les cordes estans de métal et touchées de l'archet et des doigts rendent un son divers et fort plaisant car estant bien accordé, le son en est quasi semblable à celui de la lire et du clairon." (Illustration de 'Théâtre des instruments mathématiques et mécaniques', Jacques Besson, Lyon, 1582).

Bibliographie

Sources primaires

Boèce, *De institutione musica*, Leipzig, Teubnerus, 1867

Bouasse Henri, *Cordes et membranes*, Paris, Delagrave, 1926

Cavaillé Coll, De la détermination des dimensions des tuyaux par rapport à leur intonation, CR Académie des Sciences, Paris, janvier 1860.

Delezenne Charles, *Sur la formule de la corde vibrante*, Société d'agriculture, sciences et arts de Lille, Lille, 1851

Galilei Galileo, *Discours concernant deux sciences nouvelles*, traduction de Maurice Clavelin Paris, A.Colin, 1970

Galilei Galileo, *Opere*, Ed. Nazionale, Florence, 1900

Galilei Vincenzo, A special discourse concerning the unison, trad. Palisca, in *The Florentine Camerata : Documentary studies and translations*, Yale, University Press, New Haven, 1988

Galilei Vincenzo, *Discorso intorno alla diversita delle forme del Diapason*, trad. Palisca : A special discourse concerning the diversity of the ratios of the diapason, in *The Florentine Camerata*, Yale University Press, New Haven, 1988

Galilei Vincenzo, *Dialogo della musica antica e della moderna*, Florence, Marescotti, 1581

Gassendi Pierre, *Opera omnia*, tome 2, livre VII, Lyon, Anisson, 1658, Stuttgart, Frommann, 1964.

Macrobius, *somma scipionis*, gallica.bnf.fr

Mei Girolamo, *De modis*, Tokyo, Tsugami Eisuke, 1991.

Mersenne Marin, *Harmonie Universelle*, Paris, 1637, Ed. CNRS, Paris, 1964

Newton Isaac, *Philosophiae naturalis principia mathematica*, Londres, 1687, trad. Mme du Châtelet, Paris, 1759, Gabay, Paris, 1990

Sources secondaires

Bailhache Patrice, *Une histoire de l'acoustique musicale*, Paris, Ed. CNRS, 2001

Bailhache Patrice, *La musique traduite en mathématiques : Leonhard Euler*, Nantes, Centre François Viète, 1997

Coelho Victor, *Music and science in the age of Galileo*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1992

Cohen H. Floris, *Quantifying music*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1984

Drake, Stillman, *Renaissance music and experimental science*, in *Journal of the history of ideas*, 1970, vol 31/4

Drake, Stillman, *Music and philosophy in early modern science*, in Coelho , *Music and science in the age of Galileo*, Kluwer, Dordrecht, 1992..

Fredette Raymond, *D'où vient l'antiaristotélisme de Galileo Galilei*, Colloque : CIRST, Université du Québec, Montréal, 2002.

Geymonat Ludovico, *Galileo Galilei*, Einaudi, Turin, 1957, 1969, trad. F.M. Rosset et S. Martin, Laffont, Paris, 1969.

Koyré Alexandre, *Etudes d'histoire de la pensée scientifique*, Paris, Gallimard, 1966

Martin Henriette, *La Camerata du comte Bardi* in *Revue de Musicologie*, t. 13-14, Paris, 1932, 1933

Palisca, Claude Victor, *Studies in History of Italian music and music theory*, Clarendon Press, Oxford, 1994

Palisca, Claude Victor, *Letters on ancient and modern music*, Amsterdam, American Institute of Musicology, 1960

Palisca, Claude Victor, *The Florentine Camerata*, Yale University Press, New Haven, 1988

Palisca, Claude Victor, Was Galileo's father an experimental scientist ? in Coelho, *Music and science in the age of Galileo*, Kluwer, Dordrecht, 1992

Walker, Daniel, *Studies in musical science in the late renaissance*, Warburg Institute, Leiden, 1978.