

Note de recherche

D'où vient l'antiaristotélisme
de Galileo Galilei ?

Raymond Fredette

À la mémoire de Charles B. Schmitt (1933-1986)

2002-01

Pour se procurer des copies de cette note de recherche communiquer avec les chercheurs:

Adresse postale: CIRST
UQAM
C.P. 8888, Succursale Centre-ville
Montréal, Québec
Canada, H3C 3P8

Adresse civique: CIRST
UQAM
Pavillon Thérèse-Casgrain , 3e étage
455, boul. René-Lévesque Est, Bureau W-3040
Montréal, (Québec) Canada
H2L 4Y2

Téléphone (secrétariat du CIRST): (514) 987-4018

Télécopieur (secrétariat du CIRST): (514) 987-7726

Courrier électronique: CIRST@uqam.ca

Site Internet: www.unites.uqam.ca/cirst

Note de recherche

D'où vient l'antiaristotélisme
de
Galileo Galilei?

par

Raymond Fredette

À la mémoire de Charles B. Schmitt (1933-1986)

CIRST

Mai 2002

Entre le plan incliné et le pendule



Il s'agit d'un appareil galiléen affecté à une étude qui cherche à unifier les observations sur des plans inclinés avec celles sur les pendules.

Allocution-bricolage¹ prononcée le 2 novembre 2001

Question:

D'où vient l'antiaristotélisme de Galileo Galilei?

Réponse:

Cette attitude lui vient de son père Vincenzo Galilei.

Objectif et précautions méthodologiques.

En science, on explique un fait par une loi. En histoire, on explique le plus souvent un fait par un autre fait. Expliquer en science, c'est vouloir comprendre des faits en les ramenant à des lois générales. En histoire, par définition, il n'y a pour ainsi dire pas de lois générales: l'historique, en effet, est le domaine du singulier et la connaissance historique est donc aux prises avec le fait dans ce qu'il a d'unique. Expliquer un fait en histoire, c'est vouloir le comprendre dans sa singularité, son unicité. Pour cela, on ne peut guère généraliser. Voilà pourquoi en histoire on ne théorise pas, on raconte. On ne peut qu'essayer de jeter un éclairage sur le fait qu'on veut expliquer en lui juxtaposant d'autres faits. Pas n'importe lesquels cependant; seuls sont admissibles à une explication historique valable d'un fait les autres faits qui appartiennent vraiment à son histoire à lui. Métier difficile que celui de l'historien toujours tenté, à son insu le plus souvent, de faire dire aux faits plus que ce qu'ils autorisent et ainsi de romancer. De

¹ Cette petite causerie a été ponctuée par un *ricercare* de Vincenzo Galilei(0'55) joué au luth par András Kecskés Harmonia Mundi + #390766, 1994, le balancement d'un pendule depuis le plafond du local W-3235 de l'UQAM et 6 acétates dont on trouvera copie, une hors-texte, et les 5 autres en annexe B à la présente Note de recherche. Ces illustrations sont tirées d'un article de Thomas B. Settle, *La Rete degli esperimenti galileiani*, première partie du *Galileo e la Scienza Esperimentale*, a cura di M. Baldo Ceolin, Padova, Dipartimento di Fisica «galileo galilei», 1995, pp. 9-62. Merci à madame Milla Baldo Ceolin pour sa gracieuse autorisation de les reproduire. La présente causerie puise abondamment dans cet article et je profite de l'occasion pour dire un grand merci à son auteur dont le travail a guidé et inspiré le mien depuis près de 35 ans.

surcroît, en histoire des idées scientifiques, on nage entre ces deux mondes, puisqu'on veut expliquer des faits dont la nature est de prétendre être des lois. C'est sur ce petit fond épistémologique simpliste² et réducteur que je veux vous présenter, non pas un véritable conte bien ficelé, achevé, mais des croquis pour servir à esquisser un récit vrai. Voici donc un bricolage de faits, ceux que j'ai jugé pertinents pour expliquer le fait de l'antiaristotélisme du fils Galilei, en attirant l'attention sur un autre fait, l'exemple de Galilei père comme lui ayant fourni un remarquable modèle à suivre.

Croquis préliminaire.

Quelques remarques préalables

sur Aristote, l'aristotélisme et l'antiaristotélisme
en essayant de ne pas trop m'enfarger dans les fleurs
de ce gigantesque et vénérable tapis

L'attitude antiaristotélicienne de Galilée a marqué toute son oeuvre à une telle profondeur qu'il n'est pas possible de la lire, si on veut y avoir vraiment accès, sans une très solide connaissance d'Aristote, de l'aristotélisme et de l'antiaristotélisme. J'irai même jusqu'à dire que, tout compte fait, la plus grande dette que nous avons encore aujourd'hui envers Galilée c'est de nous avoir appris pourquoi et comment il fallait, en physique et en cosmologie, cesser de penser la nature comme Aristote et les aristotéliciens l'avaient fait, pourtant à très bon droit, pendant des siècles. Galilée pense une dernière fois Aristote³ et certaines idées aristotéliciennes en philosophie de la nature en ayant pour objectif de nous obliger à ne plus

² Il est bien évident que les choses ne sont pas si simples. Lorsqu'on veut mettre en relation un fait avec un autre fait, on est bien obligé de présumer une sorte de lien entre les deux et ce lien prend la forme d'une présomption en vertu de laquelle normalement les choses se passent à une époque donnée comme ceci et non pas comme cela, faisant donc appel comme à une loi sous-jacente ou une proto-loi.

³ Après quoi, il y aura rupture épistémologique. Voir à ce sujet, en annexe, une longue note, tirée de Fredette (1969), pp.435-438. Pour consultation de cette source, voir sur internet:
http://www.mpiwg-berlin.mpg.de/litserve/diss/fred_2/html/Page001.htm

devoir penser de cette façon. Et pour nous autoriser à penser autrement il a dû y consacrer rien de moins que la totalité de ses cinquante ans de carrière.

Il est hors de question ici d'entrer dans les contenus, mais je voudrais vous faire saisir intuitivement la disposition d'esprit de Galilée dans son attitude. Voici quelques exemples, tirés des tous premiers travaux de Galilée en physique, ses *De motu antiquiora*. Il s'agit simplement d'une liste de neuf titres de chapitres de l'Essai (qui en compte 23. distribués en deux livres, dans sa première version) et dont l'énoncé clame haut et fort le ton résolument antiaristotélicien dès cette toute première entreprise, rédigée autour de 1590.⁴

Chapitre 8 [262.19-273.31]

Dans lequel il est démontré que des mobiles différents mûs dans un même milieu respectent un autre rapport que celui qui leur a été attribué par Aristote.

Chapitre 10 [276.24-284.29]

Où, contre Aristote, il est démontré que, si le vide existait, le mouvement n'arriverait pas [en lui] dans l'instant, mais dans le temps.

Chapitre 11 [285.1-289.24]

Dans lequel l'erreur d'Aristote, en disant que l'air alourdit dans son lieu propre, est rendue manifeste.

⁴ On trouvera entre crochets [], la référence à la pagination couvrant l'ensemble du chapitre désigné des *De motu antiquiora*, au tome I de l'Edizione Nazionale en 20 volumes, Opere, Firenze, Barbèra, 1968. Il s'agit de ma traduction dont je prépare actuellement la publication aux Editions Les Belles-Lettres, à Paris. Ma traduction anglaise est terminée et devrait être accessible bientôt sur internet depuis le site de l'Institut Max-Planck d'Histoire des Sciences de Berlin: <http://www.mpiwg-berlin.mpg.de>. Cf. Raymond Fredette, Notes pour une traduction *intégrale* du Traité contenu dans les *De motu antiquiora* de Galilée, présentées au XXème Congrès international d'histoire des sciences, tenu à Liège du 20 au 26 juillet 1997, dans le cadre du Symposium Medieval and Classical Traditions and the Renaissance of Physico-Mathematical Sciences in the 16th Century, et parues fin 2001, VIII, Tome 50 (N.S. 13), pp. 125-130; voir aussi, Raymond Fredette, Galileo's *De motu antiquiora* : notes for a reappraisal, in *Largo Campo di Filosofare. Eurosymposium Galileo 2001*, (José Montesinos & Carlos Solís eds.) Tenerife, Islas Canarias, Puerto de

Chapitre 12 [289.5-294.13] dans lequel il est conclu contre Aristote qu'il ne faut pas supposer l'existence du purement et simplement léger ni du purement et simplement pesant: lesquels même s'ils étaient donnés, ne seront pas la terre et le feu comme il l'a cru.

Chapitre 13 [294.14-296.4]

Dans lequel il est démontré contre Aristote et Themistius, que c'est seulement dans le vide que peuvent être discernées avec précision les différences de pesanteurs et de mouvements.

Chapitre 15 [302.19-304.7]

Dans lequel il est conclu contre Aristote que les mouvements rectiligne et circulaire ont entre eux des rapports de grandeur.

Chapitre 19 [315.26-323.18]

Dans lequel est apportée sous les yeux de tout le monde la cause de l'accélération du mouvement naturel vers la fin, une cause de loin autre que celle que les aristotéliens lui apportent.

Chapitre 20 [323.19-328.10]

Dans lequel il est montré contre Aristote et la façon commune de penser, qu'au point de retour il n'est pas donné de repos.

Chapitre 21 [328.11-333.13]

Dans lequel il est prouvé contre Aristote que, si le mouvement naturel pouvait être prolonger sans fin, il ne deviendrait pas plus vite sans fin.

Comme *les Principes Mathématiques de la philosophie de la nature* (1687) de Newton ont dominé la pensée moderne pendant trois siècles en physique et en cosmologie, de la fin du XVII^e jusqu'au début du XX^e, les oeuvres «analogiquement» équivalentes d'Aristote ont dominé la pensée médiévale latine et de la Renaissance en philosophie de la nature pendant également trois siècles, du début du XIII^e à la fin du XVI^e.

Il me faut ici délimiter un peu le champ d'application à mon propos du mot aristotélisme. Entendons-nous pour dire que

l'aristotélisme qui nous occupe, c'est un vocable qui désigne ici l'histoire exceptionnellement riche qu'a connue un corpus de deux séries de textes, ceux d'Aristote, en version surtout latine, et ceux de leurs commentaires, en langue latine eux aussi. Et les textes d'Aristote visés ce ne sont pas ceux d'Aristote le premier codificateur de la logique, ni ceux du biologiste qui se faisait envoyer des spécimens d'études par son ancien élève Alexandre le Grand, parti à la conquête du monde, ni ceux du théoricien de la poésie ou de la rhétorique, ni ceux du sociologue ou du politologue, ni ceux du grand philosophe en éthique, ni non-plus ceux du métaphysicien. Non! Ce sont surtout ceux du physicien et du cosmologue. Je leur garde leur nom latin. Ce sont *Physica*, *De Caelo*, *De Generatione et Corruptione* et *Meteorologica*.

Par ailleurs, les aristotélisants qui s'adonnent à l'étude de l'aristotélisme au Moyen Âge et à la Renaissance font partie des ouvriers d'une industrie intellectuelle tout aussi florissante que celle des galiléisants comme moi qui eux carburent à la renommée de Galilée. Et, en 1967, j'ai eu le grand plaisir de faire des virés de bons vins et de bonnes bouffes avec Charles Schmitt (1933-1986), un des plus remarquables aristotélisants de la seconde moitié du siècle dernier.⁵ Schmitt était un élève du grand érudit italianisant Paul Kristeller et il avait commencé sa carrière comme disciple de Randall, l'auteur d'une thèse⁶ qui voudrait que Galilée au fond doive aux philosophes aristotéliens de l'Université de Padoue de l'avoir mis sur la voie de la science moderne. Charles Schmitt a passé des centaines et des centaines d'heures à lire, non pas des études, mais des sources manuscrites de l'époque. Et, petit à petit, il a découvert et nous a montré à

⁵ Nous sommes allés -c'était à l'été '67- Tom Settle, lui et moi, à vingt kilomètres au sud-est de Florence à une taverne de San Casciano fréquentée en son époque par Macchiavel, alors qu'il y était en exil à écrire *Le Prince*. Les deux titres suivants contiennent trente articles de lui s'échelonnant sur l'ensemble de la carrière: Charles B. Schmitt, *The Aristotelian Tradition and Renaissance University*, London, Collected Studies Series (Variorum Reprints), 1984 ainsi que Charles B. Schmitt, (Webster, Charles Ed.) *Reappraisals in Renaissance Thought*, London, Variorum, 1989.

⁶ J. H. Randall Jr., 'The Development of Scientific Method in the School of Padua', *The School of Padua and the Emergence of Modern Science*, Padova, Antenore, 1961.

tous que l'aristotélisme est un mot qu'il ne faudrait pas écrire au singulier. L'aristotélisme n'existe pas, il n'y a que des aristotélismes. Charles B. Schmitt est mort en 1986 à Venise, foudroyé à l'âge de 53 ans par un anévrisme de l'aorte. L'année suivante, en son hommage⁷, mon collègue médiéviste et historien des sciences Edward Grant a publié un article dans lequel j'ai puisé certains des renseignements qui suivent.

Je dois faire très vite. D'un côté, il faut placer Aristote et son oeuvre immense, dont on sonde encore aujourd'hui les richesses significatives. De l'autre, il y a l'impact de cette oeuvre, et le tout aussi immense travail de réflexion que cet impact a engendré, travail qui a donné lieu à une multitude d'aristotélismes. Après Galilée, et suite au succès de son antiaristotélisme à lui, on aura tendance à faire des caricatures des aristotéliens comme étant des ignorants attardés incapables de faire face à la nouveauté, des caricatures comme celles que Molière ou Bertold Brecht ont rendues inoubliables. La vérité historique est tout autre. Et sachez que si Galilée ridiculise certains aristotéliens de son époque, pas tous, il ne se rit jamais d'Aristote lui-même. Et pour cause, c'est en fréquentant assidûment, de très près, la pensée d'Aristote en physique et en cosmologie, muni au départ de sa propre disposition d'esprit antiaristotélienne qu'il a forgé petit à petit sa pensée révolutionnaire.

Les aristotéliens du Moyen Âge et de la Renaissance n'ont pas été des petits esprits serviles qui se seraient condamnés à se soumettre docilement à l'autorité de la parole d'Aristote. Et les écarts d'avec la parole d'Aristote de ces aristotéliens sont considérables. Voici trois petits exemples, parmi des centaines d'autres.

- pour Aristote, l'Univers a toujours existé et le mouvement éternel en son sein est attribué à l'existence d'une divinité

⁷ "No one laboured more heroically to describe and understand Medieval and Renaissance Aristotelianism than the late, and much lamented, Charles Schmitt. All who venture into the subject, owe him a great debt".(p.353); cf. 'Ways to Interpret the Terms «Aristotelian» and «Aristotelianism» in Medieval and Renaissance Natural Philosophy'.in *History of Science*, XXV,(1987), 335-358.

parfaite qui par son immuabilité même, engendre ce mouvement par "érotisme". Ce premier moteur, immobile, suscite le désir chez l'Univers qui alors, dans le but de se parfaire, se meut. Il va sans dire que cette divinité n'a aucun souci pour le monde d'ici-bas qui n'occupe aucune place dans sa pensée, acte-pur, pensée-pure, pure de tout désir. On est loin de Dieu le Père tout puissant qui a créé l'Univers, de son Fils Unique incarné pour venir sauver les humains du péché via la Vierge et le Saint-Esprit.

- les médiévaux ont très bien compris que le système d'Aristote des sphères concentriques était bien incapable de décrire correctement les astres tels qu'observés par les astronomes et ils ont endossé la mise au point descriptive -plus ou moins maladroite au plan théorique- de Ptolémée pour sauver les phénomènes. Or, il faut savoir que ce glissement a pour conséquence de multiplier les centres autour desquels on peut imaginer qu'une même planète se meut. Une idée qui entre les mains d'un Copernic finira par être dévastatrice pour le système.

- selon Aristote le monde est plein. Le vide ne peut pas exister. N'empêche qu'un Albert le Grand sera suivi dans ses spéculations sur les possibilités que l'éther, la matière céleste, puisse être sujet à des condensations et des raréfactions.⁸ De telles idées mènent à contester les conceptions strictement continuistes de la matière qu'Aristote défend si vigoureusement pour se prémunir contre les effets nocifs des paradoxes de Zénon d'Élée à propos du mouvement.

Tout ceci, pour être clair, nécessiterait des développements. Je veux simplement faire comprendre que le travail des aristotéliens n'a pas été une tâche de perroquet mais une besogne de pensée hautement originale. Et si on avait le temps, on pourrait passer des heures à investiguer les écarts des aristotéliens d'avec la parole même d'Aristote, pour faire apparaître dans leurs profondes diversités les aristotélismes. Je me contente, en complément, d'une toute petite liste de quatre domaines majeurs de la philosophie naturelle, dans lesquels les aristotéliens médiévaux ont innové:

⁸ Cf. Grant (1987), voir supra note précédente, p. 338, note 15.

- en contestant le caractère radical chez Aristote de la différence entre matière céleste et matière terrestre, pour commencer à en accentuer les similitudes;
- en admettant certaines opinions qu'Aristote avait jugées inadmissibles parce qu'à ses yeux impossibles. Les médiévaux, comme Aristote, ne croient pas à l'existence du vide, par contre, ils ont très bien compris comment le mouvement d'un corps dans le vide serait parfaitement intelligible et possible, en théorie.
- en concevant que les corps terrestres, selon Aristote, composés ou bien du pesant ou bien du léger, puissent être des corps mixtes, dans lesquels la légèreté en eux cause une résistance interne à l'aller vers le bas, et où la pesanteur en eux agit comme une force motrice interne.
- en produisant une analyse du mouvement de translation des corps en terme d'impetus et en remplaçant dans ces analyses les relations de type géométrique privilégiées par Aristote, par des relations de nature arithmétique.

Il y a cependant chez les scolastiques, au-delà des profondes divergences entre les aristotélismes, comme un noyau dur, sur lequel on trouve comme une macrostructure ou un cadre général de la représentation du monde et sur lequel on s'entendait avec Aristote lui-même. En voici l'image: l'Univers était une boule matérielle sphérique, finie et unique, divisée en deux parties radicalement différentes: une, terrestre, et une autre, céleste. La partie céleste s'étendait depuis la sphère de la Lune jusqu'aux confins de la voûte où on croit que se trouvent, fixées à elle, les étoiles; et au-delà, résident Dieu et les bienheureux. Composé d'un élément incorruptible qui lui est propre, l'éther, le ciel était subdivisé en différentes sphères - une pour chaque planète connue - qui tournaient selon un mouvement circulaire uniforme. C'est là le seul changement qui leur arrive: ils changent de place, de lieu, c'est tout. Ainsi à cause de leur plus grande perfection, les corps célestes, qui ne sont pas sujet à des changements ni substantiels, ni accidentels, comme la taille, la forme, la position, étaient supposés influencer le comportement des corps organiques et inorganiques de la région terrestre. Unanimes dans leur croyance que la Terre gisait au plus bas, le

plus loin des bienheureux, donc au centre, les scolastiques s'entendaient pour dire avec Aristote que les corps terrestres, eux, sont composés de quatre éléments, terre-eau-air-feu, sujets à des changements incessants. Qui plus est, à chacun de ces éléments était assigné un lieu sublunaire naturel qu'il chercherait à atteindre, et s'y reposer, s'il n'en était pas entravé. Or, c'est à ce noyau dur que Galilée, au départ, s'est attaqué. Voilà la nature propre de son antiaristotélisme. Et, comme on sait, l'Église de Rome depuis trois siècles s'était sérieusement commise et avait recruté Aristote Le Philosophe pour défendre sa dogmatique.

Galilée est cependant loin d'être le premier à contester dans leurs fondements même les aristotélismes. Si au XIII^e et au XIV^e siècle, Aristote n'avait pas vraiment de compétiteurs, à partir du XV^e vont entrer en scène les platonismes,⁹ et d'autres courants dans les sillons du stoïcisme, de l'épicurisme, et enfin celui que Galilée va enfourcher - et il devra le payer très cher, l'atomisme. A cela va s'ajouter une discipline qui va venir contester la primauté de la philosophie elle-même à dire le vrai des choses, à savoir les mathématiques. Galilée va choisir le métier de mathématicien mais ce sera dans le but de s'en servir comme tremplin pour inventer une toute nouvelle figure du philosophe de la nature: le philosophe-géomètre-expérimentateur.

5 Croquis principaux pour illustrer une idée:

le père de Galilée a fourni à son fils un modèle de chercheur

Croquis #1

Celui dont on dira qu'il est le père de la science moderne
est le fils d'un des pères de l'opéra

Vincenzo Galilei, le père de Galileo Galilei dit Galilée, est un musicien et un musicologue qui a très activement participé

⁹ Cf. Pierre Magnard (ed), *Marcel Ficin, les platonismes à la Renaissance*, Paris, Vrin (coll. Philologie et Mercure), 2001, 203pp.

et contribué à la naissance de l'opéra. Il faut rappeler ici que cette forme musicale prend son origine dans la mise au point de ce qu'on appelle le récitatif. Or, le récitatif c'est

"l'art tout à fait nouveau de transformer le langage parlé en langage déclamé musicalement, de manière à permettre l'exécution entièrement musicale d'un drame qui ne serait plus récité, mais confié à des chanteurs. La vraie innovation des toutes dernières années du XVI^e siècle et du début du XVII^e réside justement dans cet événement. En fait, avec l'apparition du récitatif, la musique quitte son rôle secondaire de musique de scène (chœurs, ballets, intermèdes, airs, madrigaux), pour assumer le rôle principal ou, du moins, pour se ranger aux côtés de la poésie à égalités de condition. ...Le récitatif apparaît, ..., d'abord dans les salons musicaux de Florence chez Giovanni Bardi." ¹⁰

Giovanni Maria dei Bardi, comte de Vernio, (né à Florence le 5 septembre 1534 et mort en septembre 1612) avait recruté vers 1560 les services de Vincenzo Galilei. Bardi¹¹ s'était d'abord illustré dans sa jeunesse par ses exploits militaires au service de Cosme I^{er}. le Duc de Toscane qui deviendra ainsi Grand Duc. Mais Bardi est le noble courtisan dont le palais va servir de lieu de rencontres informelles, connues sous le nom de Camerata Fiorentina.¹² On y fait de la musique, et on y discute poésie et théorie musicale, ainsi que de sciences. Le soldat Bardi est alors devenu un critique littéraire, un poète, un dramaturge et un

¹⁰ Cf. *La Musique* (Norbert Dufourcq, éditeur), Paris, Librairie Larousse, 1965, tome I, livre iv, ch.3, L'Italie jusqu'à la mort de Carissimi, par Claudio Sartori, 245-256; voir p. 242.

¹¹ cf. l'article "Bardi" in *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (ed. Stanley Sadie), London: Macmillan, 1980; voir la seconde édition, parue en 2001, vol. 2, pp. 719-20.

¹² Cf. Claude Palisca, *The Florentine Camerata: Documentary Studies and Translations*, New Haven/London, 1988. Cet ouvrage contient, notamment, la toute première transcription et une traduction anglaise de trois essais scientifiques de Vincenzo, rédigés après 1589, et restés inédits. Voici en quels termes Palisca ouvre le premier paragraphe de sa présentation: "The three essays by Vincenzo Galilei published here for the first time constitute a landmark in the history of science as well as of music. ... In the present essays Galilei ...presents evidence gained by experimentation with various kinds of sound-generators". C'est à Claude Palisca, réputé musicologue actuel, que l'histoire des sciences doit, dans un article d'il y a plus de 40 ans, d'avoir fait valoir le travail empirique du père de Galilée. Cf. Claude V. Palisca, *Scientific Empiricism in Musical Thought*, paru dans *Seventeenth Century Science and the Arts* (H. H. Rhys, ed.) Princeton university press, 1961, pp. 91-137

compositeur. Et en tant qu'hôte des réunions de la Camerata Fiorentina, c'est à lui que l'histoire reconnaît d'avoir donné le principal élan d'un mouvement qui mènera aux premières expériences de la monodie lyrique et dramatique, et de là, à la création de la forme qu'est l'opéra.

Croquis #2

L'attitude épistémologique de Vincenzo Galilei

Vincenzo Galilei publie en 1581 à Florence chez G. Marescotti un ouvrage intitulé *Dialogo della musica antica e della moderna*. Au tout début de ce Dialogue, Piero Strozzi¹³ déclare à Giovanni Bardi:

*"Avant que Votre Seigneurie ne commence à défaire le nœud de ce sujet équivoque [il s'agit de la définition de la diatonique, i.e. déterminer l'échelle des tons et demi-tons telle que pratiquée à l'époque], je désire, à propos des choses que la sensation peut atteindre, que soit mise de côté (comme Aristote le signale au livre 8 de la Physique [Aristote, Physiques, VIII, ch.1, 252a21-25] non seulement l'autorité, mais la raison biaisée qui récuse 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 valide."*¹⁴

¹³ Piero Strozzi (né à Florence, c.1550, mort à Florence après le 1er septembre 1609) appartient à la prestigieuse et noble famille de banquiers, rivale des Médicis. Il a été un compositeur amateur dont un contemporain a dit qu'il était de valeur "égale à n'importe quel professionnel". Il aurait pris une part active aux discussions de la Camerata Fiorentina sur la réforme de la musique et c'est manifestement à ce titre que Vincenzo l'utilise comme prête nom ici pour servir de répondant à Bardi, son patron protecteur. Pour d'autres informations, voir l'article de Edmond Strainchamps, "Piero Strozzi", in *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (ed. Stanley Sadie), London: Macmillan, 1980; voir la seconde édition, parue en 2001, vol. 24, pp. 606-610.

¹⁴ "Prima che V.S. cominci a sciorre il modo del dubbio proposto, desidero che in quelle cose dove arriva il senso, si lasci (come dice Arist. nell'ottavo della Fisica [Aristote, Physiques, VIII, ch.1, 252a21-25] sempre da parte non solo l'autorità; ma la colorata ragione che si fusso contrario con qual si voglia apparenza di verità, perche mi pare che faccino cosa ridicola (per non dire insieme col Filosofo, da stolti) quelli che per prova di qual si sia conclusione lore, vogliono, che si creda senz'altro, alla semplice autorità; senza addure di esse ragioni che valide siano.", (p.2) cité d'après Palisca, Claude V., 'Was Galileo's Father an

Le passage des *Physiques* d'Aristote auquel Vincenzo Galilei renvoie au début de son *Dialogo* est une remarque méthodologique que le Stagirite laisse tomber en discutant une théorie contre l'éternité du monde d'Empédocle et de ceux qui le suivent. Aristote lance ceci :

"Mais même ici celui qui soutient la théorie ne doit pas que l'affirmer comme un fait: il doit en expliquer la cause: i.e. il ne doit pas faire simplement une supposition ou poser gratuitement un axiome, mais il doit utiliser une argumentation par voie inductive ou démonstrative." ¹⁵

Mon but est que vous reteniez bien ici que Vincenzo se sert de l'autorité d'Aristote pour faire valoir qu'en science, l'argument d'autorité n'a aucune valeur. Et on va voir que l'autorité à laquelle Vincenzo va s'en prendre est de taille: à savoir Pythagore, dont les découvertes en acoustique en on fait le fondateur de la philosophie selon laquelle les nombres sont les principes de toutes choses et Platon, son plus célèbre disciple, via les prétentions théoriques du pythagoricien-platonisant Gioseffo Zarlino, alors à la tête de l'école musicale de Venise. Et comme nous allons bientôt le voir, Galilei fils, tout au long de son adolescence et durant toute la période de sa formation universitaire, sera témoin chez son père Vincenzo, d'un formidable travail de recherche théorique que la pratique expérimentale va venir bouleverser de fond en comble et récompenser par des découvertes majeures.

Croquis #3

Quelques détails biographiques pointus
dont j'ai besoin pour bien illustrer mon propos
sur et autour des Galilei, père et fils,

Experimental Scientist?', dans *Music and Science in the Age of Galileo*, Dordrecht/Boston/London, Kluwer Academic Publishers, 1992, pp. 143-151, notamment p. 143-144 (ma traduction).

¹⁵ Cf. Aristote, *Phys.*, VIII, 1, 252a 22-25, je traduis ici non pas du grec mais d'après la version anglaise de W. D. Ross.

Vincenzio est né, quelque part durant les années 1520, à Santa Maria a Monte dans ce qui est aujourd'hui la province de Pise. On ne sait pas d'où lui vient sa formation musicale. Mais il est déjà sous la protection de Giovanni Bardi, à titre de luthiste et d'altiste dans la Camerata Fiorentina, lorsque, fin de la trentaine-début de la quarantaine, il va épouser à Pise en 1562 Giulia Ammannati, issue d'une noble famille pisane de marchands de draps. Deux ans plus tard, à Pise toujours, naît Galileo, qui sera l'aîné de la famille, un statut de responsabilité qui lui pèsera très lourd toute sa vie après la mort dans la soixantaine le 2 juillet 1591 de son père.

On sait que Vincenzio en 1568 a inauguré sa carrière de musicologue en faisant publier à Venise un *Fronimo: dialogo ... nel quale si contengono le vere, et necessarie regole del intavolare la musica nel liuto*, ouvrage didactique sur la façon d'annoter par écrit le luth.¹⁶ Ce n'est cependant pas seulement à titre de virtuose du luth et du violon alto que Giovanni Bardi retient les services du père de Galilée. Il se signale par d'autres habilités musicales: il avait paraît-il aussi une belle voix de baryton-basse, il se révèle un professeur estimé, il compose (malheureusement son oeuvre est presque complètement perdue) et enfin il s'intéresse aussi au débats de l'époque sur la théorie musicale. Et c'est sur cet aspect de la carrière que j'insisterai davantage.

En fait, Vincenzio va devenir le 'teorico' officiel du groupe de discussions de La Camerata Fiorentina. Bardi le délègue pour aller étudier à Venise auprès de Gioseffo Zarlino qui enseigne le contrepoint. Celui-ci est également un théoricien néopythagoricien platonisant en musique. Il est reconnu par avoir été, avec Fracastoro et Benedetti¹⁷, parmi ceux qui au XVI^e siècle ont sérieusement étudié le système harmonique. Et il a spéculé sur les

¹⁶ Ce *Fronimo* sera réédité en 1584 et Vincenzio y annonce alors son intention de publier ses transcriptions de plus de 3000 titres de chansons italiennes, françaises, espagnoles, ainsi que des motets latins.

¹⁷ Cf. Cohen, F. H. (1987) Benedetti's view on Musical Science and their Background in Contemporary Venitian Culture. *Atti del Convegno Internazionale di Studio: Giovan Battista Benedetti e il suo Tempo*. L. e. A. Istituto Veneto di Scienze. Venezia, Antonio Manno, pp.301-310

rappports arithmétiques véhiculés depuis des siècles par la tradition acoustique pythagoricienne. Par ailleurs, Zarlino, même s'il ne lisait pas le grec, a aussi étudié attentivement les auteurs tant anciens que médiévaux en musique laquelle, rappelons le, avec l'arithmétique, la géométrie et l'astronomie constitue l'une des quatre disciplines du quadrivium des 7 arts libéraux, le trivium étant composé de la logique, de la grammaire et de la rhétorique. Mais il est aussi un praticien de la musique puisqu'il est instrumentiste et compositeur. Il fut l'élève du grand musicien flamand Adrien Willaert, le fondateur de l'école vénitienne. C'est vraisemblablement autour de 1563 que Vincenzo étudiera auprès de Zarlino qui, en 1565, occupera et cela jusqu'à sa mort en 1590 la fonction de maître de chapelle de Saint Marc de Venise.¹⁸

Zarlino a proposé une théorie pour expliquer ce qui rend harmonique, plaisant, certains sons et pas d'autres. Cette théorie postule qu'il existe des nombres «sonores», formant un ensemble qu'il appelle, le "senario". Selon Zarlino ¹⁹, ce sont les rapports des six premiers nombres naturels - 1,2,3,4,5,6 - qui donnent des combinaisons dont les tonalités sont plaisantes. L'harmonie vient de la nature même de ces rapports numériques, les rapports des autres nombres étant, par nature, discordants et inharmonieux. Pour illustrer cela, depuis l'Antiquité et Pythagore, on utilise un instrument spécial, le monocorde. Le rapport 2/1 est celui de l'octave, comme cela est évident lorsqu'on fixe avec son doigt la corde du monocorde en son milieu. Si toute la corde sur toute sa longueur quand on la fait vibrer

¹⁸ Cf. *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (ed. Stanley Sadie), London: Macmillan, 1980; voir la seconde édition, parue en 2001; pour Vincenzo Galilei, voir vol. 9, pp.436-439; pour Gioseffo Zarlino, voir le vol. 27, pp. 751-754.

¹⁹ Cf. ses *Istitutioni harmoniche*, publiée à Venise en 1558 et ses *Dimostrationsi harmoniche*, publiées aussi à Venise, chez Francesco dei Franceschi Senese, en 1571, (voir, notamment au livre I, ch. 16, p. 27), mais surtout ses *Sopplimenti musicali* de 1588 toujours chez le même éditeur, et auxquels Vincenzo Galilei va s'en prendre de façon virulente dans son *Discorso intorno all'opere di messer Gioseffo Zarlino da Chioggia*, Firenze, rédigé en date de 1589. Mon exposé réduit ici les choses à leur plus simple expression.

donne une certaine note, quand on en fait vibrer la moitié, la note entendue sera la même mais une octave plus haut. Pour Zarlino, la cause de l'harmonie résidait ainsi dans les nombres sonores eux-mêmes et n'avait selon lui rien à voir avec les propriétés matérielles de la corde ou de l'instrument ou des mécanismes de génération, de transmission et de perception du son. Comme auditeur et auditrice, ce qui nous ravit, c'est de saisir dans notre âme, par réminiscence de l'idée, l'essence même du rapport 2/1.

Vincenzio se stabilise à Florence à partir de 1572 où il travaille régulièrement au sein de la Camerata Fiorentina. Depuis le début des années '70, Vincenzio prépare un *Compendio*, un abrégé des *Istitutioni Harmoniche* de son maître Zarlino dont il endosse les théories. Cependant, à mesure qu'il progresse, il décide d'enrichir son travail d'informations et de points de vue qu'il emprunte à des auteurs grecs anciens, dont Aristoxène²⁰ de Tarente et le célèbre Ptolémée, qu'il étudie en s'aidant de traductions, en langue latine qu'il ne maîtrise pas parfaitement bien, mais surtout italienne. Son abrégé ²¹ s'interrompt sur une comparaison des di-verses sortes d'octaves, selon Ptolémée, Boèce, et un contemporain, Gaffurius, indice qu'il fait face à des problèmes d'interprétation qu'il n'arrive pas à résoudre. Il prend alors connaissance de l'existence, à Rome, d'un humaniste florentin, qui a fait une étude très poussée des "modes" grecs, en ayant colligé tous les textes concernés. Cet humaniste, c'est Girolamo Mei. Au début de l'année 1572, Vincenzio fait appel à lui. Commence alors entre eux une correspondance de neuf ans entrecoupée de deux

²⁰ Disciple d'Aristote, il a vécu autour de 350 av. J.C., il est l'auteur des deux plus anciens traités de musique de la Grèce antique, *Sur le rythme* et *Éléments harmoniques*.

²¹ Le *Compendio di Vincentio Galilei nella Tehorica(sic) della Musica*, se trouve aux folios 3recto à 47verso du manuscrit #4 parmi les Mss Gal «Anteriori» du catalogue de Angiolo Procissi, *La Collezione Galileiana della Biblioteca Nazionale di Firenze*, Vol. 2: "Contemporanei" e "Discepoli" (Parte I), Rome, Ist. Poligrafico e Zecca dello Stato, 1959.

consultations de vive voix, qui va marquer un point tournant dans la carrière de notre musicologue.

Voici comment Palisca raconte un évènement clef:

"On one occasion, seeing that his correspondent clung to Zarlino's senario theory and to just intonation, Mei suggested to Galilei that he try a simple experiment to prove whether voice sang the supposedly natural intervals. Mei wrote: «Stretch out over a lute (the larger it is, the more obvious will be what we wish to prove to the ear) two ... strings of equal lenght and width, and measure out the frets under them accuratly according to the distribution of the intervals in each of the two species of tuning - the syntonic [just intonation] and ditonic [Pythagorean] - and then, taking the notes of the tetrachord one by one by means of the frets of each string, observe which of the two strings gives the notes that correspond to what is sung today. This without any further doubt the answer will result to anyone, even if what I have often fancied on my own more as a matter of opinion than judgment is not true».

"It is likely that Galilei went ahead to make this simple experiment, because he was soon convinced that the syntonic was not the tuning in use, but that neither was it what Mei had 'fancied'. That year, 1578, Galilei sent his first discourse to Zarlino under a pseudonym, to begin the polemic that was to last more than twelve years".²²

En 1581, on en a déjà parlé au croquis #2, Vincenzo publie à Florence son *Dialogue sur la musique ancienne et la moderne*. Il va articuler peu à peu sa contestation, expérimentations à l'appui, des théories pythagorico-platoniciennes de Zarlino.

Galileo, lui, a alors 17 ans, il est manifestement un jeune homme brillant, il excelle, comme son père, au luth, un instrument dont il va jouer toute sa vie et qui lui servira d'exutoire lorsqu'il deviendra aveugle. Il est également très habile au dessein. Longtemps plus tard, une fois célèbre, il avouera que s'il avait eu le choix à l'adolescence, c'est peintre qu'il

²² Cf. Claude V. Palisca, 'Scientific Empiricism in Musical Thought', un parmi les articles de l'auteur publiés in *Studies in the History of Italian Music and Musical Theory*, Oxford, Clarendon Press, 1994, pp. 200-235, voir p. 227. Le passage cité se trouve dans la lettre du 17 janvier 1578 de Mei à Galilei. Cf. *Girolamo Mei (1519-1594) Letters On Ancient and Modern Music to Vincenzo Galilei and Giovanni Bardi, A Study with Annotated Texts* by Claude V. Palisca, Second, corrected edition, with Addenda, Neuhausen-Stuttgart, American Institute of Musicology, 1977, p. 140 (folio 48 verso). Voir également ci-dessus note 12

voulait devenir.²³ Mais peintre ou musicien, cela n'est pas un travail bien rémunéré. Vincenzo le sait d'expérience. Et le père insiste à cette époque pour que son fils devienne médecin, comme Galileus Galileus (c.1370-c.1450), l'ancêtre médecin et philosophe qui repose sous une dalle à l'église Santa Croce de Florence. Il avait donc fait entrer Galileo à la Faculté des Arts de l'Université de Pise pour le préparer à obtenir son diplôme médical.

Pour en terminer avec ses données biographiques pertinentes à mes croquis, voici un choix de faits saillants à mettre en parallèle de la vie des Galilei père et fils, entre 1581 et 1591, i.e. dix ans de carrière, les dix premières pour le fils, les dix dernières pour le père.

Vincenzio Galilei a passé les dix dernières années de sa vie à promouvoir et des idées et des pratiques musicales non seulement en Toscane (Florence, Pise, Sienne) mais aussi à l'étranger où son passage est signalé, à Rome deux fois, à Messine en Sicile, à Venise, à Marseille et à Monaco auprès du Duc de Bavière, Albert IV le Magnanime. Au sein de la Camerata Fiorentina il fait la promotion du récitatif comme forme musicale. La musique polyphonique en vogue à l'époque avec les complexités toujours plus riches du contrepoint font que la poésie des mots que cette musique est censée accompagner vient à être noyée. Dans son *Dialogo* de 1581, Vincenzo dira : "La partie la plus noble, importante et principale de la musique ... ce sont les concepts exprimés de l'âme au moyen des mots, et non pas les accords des parties comme le disent et le croient les praticiens modernes".²⁴ Et c'est durant cette décade que Vincenzo va mettre au point des expérimentations, guidées par son point de vue résolument empirique de compositeur et d'instrumentiste, afin de tester la validité des prétentions théoriques de Zarlino. Et c'est en 1589 qu'il va rédiger à Florence ses résultats dont le manuscrit a été

²³ Cf Horst Bredekamp, *Gazing Hands and Blind Spots: Galileo as Draftsman*, in *Science in Context*, 2000, 13, 3/4, 432-462.

²⁴ "La parte più nobile importante e principale della musica ... sono concetti dell'animo espressi col mezzo delle parole, e non gli accordi delle parti come dicono e credono i moderni pratici". Cf. op.cit, p. 83.

conservé sous le titre de *Discorso intorno all'opera di Gioseffo Zarlino da Chioggia*.

Durant cette même décade, le fils inaugure de façon assez fulgurante la carrière qui sera la sienne. Si Galilée était entré à l'Université de Pise, à l'automne 1580²⁵, pour y faire médecine, il revient pour de bon à Florence sans son diplôme en 1585. Déjà en 1583, il aurait découvert l'isochronisme du pendule et les expérimentations de Vincenzo y sont peut-être pour quelque chose; on y reviendra en terminant. Entre 1583 et 1585, guidé par un ami de son père, l'ingénieur et mathématicien Ostilio Ricci²⁶, il lit les *Éléments* d'Euclide en s'aidant, notamment, des commentaires qu'en a fait le renommé astronome-mathématicien jésuite Christophe Clavius, responsable, sous le pape Grégoire XIII, de la réforme du calendrier julien. Il lit aussi les oeuvres d'Archimède qui, littéralement, vont le passionner. Il vient ainsi de découvrir ceux qui seront ses vrais maîtres. Galilée ne sera pas médecin mais mathématicien afin de révolutionner la philosophie naturelle. En 1586, il écrit *La Bilancetta*, son petit traité de *La Balance Hydrostatique* où il fournit une solution parfaitement exacte et vraisemblable, preuve et données expérimentales à l'appui, du fameux problème de Hiéron qui avait demandé à Archimède une méthode pour s'assurer que la couronne d'or pur qu'il avait commandé à son joaillier n'était pas un frauduleux alliage or-argent. En 1587, il se rend à Rome visiter le père Clavius et il lui soumet pour critique des démonstrations originales dans le prolongement de celles du traité d'Archimède sur *l'Équilibre des plans*. Clavius est impressionné mais croit (à tort²⁷) déceler une erreur de pétition de principe. Galilée ne

²⁵ La date de 1581 habituellement mentionnée et attestée par Favaro est erronée; cf. Del Gratta, R., A proposito della data d'iscrizione di Galileo Galilei all'Universita' di Pisa (1580 settembre 5; e non 1581), *Bolletino storico pisano*, 46, 1977, 556-558

²⁶ Cf. Thomas B. Settle, Ostilio Ricci, a Bridge Between Alberti and Galileo, *Actes du XIIème Congrès International d'Histoire des Sciences*, Paris, 1971, pp.121-126.

²⁷ Cf. Galileo Galilei, *Two New Sciences, including Centers of Gravity and Force of Percussion*. A new translation with introduction and Notes by Stillman Drake, Madison, University of Wisconsin Press, 1974, page 263, note 2.

prend cependant pas la chose à la légère. Il demande à Clavius de l'aider à parfaire sa formation en logique et en philosophie de la nature. Galilée obtient ainsi via Clavius des copies manuscrites des meilleures notes de cours des professeurs jésuites du Collegio Romano sur Aristote et il s'en fait des abrégés, des résumés ou encore il s'en copie des passages dans ces deux domaines spécifiques. Tout d'abord, sur la nature de ce qu'est une vraie science, en référence aux *Seconds Analytiques*,²⁸ Ensuite, sur certaines questions de bases en cosmologie et en physique, en références aux *Physiques*, au *De Caelo*, au *De Generatione et Corruptione*.²⁹ Depuis 1585, il cherche lui-même à assurer son indépendance économique. Il donne des leçons privées. Il pose sa candidature à divers postes d'enseignement des mathématiques à Bologne, Padoue, Pise et Florence. Il est invité à donner deux conférences à l'Accademia Fiorentina sur *l'Enfer* de Dante³⁰.

²⁸ Cf. Galileo Galilei, *Tractatio de Praecognitionibus et Praecognitis* ainsi que le *Tractatio de Demonstratione*, transcribed from the Latin Autograph by William F. Edwards, with an Introduction, Notes, and Commentary by William A. Wallace, Padova, Editrice Antenore, 1988. Favaro avait à tort daté ces notes de 1580 et ne les avaient pas vraiment jugées digne d'être publiées intégralement. Or Wallace a montré hors de tout doute que ces autographes ne datent pas de l'époque où Galilée préparait médecine, mais de celle où, ayant carrément opté pour le métier de mathématicien, il se préparait et songeait à la rédaction de ses *De motu antiquiora*. Cf. Raymond Fredette, *Galileo's De motu antiquiora : notes for a reappraisal*, voir supra note 4, pp. 177-178.

²⁹ Ce sont les *Juvenilia*. Cf. le tome I de l'Edizione Nazionale de Favaro publiée en 1890. Tant ici que dans le cas des *Tractationes* de la note précédente, il faut bien comprendre que ces autographes de Galilée nous donne accès non pas à ce que Galilée lui-même pense, mais à ce que les jésuites de l'époque considèrent ce qu'il faut penser sur ces questions. Et la façon dont Wallace interprète ces textes comme s'il révélait la pensée du jeune Galilée me semble tout à fait à côté de la plaque. Cf. William A. Wallace, *Galileo and his sources: the heritage of the Collegio Romano in Galileo's science*, Princeton, Princeton U. Press, 1984, xiv + 371 pages. W.A. Wallace, *Galileo's logic of discovery and proof: the background, content, and use of his appropriated treatises on Aristotle's Posterior Analytics*, Dordrecht, Kluwer, Boston studies in the philosophy of science, v.137, 1992, xix + 323; en voir la recension in *British Journal for the History of Science*, 1993, 26, 489-491.

³⁰ Cf deux textes de Mark A. Peterson, 'Dante's Physics' in *The Divine Comedy and the Encyclopedia of Arts and Sciences*, (Di Scipio, Giuseppe & Aldo Scaglione, eds.), Amsterdam/Philadelphia, Benjamins, 1988, pp.163-180, ainsi que Galileo's Discovery of Scaling Laws [abstract:Galileo's realization that nature is not scale invariant, motivating his subsequent

Ostilio Ricci le fait entrer membre de l'Accademia del Disegno de Florence, une institution à cheval entre une académie des beaux-arts et une école polytechnique. Un autre ami ingénieur et mathématicien de son père, le marquis Guido Ubaldo dal Monte, a peut-être usé de son pouvoir de courtisan pour que ce jeune homme dont il encourage les orientations obtienne un contrat de 3 ans pour occuper la Chaire de Mathématique de son alma mater, l'Université de Pise. Il l'obtient et y entre en 1589. Trois ans plus tard, Galilée aura rédigé ses *De motu antiquiora*, ses premiers travaux sur le mouvement, lançant ainsi son propre programme de recherches comme philosophe-géomètre-expérimentateur. Il faut bien garder en tête que le métier de mathématicien à l'époque recouvre un spectre large qui va de l'artisan qui fabrique des instruments, à l'arpenteur, à l'architecte militaire, à l'ingénieur et au pur théoricien. Et c'est une profession en rapide mobilité sociale ascendante. Galilée n'a pas trente ans. Vincenzo s'éteint en 1591 et son fils, l'année suivante, part à l'étranger pour 18 ans à Padoue, en république de Venise. Quand il reviendra au pays, en 1610, il sera célèbre dans toute l'Europe et ce sera à titre de premier philosophe et mathématicien du tout nouveau Grand Duc de Toscane, Cosme II de Médicis, celui à qui, alors que ce dernier était adolescent, il avait donné des leçons de mathématiques.

Croquis #4

Quelques détails sur le programme de recherche expérimentale de Vincenzo Galilei

Voici maintenant mon trop bref compte rendu³¹ de ce qui a dû être un très long travail de laboratoire que Vincenzo Galilei a mis au point, suite aux doutes que sa pratique de musicien ont fait lever sur la théorie du "senario" de Zarlino. Il nous dit de

discovery of scaling laws, is traced to two lectures he gave on the geography of Dante's *Inferno*] qui doit paraître sous peu dans l'*American Journal Of Physics* et qu'on peut lire déjà sur la page web de l'auteur: <http://xxx.lanl.gov/abs/physics/0110031>.

³¹ Pour un exposé adéquat, il faut lire le très bel article de Palisca dont la référence se trouve ci-dessus, à la note 22.

commencer par examiner la manière dont les musiciens modulent leurs voix et leurs instruments, et ensuite de trouver les proportions. Les proportions de quoi? Certainement pas des nombres purs, mais d'une caractéristique physique mesurable. Vincenzo a ainsi été conduit à investiguer les diverses conditions dans lesquelles on peut produire et combiner des tons, à l'aide d'instruments musicaux et d'autres sources de tons identifiables. Il a testé, par exemple, des tensions de cordes de laiton, d'acier, de boyaux, au début sur un luth, ensuite sur le monocorde traditionnel, et à la fin, il les suspend à la verticale en leur attachant au bout des poids. De cette façon, il a confirmé que la proportion $2/1$, lorsqu'elle se réfère aux longueurs des cordes tendues, décrivait bien la manière de produire l'octave. Cependant il s'est rendu compte que ce même intervalle musical pouvait également être généré en augmentant la tension sur la corde par un facteur de 4. Quelle est donc la véritable et "essentielle" proportion pour l'octave, $2/1$ ou $4/1$? Et la proportion pour la quinte, communément et correctement identifiée comme étant $3/2$ lorsque indiquée par les longueurs des cordes, devenait $9/4$ lorsque mises en relation avec les tensions relatives des cordes. Ensuite, dans le cas des tuyaux d'orgues, si un tuyau donné fournit une certaine note, un autre dont on double toutes les dimensions fournit un son d'une octave plus bas. Cependant doubler toutes les dimensions voulaient dire que la proportion produisant cet intervalle était de $8/1$. Bref, Vincenzo a montré que ces proportions harmoniques-ci et d'autres, empiriquement reconnaissables, pouvaient être générées bien en dehors du "scenario" de Zarlino, détruisant ainsi la tentative de ce dernier d'unifier et d'expliquer les phénomènes des harmoniques en un système simple. Résultats: Vincenzo Galilei fournissait une série de règles empiriques pour générer des harmoniques dans des conditions diverses. Mais il avait détruit tous les fondements théoriques antérieurs du phénomène. Il n'avait rien à fournir en échange, aucun système de remplacement, même pas les rudiments d'une théorie qui se fonderait sur les propriétés du monde matériel. En faisant cela, cependant, il avait nettoyé le paysage et préparé le terrain pour qu'une science acoustique soit

empiriquement fondée. Il faut bien réaliser ici que le travail expérimental donne à voir des choses que sans lui on ne pouvait tout simplement pas observer.³²

Et, conséquemment, je pense, comme mon collègue Thomas Settle avec qui je discute de ces idées depuis quelques années, qu'il fournissait ainsi une base de lancement à son fils Galileo pour sa propre carrière de chercheur expérimental.

Mais, faisons attention. Tout ce que j'ai fait jusqu'ici, c'est de commencer à juxtaposer des données factuelles pertinentes pour illustrer l'idée que le père de Galilée aurait fourni au fils un modèle à suivre. Le père prouve, expériences contrôlées à l'appui, qu'on ne peut pas se fier à la théorie si belle et vénérablement appuyée sur les idées des autorités anciennes les plus prestigieuses, Pythagore, Platon. Que s'est-il passé, nous ne le savons pas vraiment. On pourrait même imaginer de façon tout à fait vraisemblable que c'est le fils, à l'occasion de sa découverte en 1583 de l'isochronisme des petites oscillations du pendule, qui aurait rapporté des résultats d'expériences à la maison et qui aurait influé sur les expérimentations dont on vient de parler. Une chose paraît certaine, cependant, la musique, la sensibilité rythmique acquise auprès du père, ont joué un rôle décisif dans cette découverte du fils.

³² A l'époque, une légende affirme que Pythagore aurait établi que des poids suspendus à des cordes selon un rapport 2/1 produisaient l'octave. Vincenzo Galilei, dans son *Discorso intorno all'opere di messer Gioseffo Zarlino da Chioggia*, Firenze, 1589, pp. 103-104, dira: "... voglio avvertire ... false openioni nate negli huomini, persuasi degli scritti di alcuni, nelle quali sono stato ancor'io, di che sendomi ultimamente accertato con il mezzo dell'esperienza delle cose maestria." -... Je veux mettre en garde contre... de fausses opinions qui naissent dans la tête des hommes, persuadés par certains écrits, et que j'ai moi-même partagées, jusqu'à ce qu'enfin je vérifie au moyen de l'expérimentation, l'institutrice des choses.

En guise de croquis final:
aux origines de la découverte de l'isochronisme du pendule

Il ne suffit pas de regarder un poids qui pend au bout d'une corde qui oscille pour "voir" - la toute première fois, quand on ne le sait pas - que ces oscillations sont isochrones. Il faut toute une disposition d'esprit pour penser à mettre en relation l'ensemble des éléments en cause.

Je vais terminer ce bricolage en vous rapportant³³ une reconstitution imaginaire de ce qui a pu être à l'origine, dans la tête du jeune Galilée, ce qui sera un élément majeur de son programme de chercheur expérimental en physique: l'isochronisme du pendule. Mon but est de vous rappeler que la science, la vraie recherche scientifique, c'est là, dans l'imaginaire que ça se passe d'abord. Les articles, les livres viennent bien après, longtemps après, quand, pendant parfois des années, on a dû travailler et peiner au laboratoire, souvent à tâtons, à l'aveuglette, pour trouver des moyens de tester la validité de ce qu'on a pensé pouvoir être vrai.

Voici.

Un jour, en écoutant une grande messe avec chœurs au Duomo de Pise, qui se trouve à l'ombre de la fameuse Tour Penchée, Galilée remarque un lampadaire qui se balance dans l'allée près de lui. Manifestement un des câbles de suspensions du lampadaire avait besoin d'être huilé. En effet, lorsque le lampadaire faisait momentanément une pause avant chaque nouvelle descente, il faisait entendre un craquement, et c'est ce craquement qui attire son attention. Pendant qu'il continue à suivre le mouvement du lampadaire, il se rend soudain compte que son rythme coïncide avec celui de la musique. "Ce doit être un accident dû à cet arc de cercle particulier", se dit-il, "à mesure que l'oscillation va aller en diminuant, le battement va probablement ralentir aussi". Son regard dévie en direction du chef des chœurs. Galilée avait

³³ Je l'ai tout simplement traduite et adaptée de cet article de Thomas B. Settle, 'La rete degli esperimenti galileiani', tiré de *Galileo e la Scienza Sperimentale*, a cura di M. Baldo Ceolin, Padova, Dipartimento di Fisica "Galileo Galilei", 1995, 25-26, auquel ma note 1 renvoie.

reçu de son père un entraînement musical solide et il savait que le chef battait la mesure correctement et en temps. A ce moment précis le craquement du lampadaire ponctuait huit battements de la main. Il jette un coup d'œil au lampadaire. L'arc qu'il décrivait avait diminué de moitié. "Comme c'est étrange, il a maintenu le rythme. Or il ne devrait plus être synchronisé maintenant." En y réfléchissant bien, Galilée n'était pas tout à fait sûr si le battement du lampadaire aurait dû ralentir ou aller plus vite. Pendant qu'il observait, avec maintenant une concentration accrue, l'arc continuait à diminuer, et pourtant le battement restait en mesure avec la musique. "Peut-être que le rythme de la musique a changé." Il porte les doigts à son pouls et compte. Le craquement du lampadaire était devenu à peine audible; l'arc qu'il décrivait était faible, à peine un hochement. Et pourtant il semblait bien comme si le nombre de battements de pouls pour chaque battement de lampadaire demeurait constant. Même s'il savait que ceci ne pouvait pas être considéré comme un test concluant, cela lui semblait un bien étrange phénomène. Il avait beau songer, il était bien incapable de se remémorer, dans ses nombreuses notes de lectures ou de livres sur les diverses propriétés du mouvement, qu'une telle chose ait été rapportée.

Quelques jours plus tard, il se trouve chez lui en train de bosser sur ses notes de Galien. Il y avait dans sa chambre un lourd lampadaire, suspendu au bout d'une corde depuis le plafond. À l'occasion, durant un moment d'ennui ou de distraction, il le faisait balancer et observait les ombres sur le mur, en laissant son esprit divaguer en spéculations. Cette nuit là, il mis le lampadaire en mouvement, et, il fixa son regard depuis son lit pendant que l'arc allait et venait. Il s'est alors rappelé le mouvement particulier du lampadaire de la cathédrale. "Je me demande si vraiment il a gardé le même battement tout le temps,..."

Merci de votre attention!

Annexes, Illustrations et Notes complémentaires

Annexe A

Le texte qui suit est à proprement parler inédit puisqu'il n'a paru que dans ma thèse de PhD, soutenue en 1969. Cf. *Les De Motu 'plus anciens' de Galileo Galilei: prolégomènes*. Montréal, Institut d'Etudes Médiévales, Faculté de Philosophie, Université de Montréal, 2v., xv, 483 f. ; voir au volume 2, note 510, pages 435-438.

Il y a peut-être lieu de fournir un mot d'explication sur ce que j'entends ici par rupture épistémologique entre Galilée et Aristote concernant la science du mouvement.

Autant un Jordan de Namurs, un Thomas Bradwardine, un Nicole Oresme ne sont encore qu'en voie de cesser d'être des aristotéliens, autant un Descartes, un Pascal, un Huygens sont en voie de devenir des newtoniens. Autant la pensée des uns n'a pas encore pris conscience de la nécessité d'une critique des fondements de la physique d'Aristote - tant cette pensée est occupée à mettre à l'épreuve les détails de cette physique -, autant la pensée des autres considère déjà cette critique comme presque superflue - tant elle est occupée à l'élaboration de nouvelles analyses de détails dont Newton donnera une étonnante synthèse. Le long de cette trajectoire qui mène la pensée occidentale d'Aristote à Newton, Galilée nous semble occuper un lieu à la fois capital et provisoire, un lieu nécessaire mais néanmoins éphémère. Le savoir de la science galiléenne se meut autant dans la conscience de sa connaissance de l'erreur d'Aristote que dans la conscience de son ignorance de la vérité qu'il cherche. En d'autres termes, le savoir galiléen constitue ce lieu critique où la pensée vient d'apprendre qu'elle doit cesser de penser comme elle l'avait fait jusque là et se mettre à penser autrement. Le savoir de ce qu'il ne faut plus penser est capital et nécessaire; sans lui, la pensée n'a aucune raison de vouloir penser autrement. Ce savoir cependant est provisoire et éphémère en ce qu'aussitôt que l'autrement de la pensée se fait jour, il doit lui céder la place. Ce savoir marque un hiatus entre le point

limite d'aboutissement d'une période de la pensée et le point limite de son recommencement. Bref, le savoir de la science galiléenne marque une rupture.

Au sujet de l'idée de rupture Michel Foucault dans *Les Mots et les Choses*, Paris Gallimard, 1967, soulève des questions d'ordre général, lesquelles constituent une mise en garde importante:

Le statut des discontinuités n'est pas facile à établir pour l'histoire en général. Moins encore sans doute pour l'histoire de la pensée. Veut-on tracer un partage? Toute limite n'est peut-être qu'une coupure arbitraire dans un ensemble indéfiniment mobile. Veut-on découper une période? Mais a-t-on le droit d'établir, en deux points du temps, des ruptures symétriques, pour faire apparaître entre elles un système continu et unitaire? D'où viendrait ensuite qu'il s'efface et bascule? A quel régime pourraient bien obéir à la fois son existence et sa disparition? S'il a en lui son principe de cohérence, d'où peut venir l'élément étranger qui peut le récuser? Comment une pensée peut-elle s'esquiver devant autre chose qu'elle-même? Que veut dire d'une façon générale: ne plus pouvoir penser une pensée? Et inaugurer une pensée nouvelle? (op. cit. p. 64)

Lorsque nous appliquons à notre propos la dernière de ces questions fort pertinentes, les résultats sont les suivants. Galilée pense encore Aristote, une dernière fois, de telle sorte que, après lui, ne plus pouvoir penser Aristote soit non seulement possible mais nécessaire pour la survie même de la pensée. Foucault a parfaitement raison, une pensée ne peut pas s'esquiver devant autre chose qu'elle-même. Ainsi, le savoir n'inaugure-t-il une pensée nouvelle que lorsqu'il a reconnu la limite de son être comme savoir, c'est-à-dire seulement quand il a découvert que ce ne serait que s'esquiver devant sa tâche que de vouloir persister à nier les lacunes de ce qu'il a déjà pensé. A notre avis, le grand mérite de la science galiléenne est d'avoir su trouver les moyens de fournir des raisons à la science du mouvement de ne plus penser Aristote, en attirant l'attention sur les lacunes du savoir du père de la science ancienne. L'événement est donc d'importance pour le savoir en général et pour la science en particulier. En effet, il s'agit d'un meurtre.

C'est, pensons-nous, à ce titre d'abord que Galilée est le père de la science moderne. Ce n'est pas sans raisons qu'à venir

jusqu'à tout récemment Galilée n'a cessé d'être un mythe; dûment entretenu par l'histoire, y compris celle qu'on écrit au nom de la science. On ne fait que commencer à se rendre compte que la science galiléenne comme telle, prise dans son ensemble, de la *Bilancetta* de 1586 aux *Discorsi* de 1638, ne débouche nullement sur Newton. Elle comporte sa propre cohérence et se dirige vers un cul-de-sac. On ne fait que commencer à reconnaître le visage de Galileo Galilei, celui qui - à partir des discussions orageuses soulevées à Pise vers 1590 par l'érudition éblouissante mais stérile d'un Francesco Buonamici jusqu'à l'émouvante correspondance de Fortunio Liceti en 1641 - a livré un combat à mort avec Aristote contre les aristotéliens. La fonction du mythe est de rendre la parole possible. C'est dans le mythe que se trouve la condition de possibilité de la pensée. Le mythe autorise la pensée à parler, c'est-à-dire à vivre et se déployer. Lorsque la science moderne prétend qu'elle tient son savoir de lui, elle se trompe. Pas une seule des lois de la science galiléenne n'a été retenue sous sa forme ou sa signification originelle. En effet, ce que la science moderne tient de Galilée n'est pas son savoir mais son origine, c'est-à-dire l'autorisation de parler autrement que ne l'avait fait Aristote. Or, ce n'est pas moins que sa carrière toute entière que Galilée devra investir pour obtenir le privilège d'octroyer cette autorisation, c'est-à-dire compléter la rupture avec le vénérable héritage de la pensée d'Aristote.

On nous demandera peut-être de quel savoir le précédent propos tient-il son autorisation? Nous devons bien avouer que nous ne le savons pas très bien. Cependant, la découverte récente, avec Gödel dans le domaine formel, qu'il est impossible pour la pensée de ne jamais devoir se laisser contenir dans son savoir passé - en d'autres termes, qu'il sera toujours possible que de la pensée formelle nouvelle apparaisse - n'invite-t-elle pas à se poser la question dans le domaine de l'historique: n'est-il pas alors tout aussi impossible pour le passé de la pensée de ne jamais devoir se laisser appréhender dans un savoir? Autrement dit, n'est-il pas maintenant possible (et la survie de l'espèce en dépend peut-être) que la pensée ancienne puisse se maintenir dans un savoir autre que mythique?

Annexe B

Pour la discussion prévue suite à l'allocution, j'avais préparé 6 acétates tirés de Settle (1995), cf. supra notes 1, que j'ai pu montrer. Ce sont des répliques de montages expérimentaux reconstitués sur la base des indications fournies par Galilée lui-même et qui ont alimenté durant des années ses recherches théoriques sur le mouvement. Les voici, accompagnées de petites notes de présentation, en partie empruntées à ce même article de Settle et auxquelles j'ai apporté des compléments de mon cru. Par ailleurs, ces notes ne seront vraiment profitables à votre formation professionnelle que si vous vous donnez la peine d'aller lire les sources primaires. J'en ai indiqué à chaque fois les coordonnées précises.

** Les quatre premières photographies qui suivent et celle du début du document sont dues aux soins de Matteo Danestin.*

Réplique des pendules harmoniques

Ici, je vous renvoie à une lettre de Galilée à son mentor Guido Ubaldo del Monte en 1602, EN XI, 29, ainsi qu'à d'autres missives antérieures, EN X 97-100; et bien sûr, aux passages pertinents de la Première Journée des *Discorsi* de 1638, EN VIII, 128-131 et 138-150.

Les pendules de gauche:

pour vérifier l'isochronisme des oscillations, avec des matériaux de matières différentes à volume constant et à longueur constante.

Les pendules de droite:

pour vérifier que la période de l'oscillation, c'est-à-dire le temps écoulé entre deux passages successifs d'un système oscillant dans la même position et dans le même sens, dépend de la longueur de la corde qui pend pour un volume et un poids constant.

Réplique du pendule "interrompu"

Dans son programme de recherche Galilée a été amené à se convaincre que différents corps descendant depuis une même hauteur devrait acquérir des vitesses égales indépendamment des trajectoires de leurs courses. Cette conviction trouve son origine dans un donné empirique qui lui est venu de ce qu'il est convenu d'appeler le pendule interrompu. Galilée en a décrit l'appareillage dans la Troisième Journée des *Discorsi*, EN VIII, 205-207. Un pendule est fixé de manière à ce qu'il puisse osciller devant une surface verticale plate qui est munie d'une ligne horizontale dessinée à une distance convenable au-dessus du poids du pendule. Si on écarte le poids d'un côté par rapport à cette ligne horizontale et qu'on le relâche, on voit qu'il tombe le long de son arc et remonte presque tout à fait à la même hauteur de l'autre côté; ensuite il revient le long du même arc du côté d'où il était parti, à nouveau presque tout à fait à la même hauteur; et ainsi de suite. Or, le poids retourne à la même hauteur même si on en change la course. Si on place un clou ou une cheville dans le chemin de la corde du pendule, on voit le poids descendre

d'abord le long de l'arc de sa course originale jusqu'à la partie la plus basse de son oscillation; lorsque la corde heurte le clou le poids remonte le long d'un nouvel arc plus court, mais toujours à la même hauteur. Et si on inverse le processus, relâchant le poids depuis le sommet du plus petit arc, le poids va redescendre et alors s'élever le long de l'arc original, plus long, à nouveau à la hauteur originale. Autrement dit, la vitesse acquise au bas de l'oscillation, peut importe l'arc, est toujours telle qu'elle fait remonter le poids à la même hauteur, là aussi peu importe l'arc.³⁴

³⁴ A titre complémentaire, s'il en a parmi vous qui voulez sérieusement approfondir votre compréhension du rôle fondateur de l'instrumentation technique dans la production de la pensée scientifique, par opposition aux élucubrations le plus souvent stériles des épistémologues, je vous invite à lire et refaire pour votre propre compte les expérimentations dont vous trouverez la description dans *The Pendulum and Galileo. Conjectures and Constructions*, un texte daté de 1965: Thomas B. Settle, *Galileo's Experimental Research*, Berlin, Max-Planck-Institute for the History of Science, pre-print #52, 39-49. Commandé le gratuitement en adressant un courriel à schroeter@mpiwg-berlin.mpg.de

Réplique d'un travail expérimental sur la force de percussion

Le paradigme empirique fondateur de la science moderne à sa naissance est non pas l'horloge comme on le croit parfois, mais bien la balance. Voilà un objet technique hautement diversifié depuis l'Antiquité. Mais cet instrument a connu ensuite un essor considérable, en milieu arabe, puis chrétien, et il devient une source indispensable du prodigieux développement du commerce médiéval, au service du capitalisme naissant. Or ce paradigme trouve son pendant théorique dans deux chefs-d'œuvre mathématiques absolument étonnants. Ce sont Les traités d'Archimède sur *L'Équilibre des Plans* et sur *Les Corps Flottants*. Ces ouvrages ont dormi tout en étant copiés et recopiés religieusement pendant des siècles sans jamais susciter quelque idée nouvelle, jusqu'à ce que l'imagination de Galilée en tire une inspiration, jouant ainsi un rôle de premier plan dans l'avènement de la science moderne.³⁵ A preuve, lisez, dans les *De motu antiquiora*, EN I, le chapitre 6, 257.23-260.4, dans lequel est expliquée la correspondance qu'ont les mobiles naturels avec les poids de la balance.

Pour montrer la richesse de ce paradigme, voyez comment la balance sera mise à contribution par Galilée dans l'étude qu'il a

³⁵ Au moment de soumettre le présent texte à l'impression, je prends connaissance d'un ouvrage dont la lecture, passionnante, vient nuancer de façon significative ce que je viens d'affirmer ici. Voir Lucio Russo, *La Rivoluzione Dimenticata*, Milan, Feltrinelli, 1996, un essai fouillé des archives textuelles et archéologiques dans le but d'étayer l'idée qu'il y a bien eu, à la période hellénistique, après la mort d'Alexandre en 323 jusqu'à la première fermeture du musée-bibliothèque d'Alexandrie en 145 av.J.C., une authentique communauté techno-scientifique dont on a oublié qu'elle reposait, comme en science moderne et actuelle: a) sur des objets proprement théoriques et non pas seulement des objets concrets, b) sur des théories dûment axiomatisées, i.e. appuyées explicitement sur des principes, et c) dont les applications au monde réel se faisaient sur la base de règles explicites de correspondances entre les objets théoriques et les objets concrets. Russo documente son idée notamment dans les disciplines suivantes : topographie, géodésie, cartographie, mécanique, hydrostatique, pneumatique, astronomie ainsi que les domaines technologiques du génie mécanique, de l'instrumentation, le génie naval, l'ingénierie hydraulique, la pneumatique et l'énergétique. Et bien sûr aussi en anatomie et en physiologie et en médecine avec Érophile de Calcédoine et Érasistrate de Céos. Voir la recension de Sandro Graffi in *American Mathematical Society*, May 1998, vol 45, #5, pp. 601-605.

faite d'un phénomène qui lui a résisté toute sa vie, celui des forces de percussion, des actions de choc d'un corps contre un autre. Comment comprendre la différence d'effet entre simplement déposer un marteau sur un clou et frapper ce même clou avec le même marteau en mouvement. Il n'a jamais résolu ce problème mais il en a cherché les solutions, tant au plan rationnel qu'au plan empirique.



Galilée a pensé qu'il pouvait mesurer la force de percussion en utilisant un instrument presque en tout point identique à une grande balance. A un bout de la poutre servant de fléau de la balance, il suspend deux seaux, l'un au-dessus de l'autre, et dont celui du dessus est muni d'un trou qu'on peut ouvrir ou fermer. Après avoir rempli le seau du dessus avec de l'eau, il met le système en équilibre en suspendant un contrepoids convenable à l'autre bout du fléau. L'idée, c'était d'ouvrir le trou du seau du haut, laissant tomber une colonne d'eau entre les deux seaux. A ce stade il s'attendait à voir le bras de la balance penché du côté

des seaux, la force de l'impact de l'eau venant s'ajouter au poids statique initial de l'ensemble de l'appareillage: seaux, eau, etc. La mesure de la force de cet impact serait la quantité de poids qu'il aurait besoin d'ajouter au contrepoids original pour rétablir l'équilibre. Il a été surpris. Et il en fait état. Lisez, ce qui deviendra, à titre posthume, un passage de la Sixième Journée des *Discorsi* de 1638, EN VIII 323-325. Il a été surpris de trouver le bras de la balance s'incliner du côté des contrepoids; ensuite, aussitôt que la colonne d'eau a commencé à percuter le seau du bas, la balance a commencé à revenir au point neutre; et comme le bras a atteint l'horizontale, il s'est arrêté, demeurant dans cette position pendant que l'eau qui restait dans le seau du haut s'est écoulee jusqu'à épuisement du stock. En un sens l'expérience était un échec; elle n'a pas mené à un moyen de mesurer l'impact. Mais cela a mené à une meilleure analyse et à une compréhension essentiellement correcte de ce qui s'était passé. Il a conclu, contrairement à sa supposition de départ, que l'eau de la colonne en chute était sortie du système et conséquemment n'exerçait pas de "pesanteur" du côté des seaux, d'où le déplacement initial, et qu'aussitôt que la colonne a commencé à percuter le seau du dessous, sa "force" a contrebalancé celle de la "pesanteur" manquante de l'eau, d'où le retour au point neutre du fléau de la balance. Cet exemple montre bien comment Galilée est tout à fait capable de partir d'une supposition, de construire un appareillage pour l'explorer, accuser réception des résultats, même s'ils contreviennent à la supposition initiale, et ensuite reconstruire l'édifice de sa compréhension. Cela nous paraît aller de soi. Il y a là une attitude que Galilée n'a pas inventée. Son père lui en a donné l'exemple et elle s'est répandue au XVI^e siècle chez les artisans et les artistes et les ingénieurs, et cela est capital.³⁶

³⁶ Cf. Wolfgang Lefèvre, *Galileo Engineer: Art and Modern Science*. in *Science in Context*, 2000, #13, 3/4, pp. 281-297, dont le résumé de l'argument s'ouvre sur la phrase suivante: "In spite of Koyré's conclusions, there are sufficient reasons to claim that Galileo, and with him the beginnings of classical mechanics in early modern times, was closely related to practical mechanics."

Réplique de l'expérience du plan incliné

Alexandre Koyré, dans un article célèbre, *An Experiment in Measurement*, publié en 1953, au tome #97 des *Proceedings of the American Philosophical Society*, article paru plus tard en français, dans *Études d'histoire de la pensée scientifique*, Paris, P.U.F., 1966, a prétendu qu'il suffisait de lire le protocole décrit dans la Troisième Journée des *Discorsi* de 1638 de Galilée, EN VIII, 212-213, pour constater "la stupéfiante et pitoyable pauvreté des moyens expérimentaux qui étaient à sa disposition. ... Il est évident que les expériences de Galilée sont complètement dénuées de valeur: la perfection même de leurs résultats est une preuve rigoureuse de leur inexactitude". Le prestige de l'historien des sciences Koyré à l'époque, tant en Europe qu'aux USA, était tel que mon ami Thomas B. Settle, alors qu'il n'était qu'un 'graduate student' au département d'histoire de Cornell. Ithaca, NY, n'a pu soumettre les résultats de sa réfutation de la thèse de Koyré directement à la communauté des historiens des sciences. Cependant, la communauté scientifique elle-même les a publiés et c'est ainsi que le 6 janvier 1961, il a inauguré sa carrière d'historien des sciences dans *Science*, le prestigieux hebdomadaire de l'American Association for the Advancement of Science, 133, #3445 (1961), 19-23, par un article en réponse à celui de Koyré cité ci-dessus, avec le titre très à propos de *An Experiment in the History of Science*. Méfiez-vous toujours de ces 'litterati', philosophes, épistémologues et sociologues des sciences, qui non contents de ne pas vérifier ce qu'ils avancent sans preuve, ont la prétention de déceler des évidences qui les autorisent à l'avance à ne même pas chercher à établir ces preuves.



L'expérimentateur doit, comme un athlète, se réchauffer et apprendre à s'intégrer dans l'appareillage. Au moment précis où sa main droite lâche la boule dont il veut mesurer l'accélération en la laissant rouler le long du plan sur une distance déterminée, il doit commencer à laisser couler de l'eau de ce qui lui sert de chronomètre. Aussitôt qu'il entend la boule frapper le lieu où il a été décidé de mettre un arrêt, il doit interrompre l'écoulement de l'eau, qui est recueillie dans un vase au-dessous du chronomètre. La pesée de l'eau donne une mesure du temps de chute. Avec un peu de pratique, cette méthode donne des résultats valides à 1/20ème de seconde près et permet d'établir expérimentalement la fameuse loi mathématique de la chute des corps, le plus grand titre de gloire de Galilée en science, celui qui lui vaudra la reconnaissance de Newton et qui fournira à ce dernier une clef vers l'idée de gravitation.

Réplique des coupes qui chantent

Quand, après avoir pris connaissance du travail prodigieux accompli durant 50 ans par Galilée à vouloir se doter d'une compréhension globale et unifiée des phénomènes de mouvement de translation des corps auxquels il s'est intéressé, on a le sentiment qu'il a depuis les débuts avec son père maintenu comme un attachement particulier au caractère rythmique des mouvements de va et vient. On a l'impression qu'il a passé sa vie à vouloir réduire tous les mouvements de translation à des mouvements d'oscillations, que ce soit des vibrations d'une corde de luth, de parois de bronze d'une cloche, de la voix d'un castrat accompagné au luth qui fasse entendre un bel aigu, que ce soit des pendules qui se balancent, que se soit les mouvements rotatoires des corps célestes ou terrestres autour de centres, des mouvements relatifs vers le haut ou vers le bas de poids dans des milieux de densités variables, des mouvements de flux et de reflux de la mer, etc.

Vincenzio, par métier, s'intéressait à tous les phénomènes vibratoires produisant des sons. Parmi ceux-ci on trouve les verres de cristal dont on frotte le rebord avec un doigt mouillé afin d'entendre la note fondamentale qu'il donne. A deux reprises, tant en 1581 dans son *Dialogue sur la musique ancienne et la moderne*, (page 133) qu'en 1589 dans le manuscrit de son *Discours sur l'œuvre de messire Gioseffo Zarlino* (folio 54v) le père de Galilée y fait allusion. Galilée aussi fera une allusion aux "bicchieri cantanti", aux coupes qui chantent, dans ses *Discorsi*, à la Première Journée, EN VIII, 142-143.



On trouve des effets de perturbations du liquide contenu dans une coupe, qu'on fait vibrer en en frottant le rebord avec le doigt. Dans les deux cas ci-dessous, on a mis du vin rouge, plutôt que de l'eau utilisée par les Galilei, père et fils, dans le but de mettre en évidence plus clairement les effets de surface.



Voici une configuration caractéristique obtenue en frottant légèrement la coupe, ou en tout cas, quand les regroupements des ondulations qui apparaissent difficiles à distinguer sont à peine en train de commencer à se consolider autour du rebord.



Configuration des quatre regroupements d'ondulations, caractéristiquement obtenue quand la coupe en vibration est en train de produire sa note de base, sa fondamentale.