

L3 – HTSM – Séance 5 – GB4

MERSENNE, DESCARTES, SAUVEUR

Documents pour le cours

1.- MERSENNE et son *Harmonie Universelle* (1636)

Mersenne découvre les premiers Harmoniques d'une corde vibrante (octave, douzième, dix-septième...) (Liv IV des *Instrumens à chordes*, prop XI, 208-212) :

PROPOSITION XI. - Determiner pourquoy vne chorde touchée à vuide fait plusieurs sons en mesme temps.

[1] *Il semble qu'Aristote a cogneu cette experience, lors qu'il a fait la question pourquoy le son graue contient l'aigu dans le 8. Probleme de la 19. Section, pourquoy il deuiet plus aigu en finissant, dans l'onzième: à quoy l'on peut rapporter le 12 et le 13. Probleme, et d'où plusieurs autres Problemes de la mesme Section peuuent estre entendus, de sorte que cette Proposition est fort vtile pour la Philosophie d'Aristote. Mais il faut remarquer qu'il n'a pas sceu que la chorde frappée, et sonnée à vuide fait du moins cinq sons differens en mesme temps, dont le premier est le son naturel de la chorde, qui sert de fondement aux autres, et auquel on a seulement esgard pour le chant et pour les parties de la Musique, d'autant que les autres sont si foibles qu'il n'y a que les meilleures oreilles qui les entendent aysément. Or il faut choisir vn grand silence pour les appercevoir, encore qu'il ne soit plus necessaire quand on y a l'oreille accoustumée: et si les Musiciens ne peuuent les ouyr aussi tost qu'ils touchent quelque chorde d'vn Luth, d'vne Viole, ou d'vn autre instrument, comme il arriue à plusieurs ioueurs de Luth, qui sont tellement preuenus et preoccupez des sons naturels de la chorde, qu'il n'y a (ce semble) plus de lieu dans leur sens commun, ou dans leur imagination pour recevoir l'idée ou l'espece de ces petits sons delicats, il faut qu'ils ayent patience, ou qu'ils prennent vne Basse de Viole, dont ils touchent la 6, 5, ou 4. chorde la nuit, et qu'ils se rendent grandement attentifs, car il est difficile qu'ils la touchent delicatement avec l'archet, qu'ils n'entendent plusieurs sons en mesme temps.*

[2] *Quant à moy ie n'y ay nulle difficulté, et i'ay rencontré plusieurs Musiciens qui les entendent aussi bien que moy, et ne doute nullement que chacun ne les entende, lors que l'on y apportera l'attention necessaire: c'est pourquoy ie mets icy les obseruations que i'ay iustificées tres-exactement plus de cent fois, tant sur vne Viole et sur vn Tuorbe, que sur deux Monochordes, dont l'vn a ses chordes de leton, et l'autre de boyau et de leton, et dont l'vn à trois pieds, et l'autre quatre pieds; de sorte qu'il est tres-certain que ces differens sons ne viennent pas des autres chordes qui sont sur les instrumens, et qui tremblent sans estre touchées, comme i'ay dit ailleurs, puis que la seule chorde des Monochordes fait les mesmes sons.*

Or ces sons suiuent la raison de ces nombres 1, 2, 3, 4, 5, car l'on entend quatre sons differens du naturel, dont le premier est à l'Octaue en haut, le second à la Douziesme, le 3 à la Quinziesme, et le 4 à la Dix-septiesme maieure comme l'on void par lesdits nombres qui contiennent les raisons de ces consonances en leurs moindres termes. Où il faut remarquer deux choses, à sçauoir que nul son ne s'entend iamais plus bas, ou plus graue que le son naturel de la chorde, car ils sont tous plus aigus; et que ces sons suiuent le mesme progrez des sauts de la trompette, dont ie parleray dans le liure des instrumens à vent, qui sert pour entendre cette difficulté, c'est pourquoy l'on peut lire et ioindre le traité de la trompette avec cette Proposition.

[3] [-209-] *Outre ces quatre sons extraordinaires, i'en entends encore vn cinquiesme plus aigu, que i'oy particulièrement vers la fin du son naturel, et d'autresfois vn peu apres le commencement: il fait la Vingtiesme maieure avec le son naturel, avec lequel il est comme trois à vingt. Mais i'experimente quasi tousjours que la Douziesme, et la Dix-septiesme s'entendent plus distinctement que les autres: de là vient qu'il semble souuent que l'on n'oyt que l'vne des deux, que l'on prend aysément pour la Quinte et pour la Dixiesme, si l'on n'y prend garde fort exactement: et quand on entend l'Octaue et la Quinziesme, celle-cy s'entend plus distinctement que celle-là; de sorte qu'il faut icy examiner plusieurs difficultez, et particulièrement pourquoy les vns s'entendent mieux que les autres, pourquoy tous ne les entendent pas, comme il est possible qu'vne mesme chorde face plusieurs sons en mesme temps, pourquoy elle fait plustost ceux dont i'ay parlé, que les autres qui ne montent*

pas si haut: pourquoy elle n'en fait point de plus graues que celuy qui est naturel à la chorde, et pourquoy l'on n'entend que la Douziesme dans les tuyaux d'Orgue.

[...] **tentative de démonstration de la proposition – coupée ici.**

[4] *Or puis que chaque son est déterminé quant au graue, ou à l'aigu par le nombre des battemens de l'air, et que la chorde ne le peut battre qu'un certain nombre de fois dans un mesme temps, il est nécessaire que l'air ayant esté battu se réfléchisse sur la chorde, et qu'en faisant son retour elle luy donne un nouveau mouuement; ce que l'on peut conceuoir en deux manieres, car l'on peut dire que l'air a une plus grande tension, c'est à dire qu'il est tellement disposé, que quand il est frappé il va plus viste, et a ses retours plus frequens que la chorde, ou les autres corps par lesquels il est frappé; de mesme que la chorde qui est tendue sur un instrument, va beaucoup plus viste que le doigt, la plume, ou l'archet dont elle est touchée, à raison de la disposition qu'elle a acquise par sa tension: ou bien l'on peut dire que l'air ayant esté frappé et enuoyé, par exemple, à costé droit de la chorde reuiert apres qu'elle s'en va à main gauche, de sorte qu'elle le trouue en chemin, et qu'elle le repousse pour la seconde fois en luy adioustant un nouveau mouuement, afin qu'il face desormais l'Octaue en haut avec le mouuement, ou le son naturel de la chorde, qui garde tousiours un mesme temps pour un mesme nombre de retours, tandis que l'air fait deux retours contre un: mais quand la chorde le rencontre la troisieme fois, elle luy imprime encore un 3. mouuement, de sorte qu'il a trois retours contre un pour faire la Douziesme, et puis la Quinziesme, et la Dix-septiesme.*

A quoy l'on peut adiouster que l'air ayant esté frappé par la chorde, se diuise premierement en deux parties, puis en 3, 4, 5, et cetera qui font les sons precedens, parce que cette diuision est la plus aysée de toutes: et si l'on admet les atomes de Democrite, l'on peut dire que les differentes parties de la chorde qui frappent l'air differemment, diuisent et rompent la Sphere de l'air en 2, 3, 4 et 5 parties, ou que la mesme partie de la chorde le rompt differemment selon ses differentes dispositions; de sorte que l'une des parties de l'air se rompt en deux, l'autre en trois, quatre ou cinq parties, et cetera.

Or si l'on suppose que la chorde entiere contienne tous les sons qui peuuent estre faits par sa diuision, il faut dire qu'elle fait seulement paroistre ceux qui viennent de la premiere, seconde, ou troisieme bissection, dont [-211-] j'ay parlé dans le liure des Consonances et dans celuy des Dissonances. [...]

[5] **COROLLAIRE I.-** *Si le son de chaque chorde est d'autant plus harmonieux et agreable, qu'elle fait entendre un plus grand nombre de sons differens en mesme temps, et qu'il soit permis de comparer les actions morales aux naturelles, et de transporter la Physique aux actions humaines, l'on peut dire que chaque action est d'autant plus harmonieuse et agreable à Dieu, qu'elle est accompagnée d'un plus grand nombre de motifs, pourueu qu'ils soient tous bons: par exemple lors que l'on ieusne pour macerer le corps, et pour le rendre plus obeyssant à l'esprit; et puis pour satisfaire au commandement de l'Eglise; en troisieme lieu pour reseruer quelque chose pour les pauvres, et finalement pour imiter les ieusnes de nostre Sauueur, et pour pratiquer l'amour que nous luy portons. Car l'on peut comparer tous ces motifs à tous les sons qui accompagnent le mouuement de la chorde, et dire quant et quant que l'intention qui est la plus forte, et qui a la fin la principale et la plus excellente, est semblable au son dominant et naturel de la chorde, puis qu'il est le plus sensible, et la cause de tous les autres sons qui se font par des mouuemens plus precipitez, ou par des retours plus frequens.*

COROLLAIRE II. - *Il est plus probable que ces differens sons viennent des differens mouuemens de l'air exterieur que de ceux de l'interieur, et que celui-là estant frappé par la chorde fait quantité de petits mouuemens semblables à ceux de l'eau des verres que l'on fait sonner en pressant le doigt sur le bord, ou à ceux de l'eau, dans laquelle on plonge le bout d'un Monochorde, dont la chorde de leton est partie en l'eau et partie en l'air, car estant touchée, l'eau fait plusieurs fremissemens, qui feroient peut-estre entendre les sons precedens, si l'ouye estoit assez delicate: en effet j'ay souuent expérimenté que le coulement du doigt sur le bord du verre fait deux ou trois sons en mesme temps, comme ie diray dans le liure des Cloches, qui font semblablement plusieurs sons.*

2- CORRESPONDANCE DE DESCARTES ET DE MERSENNE, ou Descartes lu par François Nicolas

<http://www.entretiens.asso.fr/Nicolas/TextesNic/Descartes.html>

Correspondance Descartes-Mersenne (extraits cités par F. Nicolas, 2004)

Extrait 1 : « *La douzième est plus simple que la quinte. Je dis plus simple, non pas plus agréable; car il faut remarquer que tout ce calcul sert seulement pour montrer quelles consonances sont les plus simples, ou si vous voulez, les plus douces et parfaites, mais non pas pour cela les plus agréables. Pour déterminer ce qui est plus agréable, il faut supposer la capacité de l'auditeur, laquelle change comme le goût, selon les personnes.* » (Descartes à Mersenne en janvier 1630)

Extrait 2 : « *C'est autre chose, de dire qu'une consonance est plus douce qu'une autre, et autre chose de dire qu'elle est plus agréable. Car tout le monde sait que le miel est plus doux que les olives, et toutefois force gens aimeront mieux manger des olives que du miel. Ainsi tout le monde sait que la quinte est plus douce que la quarte, celle-ci que la tierce majeure, et la tierce majeure que la mineure; et toutefois il y a des endroits où la tierce mineure plaira plus que la quinte, même où une dissonance se trouvera plus agréable qu'une consonance. Je ne connais point de qualités aux consonances qui répondent aux passions.* » (Descartes à Mersenne, la 4 mars 1630)

Extrait 3 : « *Touchant la douceur des consonances, il y a deux choses à distinguer: à savoir, ce qui les rend plus simples et accordantes, et ce qui les rend plus agréables à l'oreille. Or, pour ce qui les rend plus agréables, cela dépend des lieux où elles sont employées; et il se trouve des lieux où même les fausses quintes et autres dissonances sont plus agréables que les consonances, de sorte qu'on ne saurait déterminer absolument qu'une consonance soit plus agréable que l'autre. On peut bien dire toutefois que, pour l'ordinaire, les tierces et les sixtes sont plus agréables que la quarte; que dans les chants gais les tierces et les sixtes majeures sont plus agréables que les mineures, et le contraire dans les tristes, etc., pour ce qu'il se trouve plus d'occasions où elles y peuvent être employées agréablement. Mais on peut dire absolument quelles consonances sont les plus simples et les plus accordantes; car cela ne dépend que de ce que leurs sons s'unissent davantage l'un avec l'autre, et qu'elles approchent plus de la nature de l'unisson; en sorte qu'on peut dire absolument que la quarte est plus accordante que la tierce majeure, encore que pour l'ordinaire elle ne soit pas si agréable, comme la casse est bien plus douce que les olives, mais non pas si agréable à notre goût.* » (Descartes à Mersenne en octobre 1631)

François Nicolas : sur le *Compendium* ou *Abrégé de Musique* de Descartes (mss 1618; publ. Posthume 1668 en français).

« **Une mathématisation en cours :** Dans le *Compendium*, les mathématiques permettent de renouer musique et philosophie à mesure précisément du fait que les mathématiques ne sont plus confondables avec la musique. Ou encore: c'est parce que mathématiques et musique peuvent être à cette époque clairement disjointes que les mathématiques peuvent ouvrir à un nouvel intérêt de la philosophie pour la musique. Il serait intéressant d'explorer plus avant ce point pour lui-même car il est remarquable de voir que le nouveau nœud à trois branches de la mathématique, de la musique et de la philosophie procède directement de ce qu'il sera coutume d'appeler à partir de Bachelard la coupure galiléenne c'est-à-dire la mathématisation de la physique: cette mathématisation est ce qui va autoriser, un siècle après le *Compendium*, la fondation proprement dite de l'acoustique mais, en 1618, cette mathématisation en cours est précisément ce qui incite à penser séparément lois du son et lois de la musique. On va voir l'importance dans le *Compendium* de cette distinction.

Plus précisément, la musique peut être descendue de l'arithmétique à mesure de ce que la physique est en train de se constituer comme nouvelle discipline. C'est ce qui accompagne le mouvement par lequel la théorie du sonore tend à se déployer pour elle-même et par là à autonomiser la théorie du musical... Physique et musique commencent à mieux faire deux car « physique » désigne une discipline en cours de bouleversement en raison de sa mathématisation. En un sens, c'est bien cette autonomisation des disciplines (prenant la forme paradoxale d'un nouveau type de liens entre elles) qui va solliciter la philosophie. »

« Si Descartes rend bien raison théorique de la tierce pratiquée par les musiciens et si, semble-t-il, il est bien le premier à le faire, son enjeu est ici moins musical (consolider et diversifier la pratique musicale de la tierce) que philosophique: ce résultat théorique ne constitue pas son but mais opère comme test de ce que sa nouvelle approche de la musique est bien adéquate à la nouvelle situation tant du fois de point de vue interne au monde de la musique que du point de vue des nouvelles articulations entre musique, physique et mathématiques. » (note 30 de l'article de 2004)

3.- J.SAUVEUR – La naissance de l'acoustique

EXTRAIT N°1 – SAUVEUR, « Principes d'acoustique et de musique », Histoire de l'Académie royale des sciences avec les Mémoires lus en séance, 1701 :

[-1-] SYSTÈME GENERAL

Des Intervalles des Sons, et son Application à tous les Systèmes et à tous les Instrumens de Musique. L'Occasion dans laquelle je me suis trouvé d'expliquer la Theorie de la Musique à des Princes fort éclairés, et à des personnes d'un esprit profond, m'a donné lieu de remarquer que ceux qui se sont attachés à la Musique speculative n'ont eu en veüe que quelques proprietés des Sons, et sur tout la pratique du chant qui étoit en usage de leur temps. Ils se sont contentés de faire par rapport à cela, des Systèmes de Musique, que d'autres ont peu à peu changés, à proportion que le goût de la Musique changeoit; personne que je sache, n'a pris cette matiere plus haut, et ne l'a regardée comme l'objet d'une science supérieure à la Musique pour en détacher ensuite une partie qui luy convînt en particulier, et qui eût une liaison naturelle et simple avec les autres parties renfermées dans la même science.

J'ay donc crû qu'il y avoit une science supérieure à la Musique, que j'ay appelée Acoustique, qui a pour objet le Son en general, au lieu que la Musique a pour objet le Son entant qu'il est agreable à l'ouïe.

Pour traiter cette science à la maniere des autres, et sur tout de l'Optique, avec laquelle elle a beaucoup de rapport, il auroit fallu expliquer la nature du Son, l'organe de l'ouïe, et en détail toutes les proprietés du Son, pour en conclure les causes de l'agrément et du desagrément des Sons qui servent d'objet à la Musique et à la sympathie des Sons; et enfin les machines non seulement de [-2-] la Musique en particulier, mais encore de l'Acoustique en general.

Comme le Son est formé par les vibrations des parties du corps sonore, et que la principale propriété de ces vibrations consiste dans le rapport du nombre des vibrations d'un Son avec celui des vibrations d'un autre Son; ce qui forme les differens degrez ou intervalles du Son selon l'aigu et le grave; je pris le parti en 1696. de chercher une mesure commune de tous les intervalles des Sons, capable de les mesurer dans leurs differences les moins sensibles, de donner des noms et des caracteres à tous ces Sons, qui fussent tels qu'on en pût prendre ceux qui seroient necessaires pour la Musique ordinaire, et qui renfermassent d'une maniere simple et aisée toutes les proprietés qui regardent cet art, sans néanmoins avoir dessein d'exclure les notes ausquelles les Musiciens sont accoustumés depuis si long-tems.

Ensuite je donnai un essay d'Acoustique dans un Traité de Musique speculative, que je dictai au College Royal en 1697. On auroit souhaité que je l'eusse fait imprimer; mais les raisons suivantes m'en empêcherent. 1. Les noms et les caracteres que je donnois aux Sons étant nouveaux, je ne doutois pas que je ne trouvasse sur tout parmi les Musiciens, des personnes qui seroient d'un sentiment opposé; et j'esperois par les objections qu'ils me feroient, de trouver occasion à quelque correction; mais comme ils n'en faisoient que par rapport à l'usage reçu, et qu'ils ne regardoient les Sons que pour leurs besoins, je fus obligé de faire par moy même quelques petits changemens. 2. En travaillant au Traité de Musique speculative, je reconnus la nécessité d'un Son fixe pour servir de terme auquel l'on pût comparer tous les autres Sons aigus et graves: en 1700. je donnai une maniere que j'avois imaginée pour le trouver; et comme dans l'Histoire de l'Academie on n'en a montré que la nécessité et les avantages qu'on en tireroit, je donne icy la maniere de le trouver. [Voïez la [Section XII.](#) in marg.] 3. En méditant sur les phénomènes des Sons, on me fit remarquer, [-3-] que sur tout la nuit, on entendoit dans les longues cordes, outre le Son principal, d'autres petits Sons qui étoient à la douzième et à la dix-septième de ce Son; [Voïez les Sections [IX](#) et [X.](#) in marg.] que les Trompettes outre ces Sons-là en avoient d'autres, dont le nombre des vibrations étoit multiple du nombre de celles du Son fondamental. Je ne trouvai rien dans les explications des Trompettes marines qui me satisfist là-dessus. Mais en cherchant moi-même la cause de ce phénomène, je conclus que la corde outre les ondulations qu'elle faisoit dans toute sa longueur pour former le Son fondamental, se partageoit en deux, en trois, en quatre et cetera ondulations égales qui formoient l'octave, la douzième, la quinzième de ce Son, je conclus ensuite la nécessité des noeuds et des ventres de ces

ondulations, et la maniere de les apercevoir au toucher et à la veuë comme je l'explique dans les Sons harmoniques. 4. Ce phénoméne m'a donné lieu à la recherche de quelques autres pour la sympathie des Sons, pour les instrumens à vent, et pour les instrumens d'Acoustique, qu'on peut perfectionner jusqu'au même degré que ceux d'Optique; et j'attens que ces choses soient dans leur perfection, pour donner enfin lieu à un Corps parfait d'Acoustique.

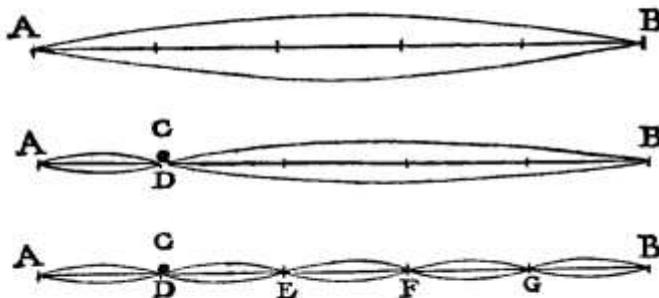
Comme la partie de l'Acoustique qui a pour objet les intervalles des Sons, sert de principe à toutes les autres; qu'elle a eu le temps d'être digérée; que j'ai donné à mon Système toute l'étenduë qu'on peut souhaiter, et que j'en fais une application generale à toutes sortes de Systèmes et d'instrumens de Musique, et qu'enfin on commence à citer les intervalles de mon Système, j'ai crû qu'il étoit tems de le donner au public; ce que je fais avec le plus de brieveté et de netteté qu'il m'est possible. Je me donne la liberté d'introduire des mots nouveaux, qui sont necessaires à l'étenduë de mon Système. Je ne donne point icy de démonstration des choses que j'avance, parce qu'oultre que plusieurs l'ont fait à l'égard d'une partie, la démonstration du reste regarde un Traité complet d'Acoustique.

J' Appelle *Son harmonique* dun Son fondamental, celui qui fait plusieurs vibrations pendant que le Son fondamental n'en fait qu'une, ainsi un Son à la douzième du Son fondamental est harmonique, parce qu'il fait 3 vibrations pendant que le Son fondamental n'en fait qu'une. Voici la Table des Sons harmoniques qui est divisée en 5 Octaves & en 7 Colomnes.

La premiere colomne marque le nombre des vibrations Voiez

en marquer les proprietéz.

Divisez la corde d'un Monochorde en parties égales; par exemple en 5, (l'on peut diviser une regle de la même longueur & l'appliquer le long de cette corde :) pincez cette corde à vuide, elle rendra un Son que j'appelle le



fondamental de cette corde : mettez aussi tôt un obstacle léger C sur une de ces divisions D, comme le bout d'une plume si la corde est menüë ; en sorte

que le mouvement de cette corde se communique de part

Extrait n°2 – FONTENELLE, *Histoire de l'Académie royale des sciences*, années 1701, partie *Histoire* (rend compte du mémoire de J. Sauveur)

«... Par exemple, si une corde est à l'octave en en haut de celle qui rend le Son fixe, elle fera 200 vibrations en une Seconde, tandis que l'autre en fera 100, et leurs vibrations se rencontreront 100 fois, ce qui est bien éloigné de ne se rencontrer que 6 fois. Si cette corde est à l'octave grave de celle du Son fixe, elle fera 50 vibrations par Seconde, et leurs vibrations se rencontreront 50 fois. Si elle est à la seconde octave grave, les vibrations se rencontreront 25 fois, et enfin il faudra qu'elle soit à la quatrième octave grave, afin que les vibrations ne se rencontrent que 6 fois.

Il est donc impossible que l'on entende jamais des battemens dans une Octave, quelle qu'elle soit. Si elle est au-dessus du Son fixe, l'impossibilité est entiere et absoluë, si elle est au-dessous, il faudroit un Instrument qui allât à la quatrième octave grave du Son fixe, c'est-à-dire, par exemple, un tuyau d'orgue de 80 pieds, puisqu'un tuyau de 5 rend le Son fixe. Or sans compter l'énorme grandeur de l'Instrument, [-145-] nous avons vû que l'oreille ne peut distinguer des tons plus bas que ceux d'un tuyau de 40 pieds. De même, si une corde de 3 pieds rend à peu près le Son fixe, il en faudroit une de 48 pieds, ce qui est impraticable.

Les battemens ne plaisent pas à l'Oreille, à cause de l'inégalité du Son, et l'on peut croire avec beaucoup d'apparence que ce qui rend les Octaves si agréables, c'est qu'on n'y entend jamais de battemens.

En suivant cette idée, on trouve que les accords dont on ne peut entendre les battemens, sont justement ceux que les Musiciens traitent de Consonances, et que ceux dont les battemens se font sentir, sont les Dissonances, et que quand un accord est Dissonance dans une certaine octave, et Consonance dans une autre, c'est qu'il bat dans l'une, et qu'il ne bat pas dans l'autre. Aussi est-il traité de Consonance imparfaite. Il est fort aisé par les principes de Monsieur Sauveur qu'on a établis icy, de voir quels accords battent, et dans quelles Octaves au-dessus ou au-dessous du Son fixe. Si cette hypothese est vraie, elle découvrira la veritable source des Regles de la Composition, inconnuë jusqu'à present à la Philosophie, qui s'en remettoit presque entierement au jugement de l'Oreille. Ces sortes de jugemens naturels, quelque bizarres qu'ils paroissent quelquefois, ne le sont point, ils ont des causes très-réelles, dont la connoissance, appartient à la Philosophie, pourveu qu'elle s'en puisse mettre en possession. »

EXTRAITS n°3 : SAUVEUR

« Une corde de clavecin étant pincée, outre le son qu'elle rend, proportionné à sa longueur, à sa grosseur, et à sa tension, on entend encore en même temps, quand on a l'oreille fine et exercée, d'autres sons plus aigus que celui de la corde entière, produits par quelques-unes de ses parties, qui se détachent en quelque sorte de la vibration générale pour faire des vibrations particulières.[...] Ainsi chaque moitié, chaque tiers, chaque quart d'une corde l'instrument a ses vibrations à part, tandis que se fait la vibration totale de la corde entière. C'est la même chose d'une cloche, quand elle est fort bonne et harmonieuse. Or tous ces sons particuliers produits par les parties de la corde ou de la cloche, sont harmoniques à l'égard du son total, le moins aigu que l'on entende, comparé à ce son total, est à son octave, le moins aigu qui le suive fait une douzième, celui d'après la double octave, le suivant une dix-septième, etc. jusqu'à ce que ces sons devenus trop aigus échappent à l'oreille. »