



HAL
open science

De vibrationibus aëris tensi

Andrea Costa

► **To cite this version:**

Andrea Costa. De vibrationibus aëris tensi. IX. Internationalen Leibni-Kongresses, G.W. Leibniz Gesellschaft, Jul 2023, Hanover, Germany, Allemagne. pp.253-266, 10.15488/14330 . hal-04297181

HAL Id: hal-04297181

<https://hal.science/hal-04297181v1>

Submitted on 21 Nov 2023

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

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



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

De vibrationibus aëris tensi

Les recherches de G.W. Leibniz des années 1680 dans le domaine de l'acoustique

« De sa fenêtre préférée, [...] Hamlet, personnage étrange, pouvait, quand ça le prenait, faire des ronds dans l'eau, dans l'eau, autant dire dans le ciel. Voilà quel fut le point de départ de ses méditations et de ses aberrations. »

Jules Laforgue, *Hamlet ou les suites de la piété filiale*

I. Sonus simia lucis

Avec la complicité de l'heureuse paronymie entre *simia* et *similis* qui fait sonner la phrase comme un jeu de mot plein d'esprit, la célèbre sentence de l'*Ars magna lucis et umbræ* de Athanasius Kircher¹ ne prendra pas une ride, lorsqu'elle sera reprise au pied de la lettre, vingt-quatre ans après, dans les cours de Gaston Pardies au collège de Clermont en 1670². L'image, il faut bien le reconnaître, n'est pas dénouée de possibilités heuristiques, puisque l'assimilation entre le processus de propagation du son et celui de la lumière ne cessera pas, tout au long du XVII^e siècle, d'inspirer des théories et de suggérer des modélisations indépendamment de la direction et du vers attribués aux éléments de la métaphore : la lumière comme modèle du son, comme dans la tradition jésuite qui s'impose à partir de la première moitié du siècle, ou bien l'inverse, comme dans les recherches développées dans le sillon des travaux de Francesco Maria Grimaldi d'où, par la suite, découlèrent les toutes premières théories axées sur la propagation ondulatoire. Malgré cela, les cas où une comparaison avec un primate peut s'avérer flatteuse demeurent rares et le cas du son ne fait pas exception. La trouvaille de Kircher ne fait que codifier dans une expression stigmatisante, un point de vue répandu et accrédité dans la pensée scientifique depuis l'antiquité classique. Ainsi, la primauté de la vue sur l'ouïe universellement reconnue dans le cadre de presque toutes les gnoséologies esthétiques élaborées en Europe occidentale, toute époque confondue, ne pouvait pas manquer de déteindre sur la modélisation des processus physiques à l'origine des deux sensations, en faisant de l'une le modèle, et de l'autre sa caricature aussi rudimentaire qu'imparfaite.

Une simple comparaison quantitative des réflexions réservées à l'optique et celles des phénomènes sonores, conduite *ab origine* de l'histoire de la physique jusqu'au XVII^e siècle au moins, ne ferait que confirmer ce décalage constant. Le peu de passages consacrés à l'acoustique se trouvent souvent cachés dans les plis de plus longs traités dédiés à d'autres thèmes : la perception en général, la théorie musicale ou, justement, la vision, où le son peut se trouver occasionnellement évoqué dans le cadre de quelques *a parte* épisodiques et accessoires. Ainsi, la pauvreté qui caractérise la situation des sources primaires ne peut que se répercuter sur la littérature secondaire, en expliquant au passage le manque notable de contributions spécifiquement dédiés à l'histoire de l'acoustique dont souffre la recherche contemporaine³. Ce cadre épistémique déjà assez problématique au départ, se complique par ailleurs ultérieurement si l'on considère la situation particulière des études spécifiquement consacrées à la période qu'on désigne habituellement comme baroque, où la tripartition - désormais traditionnelle depuis les travaux du musicologue Manfred Bukofzer⁴ - différenciant la théorie, la praxis et la théorisation musicale comme trois domaines d'études distincts, semble se scinder davantage à travers l'introduction d'une nouvelle séparation qui dissocie, *de facto*, les recherches sur la physique du son de celles sur l'organisation formelle du matériel sonore. L'adoption plus ou moins consciente et explicite d'un tel paradigme contribue souvent à faire émerger des dichotomies fictives et

¹ Athanasii Kircheri: *Ars magna lucis et umbræ, in decem libros digesta*, H. Scheus, Romæ, 1646, liber II, pars I, p. 140.

² August Ziggerland: *Le physicien Ignace Gaston Pardies S. J. (1636-1673)*, Odense Univ. Press, Odense, 1971, p. 181.

³ Une exception notable dans ce panorama consiste en la remarquable thèse de doctorat de François Baskevich, *Les représentations de la propagation du son, d'Aristote à l'Encyclopédie*, Université de Nantes, 2008, (par la suite FB), qui a constitué la base pour le deuxième chapitre de la présente recherche et à laquelle nous renvoyons pour tout approfondissement.

⁴ Manfred F. Bukofzer: *Music in the Baroque Era. From Monteverdi to Bach*, Norton & Co., New York, 1947, p. 388 ss.

anachroniques dès qu'on l'applique aux philosophes de la période moderne en général⁵, mais elle peut impliquer des conséquences encore plus néfastes dès qu'il s'agit spécifiquement de la réflexion de Leibniz. Tout d'abord car dans le domaine des études leibniziennes le déséquilibre entre l'attention portée à la physique du son et celle réservée aux autres « domaines » de la tripartition mentionnée s'avère particulièrement criant. Du côté de la théorisation musicale et de la philosophie de la musique, un certain nombre de contributions importantes a effectivement permis de mettre en lumière les principaux axes qui caractérisent la réflexion et la sensibilité du philosophe autour de ce thème, à partir des travaux pionniers de Rudolph Haase⁶ jusqu'aux apports fournis par des auteurs comme Bernard Bass⁷ et, plus récemment, par Andrea Luppi⁸. Du côté de la théorie musicale et du « quota » de physique du son que son traitement comporte, en revanche, le problème du tempérament et de la consonance semble régner en maître incontesté, avec une réflexion critique nourrie d'excellentes exégèses, mais qui se concentrent presque uniquement sur la correspondance de 1709-1710 avec Conrad Henfling, et sur celle de 1712 avec le conseiller juridique de Pierre le Grand, Christian Goldbach. Dans un cas comme dans l'autre, l'évaluation de la contribution réelle de Leibniz à l'intelligence de la science acoustique s'en trouve compromise et, en définitive, fortement diminuée⁹.

Cette vision peut désormais être partiellement émendée grâce à la publication, en 2021, d'un ensemble conséquent d'écrits datés des années '80 portant sur la physique du son et désormais consultables dans le troisième tome de la série VIII de l'édition de l'*Akademie*¹⁰ : ces textes permettent de redessiner en profondeur le rôle de Leibniz dans le débat du XVII^e siècle sur la nature du son, et de lui restituer sa juste place parmi les grands novateurs de la science acoustique de l'âge moderne. Nous verrons par la suite à quel point Leibniz lui-même avait effectivement conscience de ce rôle et quelle stratégie il mit en place afin de revendiquer ce titre de noblesse qu'il estimait lui revenir de droit.

II. Les *Cogitationes Novæ de Sono* (1681-1685)

Parmi les écrits désormais édités dans la première section de A VIII, 3, seulement une partie relativement exiguë est consacrée explicitement à la physique du son. Si, de cet ensemble, on soustrait ensuite les ébauches, les textes incomplets, ceux qui se concentrent seulement sur le moment particulier du mécanisme de propagation ou sur la description d'un dispositif spécifique¹¹ et ceux où la question du son n'est touchée que de façon accessoire au sein d'un traité plus général sur l'élasticité, nous parvenons à isoler un sous-ensemble d'écrits relativement restreint, rédigés entre le mois d'août 1681 et la première moitié de l'année 1685, maintenant réunis sous le titre général de *Cogitationes Novæ de Sono*. Comme la note critique introductive de l'*Akademie* l'indique, le contexte de rédaction

⁵ Pensons, à titre d'exemple, au *Compendium Musicæ* de Descartes (AT 10, p. 79-141), où les règles de la composition musicale de la deuxième partie se situent dans la continuité des propositions sur la nature du son contenue dans la première.

⁶ Rudolf Hasse: *Leibniz und die Musik: ein Beitrag zur Geschichte der harmonikalen Symbolik*, Eckhardt, Hommerich, 1963.

⁷ Bernard Bass: « L'animal musicien ». Philosophie et musique chez Leibniz, in : *Musique en jeu*, VII, 1976, n.25, p. 49-72.

⁸ Andrea Luppi: *Lo specchio dell'armonia universale: estetica e musica in Leibniz*, Milano, 1989.

⁹ L'excellente contribution de Patrice Bailhache représente un exemple illuminant de l'avis mitigé que l'on réservera à la contribution leibnizienne à la théorie musicale et à la physique du son, lorsque on approche ces sujets uniquement à partir de la correspondance tardive avec Henfling. Cf. par exemple : « Lorsqu'il définit les intervalles, Leibniz place la tierce majeure avant la quarte dans l'ordre des degrés décroissants de consonance. Il suit en cela la tradition de son temps, comme l'avait fait précédemment Descartes. Mais, en tant que mathématicien, il aurait pu être plus original, comme plus tard Euler [...] ». Patrice Bailhache, *Leibniz et la théorie de la musique*, Paris, 1992, p. 42.

¹⁰ A VIII, 3, pp. 90-158. Les textes sur la physique du son dont il est question ici étaient néanmoins déjà consultables en Ernst Gerland (ed.), G.W. Leibniz, *Leibnizens nachgelassene Schriften physikalischen, mechanischen und technischen Inhalts*, Leipzig, 1906, p. 11-31.

¹¹ Cf. par exemple le *De Tuba Stentorea vel Acustica* (A VIII, 3, p. 7-9), consacrée uniquement au « porte-voix » mis au point par Samuel Morland et décrit dans son "*Tuba stentoro-phonica*", *an instrument of excellent use*, (London, M. Pitt, 1671). Leibniz en fait référence aussi en LSB VIII, 1, 58. Son intérêt pour l'invention de Morland est également témoigné par ses notes autographes que l'on retrouve sur sa copie personnelle de l'ouvrage du diplomate anglais (LSB VIII, 1 N. 62 ; 5 cf. Hanovre, GWLB, côte N-A 7073).

de ces pièces (12₁-12₃)¹² est sûrement connecté aux échanges du début des années '80, entre Leibniz, Mariotte et le médecin originaire de Jena, Gunther Christoph Schelhammer, beau-fils de Conring et auteur, en 1684, du traité médical *De auditu*. Les écrits d'acoustique de cette période furent donc occasionnés par le commerce épistolaire qui accompagna la publication du livre, fixant à la fois un point de repère et un *terminus ad quem* non négligeable pour la datation des manuscrits. Par rapport aux autres pièces où les problèmes du son sont également touchés, les textes 12₁-12₃ se distinguent surtout par leur claire volonté de fournir une description complète de chacune des trois phases dans lesquelles les phénomènes acoustiques s'articulent afin de les comprendre comme parties d'un processus unitaire, à savoir : production, propagation et réception du son (même si, malgré le contexte médical à l'origine de la réflexion, la partie consacrée à la description des organes auditifs et à leur fonctionnement est, en réalité, assez marginale, se trouvant concentrée seulement à la toute fin de l'écrit le plus conséquent de cette série, le n°12₃).

Dans le premier de ces écrits - *De soni generatione propagatione et expressione in organo, mechanice explicatis* (12₁) - la référence aux échanges avec Schelhammer et Mariotte est explicite dès la mention des « *viros clarissimos qui in Germania Galliaque idem argumentum versant* » présente dans l'*incipit*. Quoiqu'il soit difficile d'ordonner chronologiquement avec certitude cette pièce par rapport à la première version de la lettre à Schelhammer de janvier 1682¹³, des indices bien fondés portent les éditeurs à en proposer une datation entre la deuxième moitié du mois d'août et la fin de l'année 1681. Le texte s'ouvre sur une déclaration d'insatisfaction profonde de la part de Leibniz sur la façon dont la question du son a été traitée auparavant. En marquant dès le début une différence profonde par rapport à bon nombre des modélisations de la physique du son circulant alors, Leibniz déclare d'emblée son refus très net de l'« image-modèle » des cercles dans l'eau, utilisée analogiquement comme *vetustissima explicatio* de la propagation sonore. Deux aspects en particulier déterminent l'inadéquation d'une modélisation du son s'appuyant sur l'image des cercles causés par un projectile frappant la surface de l'eau: d'un côté, cette dernière ne suggère nullement une quelconque connexion à la notion d'élasticité du véhicule, constituant la condition préalable pour l'intelligibilité de toute phénomène de propagation ; de l'autre, en impliquant une double dynamique de réduction de l'intensité des cercles et d'augmentation de leurs diamètres en fonction du degré de proximité au centre qui en constitue la source, l'image s'avère totalement inapte à illustrer les raisons de la conservation du même ton d'un son lors de son mouvement de déplacement entre sa source et l'organe récepteur. Notons au passage que dans son traité *Du Bruit* - publié en 1680 mais dont les doctrines circulaient dès 1677 dans la communauté savante - Claude Perrault avança exactement les mêmes objections à l'analogie des ronds dans l'eau : comme nous le verrons par la suite, la question de la datation des textes et de la primauté des thèses revêtent ici une certaine importance. Libéré dès le début d'une métaphore aussi omniprésente que trompeuse, Leibniz peut ainsi rentrer dans le vif du sujet, en esquissant le principe-base dont découle tout ce qui s'ensuit et en présentant le dispositif dont il se servira pour proposer sa propre modélisation. Le principe est résumé dans la maxime « *Omnia quæ sonant tremere* », vérité qu'on peut désormais considérer comme établie depuis les travaux de Fabri et de Wallis¹⁴. Quant au dispositif, il s'agit, essentiellement, d'un monocorde : instrument musical archétype et stylisé, protagoniste absolu de presque toutes les expériences sur l'univers sonore, depuis l'école pythagoricienne au moins :

« Itaque considero objectum sonans instar chordæ pulsatæ, organon vero auditus instar chordæ homotonæ sine contactu ad prioris pulsationem resonantis ».¹⁵

¹² Cet ensemble comprend également deux dernière pièces, 12₄-12₅, contenant les notes et les observations leibniziennes au *De auditu* (12₄) de Schelhammer (Guntheri Christophori Schelhammeri : *De Auditu liber unus*, Lugduni Batavorum, B. de Graaf, 1684.) et au *Tractatus de Organo Auditus* (12₅) de Joseph-Guichard Duverney (Joseph-Guichard Duverney: *Traité de l'organe de l'ouïe, contenant la structure, les Usages & les Maladies de toutes les parties de l'Oreille*, A Paris, Chez Estienne Michallet, ruë S. Jacques à l'Image S. Paul, 1683. Leibniz en possédait l'édition latine datant de l'année suivante : *Tractatus de Organo Auditus*, Nuremberg, Johann Zieger, 1684.

¹³ LSB 3, 311.

¹⁴ Honoré Fabri : *Physica, id est scientia rerum corporearum*, Lugduni, sumptibus L. Anisson, 1669-1671. John Wallis : *Mechanica, sive De motu, tractatus geometricus*, Londini, G. Godbid, impensis M. Pitt, 1670-1671.

¹⁵ A VIII, 3, p. 95.

Le son - qui ne dérive pas de la percussion subie par un corps sonore mais bien du mouvement de restitution que ce dernier opère lorsqu'il cherche à se rétablir dans son état d'origine – se transmet ainsi du monocorde émetteur au récepteur, à travers toute la série des dispositifs analogues se situant entre l'un et l'autre et par lesquels nous pouvons schématiser le fonctionnement du milieu de propagation. Dans un modèle où l'air, expulsé par la vibration du corps sonore, restitue sa propre force élastique engendrée par le mouvement de compression-raréfaction et imprime ainsi des nouvelles vibrations aux autres corps qui l'entourent, l'aspect qui demeure le plus compliqué à expliquer est évidemment la permanence du même son tout au long de la chaîne de transmission du mouvement, à partir du corps sonore qui le produit jusqu'aux oreilles qui le reçoivent. En d'autres mots, puisque la vibration est le mouvement d'un corps qui se déplace alternativement autour d'un point de repos, il faut expliquer comment, suite au premier mouvement qui produit l'ondulation de l'air, le deuxième, le troisième, le quatrième mouvement, agissant sur un niveau de tension du milieu déjà altéré par le mouvement précédent, arrivent à s'accorder mutuellement et à devenir isochrones, respectant ainsi la condition indispensable pour que le même ton – donné par la durée de chaque vibration- soit maintenu. Pour résoudre ce problème, Leibniz suppose l'existence d'un mécanisme complexe de compensation et d'autorégulation intervenant *naturæ necessitate* et grâce auquel les vibrations non-isochrones se dispersent dans une infinité de parties qui, avec le temps, finissent pour se régler sur la période de la vibration dominante. Tout corps, en raison de sa divisibilité, ne peut que contenir virtuellement aussi des parties dont la vibration s'avèrera isochrone à la vibration dominante qui le frappe et c'est cette dernière qui s'imposera sur les autres.

Contemporain ou suivant de peu la rédaction du 12₁, le texte 12₂ en reprend tous les thèmes principaux, tout en s'en différenciant par une volonté plus marquée – au moins dans la première partie – de développer l'argumentaire à partir d'un système presque définitionnel, ainsi que par une attention accrue aux expériences et aux observations qui peuvent contribuer à corroborer la modélisation proposée. On y trouve ainsi citée l'expérience des *machinae Gerickianæ*, où le fort bruit produit par l'air qui conflue à l'intérieur des deux demi-sphères dans lesquelles on avait fait le vide et que l'on avait soudainement cassées, illustre la dynamique de compression et de raréfaction qui affecte l'air frappé par un choc¹⁶. On y trouve également l'observation de l'astronome et mathématicien David Frölich, qui dans sa *Bibliotheca seu cynosura peregrinantium*¹⁷ de 1643-44, décrit comment le bruit produit par la détonation d'un fusil s'avère plus faible en raison de la hauteur d'où l'explosion se produit, ce qui montre le rôle joué par la pression de l'air dans tous les phénomènes de propagation. On y trouve aussi, enfin et surtout, la référence à la célèbre expérience réalisée à Florence par les académiciens du Cimento, concernant la mesure de la vitesse du son et établissant la constance de sa vitesse de propagation : par-là, les *Cogitationes* des années '80 nous anticipent déjà ce « décor » florentin qui deviendra un élément de contexte fondamental dans la recherche physique de la pleine maturité leibnizienne.

III. Deux théories et une image¹⁸

Les années 80 du XVII^e siècle, lorsque les efforts leibniziens pour développer une formalisation satisfaisante des phénomènes acoustiques commencent à assumer des traits bien définis et à s'organiser en une série d'écrits témoignant d'une réflexion systématique, connaissent essentiellement deux théories concurrentes dans l'explication de la physique du son. C'est donc avec celles-ci que, dans un cadre encore marqué par la *vacatio* d'une modélisation unitaire et partagée, les résultats expérimentaux accumulés par les protagonistes de la révolution scientifique moderne essayent, tant bien que mal, de s'agencer. Et c'est toujours à celles-ci qu'il faudra avant tout se référer si l'on veut apprécier pleinement la réelle importance des contributions leibniziennes. En dépit des nombreuses variantes plus ou moins curieuses et problématiques avancées par un nombre non négligeable d'auteurs, le noyau théorique de chacune de ces deux approches alternatives au son demeure globalement bien identifiable et reconnaissable, tout comme l'on retrouve les cadres

¹⁶ Otto von Guericke: *Experimenta nova*, lib. III, cap. 25, Amsterdam, 1672, p. 106.

¹⁷ David Frölich: *Bibliotheca seu cynosura peregrinantium*, Ulmæ, impensis W. Endteri, 1643-1644, p. 268-288.

¹⁸ Pour un cadre exhaustif des théories concernant la physique du son au XVII^e siècle, voir FB, 119-216. Un bon nombre de citations du présent chapitre a été tiré de cet imposant travail.

doctrinaux « purs » issus des écoles philosophiques grecques, auxquels même les hybridations les plus bigarrées peuvent toujours être reconduites.

La première, largement majoritaire, est bien évidemment la théorie issue de la tradition aristotélicienne, dont la partie la plus conséquente était tirée essentiellement du chapitre 8 du deuxième livre du *De anima*, avec toutefois d'importantes intégrations issues tout autant des quelques références occasionnelles à la physique du son éparpillées dans les autres textes du Philosophe (notamment, les *Météorologiques*) que des contributions contemporaines plus ou moins « en style », élaborées au sein du milieu intellectuel de la deuxième scolastique. Si la nature fortement elliptique et concise du chapitre 8 du *De anima* justifie l'exigence d'intégrer les lacunes laissées par l'exposé original et la floraison de variantes qui en découle à partir du même noyau théorique, on peut quand même isoler et reconnaître la structure qui fonde toutes les déclinaisons particulières et demeure constante parmi tous les partisans de ce premier modèle. D'après cette théorie, le son est un mouvement causé par le choc (πληγή) de deux corps et communiqué à l'air qui le transmet directement aux l'organes de l'ouïe. Le mouvement ainsi ne passerait pas à travers une succession de chocs qui se communiquent d'une portion d'air à l'autre jusqu'aux oreilles, mais la masse d'air est - écrit Aristote - « συνεχής καὶ εἷς »¹⁹ :

« Ψοφητικὸν μὲν οὖν τὸ κινητικὸν ἐνὸς ἀέρος συνεχεῖα μέχρις ἀκοῆς. Ἀκοῆ δὲ συμφυῆς <ἔστιν> ἀήρ· διὰ δὲ τὸ ἐν ἀέρι εἶναι, κινουμένου τοῦ ἔξω ὁ εἶσω κινεῖται. Διόπερ οὐ πάντη τὸ ζῶον ἀκούει, οὐδὲ πάντη διέρχεται ὁ ἀήρ· οὐ γὰρ πάντη ἔχει ἀέρα ἢ τὸ κινησόμενον μέρος καὶ ἔμψυχον†. Αὐτὸς μὲν δὴ ἄψοφον ὁ ἀήρ διὰ τὸ εὐθρυπτον· ὅταν δὲ κωλυθῆ θρύπτεσθαι, ἢ τούτου κίνησις ψόφος. »²⁰

L'aspect le plus problématique de la modélisation proposée dans le *De anima* concerne justement l'ambiguïté qui affecte la notion même de mouvement intervenant dans la production du son : si Aristote dit bien que le choc initial est nécessairement engendré par un mouvement de translation (φορά), il ne spécifie toutefois pas à quelle catégorie appartient le mouvement du son lui-même, se limitant à le qualifier selon la dénomination générique de κίνεσις. Un passage du VI chapitre du *De sensu et sensibili*, semblerait suggérer une possible classification de ce dernier parmi les mouvements qualitatifs (ἀλλοιώσις)²¹ : il s'agirait donc d'un mouvement instantané par lequel le son se transmettrait du corps sonore directement à l'oreille, sans temps de propagation. Bien que d'autres passages du même écrit sembleraient en revanche inclure aussi les mouvements des sons parmi les mouvements locaux²², réintroduisant ainsi la question du temps de propagation, la première interprétation s'avère cohérente avec ce que le Philosophe soutient dans les *Météorologiques* lorsque, à propos de l'orage, il invoque la moindre sensibilité de l'ouïe par rapport à la vue comme cause unique de l'écart temporel qu'on constate entre la vision de l'éclair et la perception sonore du tonnerre²³. L'exigence d'expliquer les phénomènes sonores comme résultants d'une composition entre deux sortes de mouvements allogènes, jonglant ainsi avec toutes les contraintes connexes à une notion d'instantanéité, qui s'accorde mal avec les données plus élémentaires de l'expérience, a été souvent rattaché par les commentateurs²⁴ à la question de la vitesse des sons et à sa proportionnalité - traditionnellement acceptée depuis la tradition pythagoricienne au moins - avec les différents degrés de leur acuité²⁵.

L'insistance d'Aristote²⁶, partagé par bon nombre de ses commentateurs, sur les conditions préalables indispensables à la production de tout phénomène sonore – l'air qui, suite à un mouvement excitateur plus rapide que son propre mouvement ne se divise pas et parvient, en masse continue, instantanément jusqu'aux oreilles – trouve ainsi sa pleine justification dans ce cadre épistémologique,

¹⁹ DA, II, 8 419^b 4.

²⁰ DA, II, 8, 6.

²¹ Sens., 6, 447^a 1-6.

²² Sens., 6, 446^b 5-6.

²³ Meteor., II, 9.

²⁴ Cf. FB, p. 64-65.

²⁵ DA, II, 8, 420^a 19. Pour Aristote il s'agirait donc d'accorder la proportionnalité, considérée comme évidente, entre la vitesse du choc et l'acuité du son qui en est engendrée, avec la donnée expérimentelle, tout aussi évidente, en attestant que les sons aigus et les graves parviennent simultanément à l'oreille.

²⁶ DA, II, 8 419^b 4.

comportant par ailleurs également l'avantage de justifier, lorsque cette clause ne se vérifie pas, l'existence des mouvements d'air non sonores. Ce qui contribua également à entraver davantage la pleine réception d'un modèle qui présentait, déjà à ses origines, des aspects bien opaques et énigmatiques, fut la circulation d'une version hétérodoxe de cette même théorie présentée dans le bref traité *De audibilibus*, aujourd'hui attribué à Straton, mais dont la paternité aristotélique ne fut jamais véritablement mise en discussion avant le XIX^e siècle. Pour l'auteur du *De audibilibus*, l'air porte le son avec un mouvement tout à fait analogue à celui du corps sonore qui l'a engendré car il « *n'est pas continu et un, mais composé de parties contiguës qui propagent successivement l'ébranlement initial* »²⁷. Dans quelques cas, au XVII^e siècle, une telle ambiguïté au sein d'une théorie se prétendant unitaire fut même profitable à certains interprètes qui manifestaient l'exigence de concilier leur pleine orthodoxie à la pensée d'Aristote avec les nouveaux acquis de la science expérimentale. Ainsi, sous la contrainte de l'accumulation d'expériences, le père jésuite Athanasius Kircher put reconnaître, dans sa *Phonurgia*²⁸ de 1673, l'existence d'un temps de propagation du son, sans pour autant donner l'impression de dévier complètement des chemins du Περύπατος grâce à la position *De audibilibus* : il en résulte toutefois une modélisation relativement confuse et parfois contradictoire, où semble être reconnu au son une existence presque matérielle, avec des comparaisons avec les mouvements mécaniques qui suggèrent une sorte d'assimilation, totalement étrangère à la pensée du Stagirite, aux mouvements de matière.

Les auteurs préférant rester attachés à la seule lettre du *De anima*, tel que Francisco Suarez, ne furent pas moins contraints à de rudes acrobaties intellectuelles pour accorder la doctrine originaire à la légion d'observations et d'expériences qui promouvaient désormais la temporalité de la propagation au rang de donnée expérientielle flagrante. La notion problématique de *qualitas successiva*, forgé *ad hoc* pour composer cette évidence avec l'irrécusable nature qualitative du mouvement, n'engendrera que de nouvelles difficultés et apories²⁹. Fort heureusement, d'autres ressources textuelles, à l'*auctoritas* également indiscutable, pouvaient être évoquées pour appuyer la construction de ces modélisations alternatives et plus performantes dont nécessitait désormais la tradition scientifique jésuite du tournant 1650. Une image en particulier, empruntée par Thomas à Vitruve³⁰, fournira à toute une nouvelle génération des savants - Francesco Maria Grimaldi, Casati, Bortoli d'abord, puis Fabri, Lana Terzi et Pardies - la pierre angulaire pour développer une représentation des sons totalement nouvelle, dont même la théorie ondulatoire de la lumière élaborée plus tard par Huygens pourra largement profiter.

Dans le champ adverse, une deuxième modélisation de la physique du son - s'appuyant sur la théorie corpusculaire de Démocrite, Épicure et Lucrèce et reprise, *mutatis mutandis*, à l'époque moderne par des auteurs comme Beckmann et Gassendi - permettait de contourner un bon nombre des difficultés posées par la doctrine d'Aristote et de ses exégètes plus ou moins hétérodoxes, tout en obligeant ses partisans à se confronter à la même cohorte d'objections et de contre-exemples qui s'acharnaient, depuis l'antiquité, contre toute explication atomiste des phénomènes naturels. Dans un cadre où les sons sont reconduits à des mouvements de particules dont la vitesse, le nombre et la forme correspondent à la hauteur, à l'intensité et au timbre et dont les lois générales ne diffèrent guère des règles qui président les choc des corps dans tout autre échange mécanique, on aurait ainsi dû constater des phénomènes tels qu'une accumulation des corpuscules dans les endroits où plusieurs rayons sonores se concentrent et une diminution progressive de la masse des corps qui produisent des sons. Et comment expliquer la possibilité de transmission d'un message quelconque d'un point A à un point B dans le cas où plusieurs conversations qui se superposent, là où l'entrechoc continu et croisé des corpuscules devrait nécessairement se résoudre en une sorte de « billard » cacophonique et ingérable ? Néanmoins, l'exigence de fournir des contre-arguments plus ou moins nouveaux à ces objections plus ou moins anciennes, s'avéra un faible prix à payer par rapport aux avantages que la théorie

²⁷ FB, p.52. Cf. Porphyrius, *Commentarius in Claudii Ptolemæi Harmonica*, edidit Massimo Raffa, Berlin-Boston, W. de Gruyter, 2016, [800a], p. 224.

²⁸ Athanasii Kircheri, *Phonurgia nova, sive Conjugium mechanico-physicum artis et naturæ paranymphe philosophiæ concinnatum*, Campidonæ, per R. Dreherr, 1673.

²⁹ Doctoris Francisci Suarez, *Partis secundæ Summæ theologiæ tomus alter [...] ac tertium de Anima [...]*, Lugduni, sumptibus H. Cardon, 1621, lib.3, Caput XIX, p. 150.

³⁰ Sancti Thomæ de Aquino, *Sententia libri De anima*, §447. Voir la fin de ce chapitre.

corpusculaire, grâce à son approche mécanique, semblait comporter. En décrivant la propagation comme un transport de corpuscules émis par le corps sonore et se dispersant dans l'air avant d'être perçus par l'organe de l'ouïe, elle solutionne en effet plusieurs problèmes, en particulier celui d'être bien plus adéquate avec les propriétés de réflexion sur les parois (les échos sont alors assimilés à des rebonds), et prend mieux en compte le temps de propagation du son puisqu'elle reconnaît le mouvement de matière³¹.

Dans les interstices ouverts entre ces deux modèles « majeurs » trouve enfin sa place un troisième dispositif dont on pourrait difficilement exagérer l'importance pour l'histoire de la compréhension des phénomènes ondulatoires. Il ne s'agit pas d'une véritable théorie alternative mais plutôt d'une « image » dont le pouvoir évocateur et les potentialités heuristiques excédaient de loin les gains explicatifs réels que les auteurs qui s'en servirent arrivaient à en tirer. De fait, dès sa première occurrence textuelle, elle ne cessera plus d'accompagner presque systématiquement tout traité sur la physique du son et, au passage, d'engendrer par sa seule présence les herméneutiques hybrides les plus fantasques. Il s'agit bien évidemment de la célèbre image des cercles concentriques qui se forment sur la surface de l'eau frappée par un projectile. C'est dans le milieu stoïcien qu'on rencontre pour la première fois l'idée d'y recourir comme modèle explicatif des phénomènes de propagation des sons, comme semblerait l'attester un passage tiré d'un traité de physique, perdu, de Chryssippe et rapporté par Diogène Laërce :

« Ἀκούειν δὲ τοῦ μεταξύ τοῦ τε φωνοῦντος καὶ τοῦ ἀκούοντος ἀέρος πληττομένου σφαιροειδῶς, εἶτα κυματομένου καὶ ταῖς ἀκοαῖς προσπίπτοντος, ὡς κυματοῦται τὸ ἐν τῇ δεξαμενῇ ὕδωρ κατὰ κύκλους ὑπὸ τοῦ ἐμβληθέντος λίθου ».³²

La même image est ensuite présente dans le traité *De Architectura* de Vitruve, lorsque la question de la propagation des sons est évoquée concernant les problèmes d'acoustique dans les lieux publics³³. Mais c'est surtout à partir de sa réception par Thomas d'Aquin, dans le commentaire au *De anima*³⁴, que la représentation des ronds dans l'eau reçoit l'autorité suffisante pour se constituer en outil stratégique à même de combler les moult lacunes du modèle de la propagation instantanée, voire, dans certains cas, de le substituer. Tout au long de l'époque moderne, son importance croîtra progressivement et proportionnellement à l'accumulation des expériences qui contraient la nature qualitative du mouvement sonore, jusqu'à presque assumer le statut d'un τόπος dont l'incontournabilité semblait parfois plus connectée à une hypercodification « littéraire » et stylistique qu'aux avantages explicatifs réels qu'il pouvait offrir. Ainsi - comme le note justement F. Baskevitch - s'il est vrai que des auteurs comme Francesco Maria Grimaldi, Honoré Fabri ou Lana Terzi purent trouver dans le phénomène des cercles dans l'eau formés par un projectile, le point de départ pour une réflexion sur le modèle ondulatoire de la propagation de sons, d'autres semblent l'évoquer uniquement pour adhérer à une tradition qui la fixait dans le répertoire d'*exempla* « inévitables » lorsqu'on traite d'acoustique, même lorsque cette analogie s'avère une source d'embarras et de confusion³⁵. Même si au cours de la première moitié du XVII^e siècle les auteurs capables de se montrer critiques et de mettre en discussion la pertinence de cette image pour expliquer les phénomènes de propagation sonore ne manquèrent pas - à l'instar de Mersenne³⁶, il faudra attendre la parution du traité *Du bruit* de Claude Perrault, en 1680, pour en avoir une critique véritablement radicale et raisonnée.³⁷

³¹ FB, p.184.

³² DL, Z, a, 158.

³³ Vitruve, *De architectura*, V, 3.

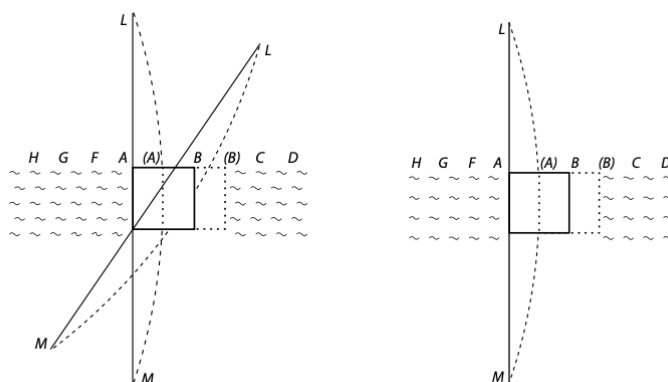
³⁴ Thomæ de Aquino, *Sentencia De anima*, lib. 2 l. 16 n. 9.

³⁵ L'un des exemples le plus emblématiques de cette attitude nous est offert justement par Gassendi qui, dans les *Animadversiones*, accorde du crédit et repopose la métaphore des ronds dans l'eau, alors même qu'il est en train de prôner un modèle corpusculaire de propagation du son dont l'un des avantages majeurs serait justement qu'il pourrait se passer de postuler un mouvement sans transport de matière. Cf. FB, p. 225-226.

³⁶ L'attitude de Mersenne envers l'image-modèle des ronds dans l'eau est double et, en générale, très prudente : si cette image peut bien être évoquée pour représenter certaines propriétés de la propagation sonore - notamment la superposition de plusieurs systèmes d'ondes qui ne se perturbent pas réciproquement, comme lorsque deux personnes se parlent - elle ne sera toutefois pas pertinente lorsqu'il s'agira de métaphoriser d'autres propriétés du son, comme par exemple sa vitesse, Cf. Marin Mersenne : *Harmonie universelle contenant la théorie et la*

III. ...atque in organo auditus exprimatur

Parmi les *Cogitationes novæ de sono*, le texte 12₃ est sans doute le plus achevé et abouti car il est le seul à offrir un exposé global³⁸ des trois phases intervenant dans la description de la mécanique du son : production, propagation et réception. Par le biais de cette dernière, on retrouve d'ailleurs également la référence à ce contexte médical et physiologique qui est à l'origine de l'entière réflexion des *Cogitationes*. Tout comme dans les textes 12₁ et 12₂, production et propagation du son sont expliquées à l'aide d'un monocorde fixé aux extrémités *LM*, que Leibniz imagine solidaire à un corps *AB* qui à son tour se trouve en mouvement. Concrètement, il s'agit d'un simple escamotage pour reconduire la modélisation des mouvements d'un corps donné aux mouvements du monocorde même.



La vibration imprimée à la corde *LM* et, par conséquent, au corps *AB* qui lui est rattaché, provoque l'expulsion, vers *CD*, de l'air qui occupait le lieu *B(B)* et, en même temps, le lieu *A(A)* est laissé libre par le corps qui se déplace en avant. Cette poussée provoque un processus de compression de l'air qui se trouve devant le corps déplacé, ainsi qu'une raréfaction de l'air qui se trouve derrière le corps. En restituant sa propre force élastique engendrée par la compression et la raréfaction, l'air imprime des vibrations tautochrones aux autres corps qui l'entourent, rendant ainsi possible la propagation d'un même ton tout au long du trajet suivant le processus tout à fait identique à celui décrit en 12₁ et 12₂. Ce même mécanisme intervient également au moment de la réception des sons à travers les organes auditifs, dont le texte 12₃, à la différence des précédentes, donne une description très détaillée.

« Propagatur simul eadem vibratio tum in ærem trans membranam tympani, tum in ossicula multiplicia ubi omnes particulæ quæ debite sunt magnitudinis (coeunt enim quasi ex amplo in arctum instar tubarum atque ita varios gradus exhibent) easdem accipiunt vibrationes quæ tum mutuo suas vibrationes juvant et conservant tum etiam fortasse ita propagant sonumque quodammodo reflectunt, et in unum dirigunt, ut omnium conspirante nisu ultimum sensorium (sive id sit nervus acusticus sive alius quidam plexus) iisdem vibrationibus satis notabiliter afficiatur, atque ita denique impressio eadem ad cerebrum ipsum traducatur. »³⁹

C'est ainsi que la *sagacitas* inimitable de la nature a réuni « omnes modos possibles in organo auditus ». Ce qui contribue également à rendre particulièrement intéressant le texte 12₃ est la note conclusive où Leibniz revendique - d'une façon directe et explicite, mais non dépourvue d'une certaine ironie - sa primauté dans la formulation de la modélisation qu'il vient d'exposer. Une telle revendication suit une stratégie rhétorique en trois temps. Tout d'abord Leibniz renvoie les lecteurs qui désirent en savoir plus sur le fonctionnement des organes auditifs au *De auditu* de Schelhammer et au *De l'organe de l'ouïe* de Joseph-Guichard Duverney, textes publiés respectivement en 1684 et en 1683 et amplement commentés dans les fiches 12₄ et 12₅. Ce beau geste de galanterie savante est

pratique de la musique, Paris, S. Cramoisy, 1636, livre I, prop. 2, p.4 et livre III, prop. 21, corollaire 4, p. 218. Cf. également FB, p. 224-225.

³⁷ Claude Perrault : *Essais de physique ou Recueil de plusieurs traitez touchant les choses naturelles*, Paris, Jean-Baptiste Coignard, 1680-1688, Partie 1, chapitre 2, p. 10-16.

³⁸ Leibniz lui-même liait la complétude d'une modélisation de la physique du son à la présence de ces trois parties, Cf. LSB VIII, 1, p. 269 : « Je distingue dans le son, l'origine, la propagation et la perception ».

³⁹ A VIII, 3, p. 140.

toutefois aussitôt doublé par un autre, non moins élégant mais bien plus sournois, où un hommage à la figure de Mariotte, dont Leibniz regrette au passage la toute récente disparition, devient l'occasion de rappeler l'origine leibnizienne des thèses de Schelhammer. Le livre de Duverney en revanche serait, quant à lui, redevable des idées de Mariotte. Leibniz n'oublie certes pas de le reconnaître, tout en rappelant que :

« Mirus autem inter Mariotti measque sententias quoad summa capita in hoc argumento fuit consensus, quod ipse mihi indicavit Epistola explicationi meæ sibi transmissæ reposita. »⁴⁰

Dans le bref espace de ces quelques lignes conclusives, la revendication de la primauté leibnizienne sur la modélisation proposée – *meis nonnullis sententiis, measque sententias, explicationi meæ, Duvernejus hæc cogitata [...] applicat* - ne cesse pas d'être évoquée et suggérée avec à la fois une discrétion et une insistance admirables. Ainsi, à la toute fin de 12₃, le seul adversaire resté dans l'arène à se disputer la priorité des idées de Leibniz est l'architecte Claude Perrault, auteur d'un traité *Du Bruit* qui fût publié en 1680 mais dont les thèses sur la physique du son circulaient amplement depuis 1677, année où il en donna une lecture publique à l'*Académie Royales des Sciences*. L'antagoniste était en effet de taille et son dossier disposait d'excellentes atouts. Tout comme Leibniz, Perrault révoque, dès le début de son ouvrage, l'image des cercles dans l'eau comme modèle explicatif de la propagation sonore. Les arguments utilisés par les deux « adversaires » sont essentiellement les mêmes : non seulement la dissipation de la force initiale qui se produit dans les fluides ne permettrait pas de décrire le phénomène de la propagation sonore entre un émetteur et un receveur, mais surtout l'image des cercles n'introduit pas un équivalent de la « vertu élastique » de l'air, qui est seule la véritable condition rendant possible la propagation. De même, la conservation du même ton lors de la propagation est expliquée par le mouvement de restitution du corps qui, après le choc, communique la même forme de vibration à l'air, tandis que les propriétés élastiques des parties qui constituent ce dernier - à leur tour formées de particules plus petites dont l'assemblage forme des « parties » - font en sorte que la même vibration se communique aux parties voisines de l'air, en propageant le son jusqu'à l'émetteur :

« [...] Que l'extrême promptitude avec laquelle les particules des corps froissez frappent l'air en retournant à leur estat naturel, est capable non seulement de luy faire émouvoir l'organe de l'ouïe, mais aussi d'émouvoir les particules des corps voisins, ensorte que ces particules [...] peuvent encore par la vitesse de leur retour émouvoir l'air *de la mesme manière*, pour aller frapper l'oreille dans cette seconde emotion, avec une force presque aussi grande qu'est celle qu'il a dans la premiere émotion : ce qui fait que cette seconde émotion que j'appelle la reflexion conjointe, fait une partie considerable du bruit. »⁴¹

Or, comme le rappelle Baskevitch :

« Vers 1640 plusieurs savants s'intéressent à l'air et à ses propriétés. Torricelli, Pascal, Pecquet, Roberval, puis Guericke, Mariotte, Boyle, Huygens et bien d'autres vers les années 1660. La représentation du son s'en trouve bouleversée, car l'air n'est plus un milieu qui transporte une information sonore par son mouvement en une masse, ni un milieu qui laisse passer des rayons sonores ou les flux de corpuscules. Maintenant l'air est élastique, *elater*, on dit alors qu'il a du ressort. Mais [...] ceux qui s'intéressent au son ne connaissent pas l'air et les savants qui s'intéressent à l'air n'étudient pas particulièrement le son. [...] Mariotte n'en parle pas, Hooke très peu, Newton n'y consacre qu'un chapitre des *Principia*, Huygens, qui pourtant se passionne pour l'acoustique musicale parle du son seulement dans quelques lettres ou extraits de manuscrits. »⁴²

Même si, contrairement à Leibniz, Perrault n'envisage pas encore la transmission comme une succession de compressions et de dilatations de l'air et se limite à évoquer le ressort qui caractérise ses particules, il est bien le premier à exprimer clairement une théorie ondulatoire de la propagation du son en identifiant deux sortes de mouvements – l'un, alternatif, qui concerne les particules d'air autour de leur position de repos, et l'autre apparent, qui concerne le déplacement à vitesse constante – qui concourent tous deux à la production du phénomène. Ainsi, aux toutes dernières lignes de 12₃, Leibniz cite bien Claude Perrault en tant que l'*autre* source du traité de Duverney et des excellentes

⁴⁰ A VIII, 3, p. 145-146.

⁴¹ Perrault : *Essais de physique, ou Recueil de plusieurs traités touchant les choses naturelles*, p.65.

⁴² FB, p. 267.

thèses qui s'y trouvent, mais il s'empresse aussitôt de spécifier qu'il n'en a pas eu une connaissance directe (*quas non vidi*⁴³).

En 1690, lors des travaux de rédaction de son grand traité de dynamique, Leibniz n'aura pas oublié l'importance qu'il avait auparavant attaché à ses thèses concernant la physique du son. Nous avons déjà montré ailleurs⁴⁴ que le projet des *Dynamica*, en évoluant à fur et à mesure de la rédaction, s'amplifie jusqu'à parvenir à la dimension d'une sorte d'encyclopédie leibnizienne des sciences qui, après la première partie où il est question de la *dynamica abstracta*, aurait dû comprendre une section *De applicatione legum* essentiellement composée des essais déjà publiés ou au moins finis, choisis parmi les contributions que Leibniz lui-même considérerait comme les plus importantes et les plus aptes à magnifier la performance de son nouveau système. Le brouillon inédit des *Dynamica* contient la toute première version de ce plan. Leibniz écrit « Post sectionem de concursu corporum seu vi respectiva poni posset[:] » et liste les morceaux suivants :

Sectio de Resistentia Firmi et Fluidi (ubi mea specimina
Sectio de Physica motuum Compositione
(ubi mea Tentamina Astronomica
(hic sollicitationis definitio in genere, quod sit sollicitatio nova impressio infinite parva quæ priori
impetui accedens dat motum). Hic de motu terræ.
Sectio de elastico. Soni propagatio, qua velocitate.

Si la plupart des pièces évoquées par cette liste est aisément identifiable, aucune solution univoque ne parvient à s'imposer pour la *Sectio de elastico* et pour celle sur la *Soni propagatio*. Contrairement au *Schediasma de Resistentia medii et motu projectorum gravium in medio resistente* ou au *Tentamen de motuum cælestium causis* qui ne nécessitaient que de quelques ajustements formels et superficiel pour trouver leur place dans la structure des *Dynamica*, les écrits sur l'élasticité et sur la physique du son disponibles à cette époque sont encore trop souvent marqués par des résidus théoriques – plus ou moins encombrants – issus de l'époque des « deux théories ». Notamment pour le son, il est fort probable qu'une bonne dose de *labor limæ* se serait rendu nécessaire afin d'estomper l'effet des « admirables mécanismes d'auto-régulation » intervenant *ex necessitate naturæ* dont les *Cogitationes* sont parsemés, avant de pouvoir accueillir ces textes au sein des *Dynamica*. Néanmoins il est évident que - encore au moment de *l'iter italicum* - Leibniz comptait ces textes parmi ses contributions scientifiques majeures, au point de revendiquer avec insistance la paternité de ses thèses et de sélectionner ces écrits dans le fleuron des réalisations qu'il comptait léguer à la postérité, en les intégrant dans son ouvrage de physique la plus complète et conséquente. La fierté de Leibniz envers cette partie de sa production devrait ainsi interpeller d'avantage l'attention de la critique contemporaine.

⁴³ Cf. A VIII, 3, p. 146. L'association des thèses de Duverney et de Perrault est déjà évoquée dans la lettre de Mariotte à Leibniz du 8 août 1681, p. 464

⁴⁴ Andrea Costa et Enrico Pasini : « L'édition critique des *Dynamica de potentia seu de legibus naturæ corporeæ* de G.W. Leibniz », in : *Revue d'histoire des sciences*, 2019/1, tome 72, p. 157.