



HAL
open science

La propagation du son chez Dortous de Mairan (1737) : des particules d'air de différente élasticité

François Baskevitch

► **To cite this version:**

François Baskevitch. La propagation du son chez Dortous de Mairan (1737) : des particules d'air de différente élasticité. *Revue d'Histoire des Sciences*, 2015. hal-03806379

HAL Id: hal-03806379

<https://univ-montpellier3-paul-valery.hal.science/hal-03806379>

Submitted on 7 Oct 2022

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

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

La propagation du son chez Dortous de Mairan (1737) : des particules d'air de différente élasticité

François Baskevitch, déc. 2011

Résumé

Dans l'*Optique* (1704), Newton fait une analogie entre les couleurs et les sons musicaux. De cette analogie, Dortous de Mairan crée une hypothèse sur la propagation du son en imaginant que l'air est composé de particules de différente grosseur et de différente élasticité. Cette théorie est présentée dans un discours à l'Académie Royale des Sciences en 1737 et provoque des réactions dans la communauté savante dans les années 1740. Il s'agit d'une des dernières tentatives pour défendre les représentations cartésiennes face à une physique de plus en plus mathématisée.

Mots-clés : Acoustique - Mairan – Propagation du son - Élasticité

Abstract

In the *Opticks* (1704), Newton makes an analogy between colours and musical sounds. From this analogy, Dortous de Mairan creates an hypothesis about sound propagation imagining that the air is compound of particles of different bigness and of different elasticity. This theory is submitted in a discourse to the Royal Academy of Sciences in 1737, and causes reactions from the scientific community in the years 1740. This is among the last attempts to defend cartesian representations against a physics more and more mathematical.

Key-words : Acoustics – Mairan – Sound propagation - Elasticity

Sommaire

Une curieuse hypothèse : les particules d'air différenciées.....	3
Le contexte des connaissances sur le son entre 1680 et 1740.....	3
La théorie de la propagation du son de Dortous de Mairan.....	4
La contribution de Dortous de Mairan en 1719	5
L'hypothèse de Newton sur les couleurs et les sons	7
Le discours sur la propagation du son de 1737.....	9
Le mémoire sur la lumière de Jean Bernoulli, 1736	12
L'anatomie de l'oreille interne dans le Discours.....	13
Les Eclaircissements sur le Discours (fin 1737).....	16
Les commentaires sur le discours de Dortous de Mairan (1741-1749)	16
Les adeptes de 'l'ingénieux système'	16
La correspondance entre Mairan et Cramer (1740)	17
Les physiciens critiques	19
Les représentations cartésiennes de Dortous de Mairan	21

Abréviations :

« Jean Jacques Dortous de Mairan » est généralement abrégé en « Mairan »

Hars: Histoire de l'Académie royale des sciences

Mars: Mémoires de l'Académie royale des sciences

Principia : Isaac Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica*, Londres, 1687.

La propagation du son chez Dortous de Mairan (1737) : des particules d'air de différente élasticité

Une curieuse hypothèse : les particules d'air différenciées

De 1720 à 1750, en France, on assiste à l'émergence d'une hypothèse sur la propagation du son, curieusement anachronique, qui trouve ses racines dans les tourbillons cartésiens. Elle est soutenue par Dortous de Mairan dans un *Discours sur la propagation du son* présenté à l'Académie en séance publique en 1737 et imprimée dans les *Mémoires* en 1740¹. Voici l'essentiel de cette théorie² :

Je dis que l'air, en tant que véhicule du son, est un assemblage d'une infinité de particules de différente élasticité, dont les vibrations sont analogues par leurs durées à celles des différents tons du corps sonore ; qu'entre toutes ces particules, il n'y a que celles de même espèce, de même durée de vibration, et à l'unisson du corps sonore, qui puissent retenir les vibrations semblables de ce corps, et les transmettre jusqu'à l'oreille ; que la plus petite masse d'air sensible contient plusieurs de ces particules de toute espèce, et que toutes leurs vibrations à la fois, ou les frémissements de la masse dans toutes ses parties, ne peuvent produire que le Son en général, ou le bruit.

On s'explique mal comment une théorie fondée sur une représentation, telle qu'on les proposait au siècle précédent, puisse agiter la communauté scientifique en France, à une époque où se met en place depuis quelques décennies une physique mathématique qui met en jeu les variations de forces, grâce aux fonctions du temps permises par le calcul différentiel.

Le contexte des connaissances sur le son entre 1680 et 1740

Entre 1690 et 1730, l'étude expérimentale du son se poursuit sans grande découverte, un peu partout en Europe : les Anglais (Derham, Hauksbee), les Italiens de Bologne (Zanotti, Bianchini), quelques Hollandais (Hartsoeker, s'Gravesande, Musschenbroek) et Allemands (Sturm) professent les théories du siècle passé, et en France, mis à part quelques expériences de Carré, De la Hire et Hautefeuille, on se

1 – Dortous de Mairan, *Discours sur la propagation du son*, *Mars*, 1737, Paris, 1740, 1-20 ; *Éclaircissements sur le discours précédent*, id., 20-58.

2 – *Idem*, 3.

repose sur la théorie des harmoniques présentée par Sauveur au début du siècle, et sur le *Traité du bruit* de Claude Perrault (1684).

Quant à la théorie, depuis un demi-siècle et sur le continent, elle est avant tout fondée sur une représentation cartésienne de la structure de l'air : des parties d'air ou corpuscules élastiques propagent de proche en proche les vibrations issues du corps sonore. Implicitement, cette représentation suppose les corpuscules d'air comme des véhicules transportant les vibrations sonores, sorte de relais disposés, conjointement ou non, sur le trajet du son. Claude Perrault considère des parties d'air contenant un grand nombre de particules élastiques, elles-mêmes composées de corpuscules donnant le timbre aux sons. Pour expliquer les différences de timbre perçus dans les chocs sonores, on distingue les vibrations totales du corps sonore, qui lui confèrent la fréquence fondamentale, des vibrations particulières subies par les parties *insensibles* du corps sonore (Perrault, Carré, De la Hire, entre 1680 et 1716).

Newton, quant à lui, propose une théorie du son innovante dans les *Principia* de 1687, dans le cadre de l'étude de la propagation du mouvement dans les fluides (livre II, section 8) : « les sons ne sont rien d'autre que les pulsions propagées de l'air » (*Soni ... nihil aliud sunt quam aeris pulsus propagati*)³. Il s'agit, dans un milieu élastique et compressible, du déplacement d'une pulsion indépendante de la nature du milieu et dont la vitesse est liée à la densité et à l'élasticité, mais constante vis à vis de la longueur d'onde. En dépit de la cohérence de cette théorie, elle est peu commentée et peu enseignée sur le continent pendant plusieurs décennies. Il est vrai que ce passage est particulièrement obscur – d'Alembert lui-même le reconnaîtra dans le *Traité du mouvement des fluides* – et ce n'est qu'au début des années 1720 que quelques jeunes physiciens s'emparent de cette théorie de la propagation du son, comme s'Gravesande (1719) Cramer (1722) et Euler (1727).

L'approche cartésienne de la propagation du son se heurte à plusieurs difficultés. Celle que Mairan cherche à résoudre, c'est la coexistence de plusieurs sons de vibrations différentes (il dit *de durées différentes*) dans les mêmes masses d'air.

La théorie de la propagation du son de Dortous de Mairan

On peut repérer quatre phases dans l'évolution de la théorie des particules différenciées de Mairan : la première, autour de 1720, consiste dans la présentation par Dortous de Mairan d'une communication à l'Académie, dont nous n'avons que le compte rendu écrit par Fontenelle⁴. La question semble animer des conversations pendant quelques années. Les phases suivantes sont plus tardives : la lecture du *Discours* en mai 1737 est suivie de la rédaction d'*Éclaircissements* par Mairan, sans

3 – Isaac Newton, *Principia ...*, 1687, II, 8, 369.

4 – Hars, 1720, p. 11. Dans l'éloge de Mairan (*Hars*, 1771, p. 101), Grandjean de Fouchy parle d'un mémoire lu devant l'Académie. Le volume des PV pour l'année 1720, ainsi que quelques autres, ont disparu de la BNF, semble-t-il depuis longtemps.

doute après des objections d'auditeurs ; enfin, la publication du *Discours* et de ses *Éclaircissements* en 1740 suscite des commentaires dans la communauté scientifique à propos d'une hypothèse dont on ne parlera plus dès 1750, lorsque la question des cordes vibrantes apportera une approche mathématique à l'étude des ondes.

La contribution de Dortous de Mairan en 1719

En 1719, l'Académie confie au nouveau géomètre pensionnaire la rédaction d'un rapport au sujet de l'édition latine de l'*Opticks* de Newton. Dortous de Mairan connaît le traité pour l'avoir lu et étudié quelques années auparavant. Tout en rejetant l'atomisme, Mairan défend une position proche de celle de Newton et opposée à celle de Malebranche, son ancien maître décédé l'année précédente⁵:

J'admets le système du monde tel que les Cartésiens les plus modernes et la plupart des Astronomes le supposent, excepté seulement que je ne fais point consister la propagation de la Lumière dans les pressions de l'Éther, mais plutôt dans le flux successif des corpuscules qui sortent du corps lumineux et qui sont portés jusqu'à l'œil.

Et, dans une lettre à Bouillet du 31 juillet 1717⁶ :

[...] car ce père [Malebranche] soutient le système des pressions, et c'est même sur son exposé que je le combats comme dans sa plus grande force.

[...] [à propos des couleurs primitives et de leur mélange] c'est ce que M. Newton explique très doctement, mais il faut le voir dans son livre.

Il fallait bien invoquer Newton pour s'opposer à Malebranche qui défend une lumière ondulatoire, presque analogue au son⁷ :

[...] les diverses couleurs ne consistent que dans la différente promptitude des vibrations de pression de la matière subtile, comme les différents tons de la musique ne viennent que de la différente promptitude des vibrations de l'air grossier, ainsi que l'apprend l'expérience, les quelles vibrations se croisent sans se détruire.

À l'occasion de la lecture de son rapport sur l'*Opticks*, Dortous de Mairan évoque également, mais dans un autre sens, l'analogie entre le son et la lumière en

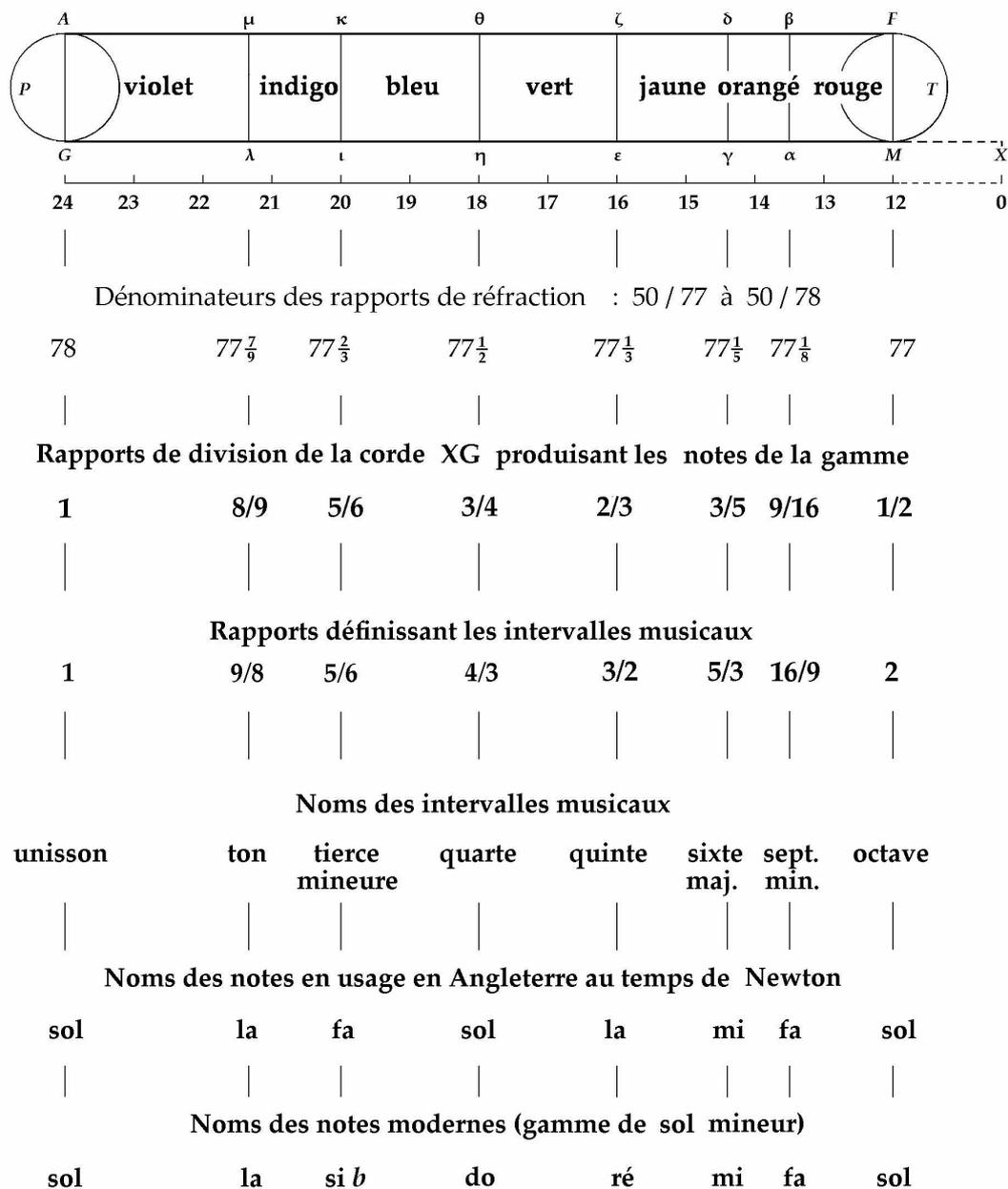
5 – Mairan, *Dissertation sur les phosphores*, Bordeaux, 1717, 19. La première partie est consacrée à la propagation de la lumière.

6 – Lettres inédites de Mairan à Bouillet, *Bull. de la Soc. archéol. de Béziers*, série 2, t. II, 1860, 21.

7 – Malebranche, *Réflexions sur la lumière et les couleurs*, *Mars*, 1699, 32.

s'appuyant sur l'hypothèse de Newton à propos de la décomposition de la lumière. Mairan est un newtonien convaincu jusqu'à son entrée à l'Académie Royale des Sciences.

**Spectre des 'sept' couleurs définies par la réfraction
de la lumière dans le prisme**



Newton, *Opticks*, 1704, lib. I, pars II, p.92

*L'analogie entre les couleurs et les sons musicaux
dans l'Optique de Newton*

L'hypothèse de Newton sur les couleurs et les sons

Présentant la théorie de Mairan, Fontenelle évoque l'expérience du prisme⁸ :

M. Newton a observé que les espaces qu'elles occupent [les sept couleurs] sur le papier ne sont pas égaux, mais dans la même raison que les nombres qui expriment les intervalles des sept tons de musique, convenance merveilleuse et cependant très vraisemblable, il est naturel que les différentes modifications de la vue et de l'ouïe se répondent. M. de Mairan a conjecturé que cette convenance pouvait aller encore plus loin. [...]

On connaît le rapprochement que Newton opère entre les espaces occupés par les couleurs et les intervalles musicaux⁹.(Figure 1)

Fontenelle poursuit :

Ce qui doit causer, dans le système de M. Newton, les différentes couleurs et leur différent degré de réfrangibilité, ce sont les particules ou, si l'on veut, les globules de cet éther qui, à cause de leur différente consistance ou de leur différente grosseur se meuvent ou frémissent différemment et avec des vitesses inégales. De même, il y aura dans l'air des particules d'un ressort différent qui, par conséquent, feront en plus ou en moins de temps un même nombre de vibrations. Chacune ne sera donc à l'unisson qu'avec les corps sonores qui feront leurs vibrations dans le même temps qu'elles, et ne frémera que quand elle sera ébranlée par eux.

L'approche corpusculaire se concentre surtout sur la vitesse des particules qui déterminent les couleurs, et, pour Mairan, les hauteurs de son. Il avait d'ailleurs souligné, dans ses *Mémoires sur la réflexion et la réfraction* (1723-24) le rôle de la vitesse, tant pour la lumière que pour les chocs mécaniques.

Parmi les conséquences des inégalités d'élasticité et de *durée des vibrations* des particules d'air, Mairan admet que les sons aigus et graves doivent se propager dans des durées différentes. Rappelons que la constance de la vitesse de propagation du son et son indépendance vis à vis de sa hauteur et de l'intensité ont été établies par Mersenne, puis par Gassendi, maintes fois vérifiées, démontrées par Newton, et que cette question ne fait plus débat. Une expérience est devenue nécessaire, probablement exigée par les académiciens. Elle a lieu en 1723, à la cathédrale de

8 – *Hars*, 1720, 11-12.

9 – Newton, *Opticks*, 1704, 91-93 et 114-115. Plusieurs commentateurs de ce passage sont déconcertés par les appellations employées par Newton pour désigner les notes de la gamme.

Béziers, ville natale de Mairan, en sonnant la grosse cloche et la petite¹⁰. Il la raconte à la fin du discours de 1737¹¹ :

[...] Je ne détaillerai point ici comment je vins à bout de faire frapper les deux cloches dans le même temps, sans que l'oreille la plus fine y pût distinguer d'intervalle. J'y trouvai plus de difficulté qu'on ne croirait peut-être, mais enfin, j'en vins à bout.

[...] Le tout ayant été exécuté selon ce projet, et cinquante ou soixante coups ayant été frappés comme je viens de dire, il en résulta que le son aigu de la petite cloche parvenait plus tôt à l'oreille que le son grave de la grande, d'une quantité extrêmement petite mais qui pouvait cependant être distinctement aperçue.

On s'interrogera sur la validité de l'expérience.

À la même époque, vers 1725, Dortous de Mairan rencontre Jean-Philippe Rameau qui vient d'écrire un traité d'harmonie. Le musicien est séduit par cette idée de particules d'air répondant à certains tons, et il en fera état dans son second ouvrage théorique, *Génération harmonique*, qui paraît peu avant le *Discours* de Mairan, début 1737.

Parallèlement, dès 1725, l'analogie entre les tons de la gamme et les couleurs est reprise et exploitée par le père jésuite Louis-Bertrand Castel qui se passionne pour cette question. En 1723, dans une longue lettre publiée par le *Journal de Trévoux* et adressée à un M. Lac. (peut-être le jeune La Condamine, élève des jésuites), Castel élabore une théorie du son cohérente mais inopérante, toujours dans le cadre de cette analogie avec la lumière qui s'inscrit ici dans la tradition des savants jésuites du siècle précédent (on connaît les fameux dessins de Kircher qui affirmait : *sonus lucis simia est*).

En 1733, Mairan évoque, à propos du baromètre, certaines mesures de hauteur de mercure inattendues¹². Cette distorsion lui suggère une certaine porosité du verre pour quelques particules d'air particulièrement fines :

Plusieurs expériences doivent nous persuader que toutes les particules de l'air ne sont pas de la même grosseur ; et que s'il y en a quelques unes pour lesquelles le verre n'est pas perméable, il peut y en avoir une infinité d'autres qui passent plus ou moins librement à travers ses pores.

10 – Lettres à Bouillet, op. cit. n. 6, 168-169.

11 – *Mars*, 1737, op. cit n. 1, 18-19.

12 – Mairan, *Traité de l'aurore boréale*, 1733, liv. II, chap. 2, 44.

L'hypothèse de Mairan sur la propagation du son repose sur les différentes grosseurs des particules d'air et leurs différentes élasticité.

Le discours sur la propagation du son de 1737

Le début de ce mémoire d'une vingtaine de pages présente l'étude et rappelle quelques notions sur les hauteurs de son liées aux longueurs de corde qui déterminent les intervalles consonants. Puis Mairan présente son hypothèse, décrit les circonstances de son élaboration en 1720 et fait état d'un courrier à Newton, apparemment resté sans réponse. En 1737, Dortous de Mairan abandonne l'analogie des sons et des couleurs pour se recentrer sur les particules d'air différenciées.

Au début du *Discours*, Mairan écarte une thèse que Philippe de La Hire avait exposée en 1692 ; le géomètre distinguait, après observations, deux types de mouvement dans le corps sonore : les vibrations perceptibles, dites *totales*, du corps entier, et d'autres, imperceptibles, des parties de la matière et qu'il nomme ondulations. À cette occasion, il énonça une intéressante propriété de ces ondulations¹³ :

Les ondulations du corps résonant ne se terminent pas à l'extrémité du corps quand elles y sont arrivées [...] mais elles reviennent comme en se réfléchissant et retournent plusieurs fois au long du corps, sans se détruire.

Pour un Ancien, que Varignon qualifiait de *mathématicien du vieux style*, il fit preuve d'une singulière prémonition. Malheureusement, dans tout ce mémoire, La Hire se réfère à l'analogie des ronds dans l'eau, qui dénature et masque l'essentiel de son propos. Dans une pièce de 1693¹⁴, on relate une expérience que de La Hire a réalisée avec des pierres de différentes grosseur jetées dans un bassin d'eau, d'où il conclut l'égalité des vitesses des ondes, ce qui est inexact. Mairan prend plaisir à malmener longuement son ancien collègue sur cette erreur. Rappelons que l'analogie des ronds dans l'eau, explication pratique de la superposition des sons, nous vient des anciens stoïciens ; après un passage par Vitruve et Boèce, elle est consacrée par Thomas d'Aquin et n'admet donc aucune critique jusqu'au XVII^e siècle. En revanche, la plupart des physiciens de la fin du siècle la rejettent (Huygens, Pardies, Perrault, Newton). Il semble bien que Mairan donne ici un coup d'épée dans l'eau avec cette réfutation d'une théorie complètement dépassée¹⁵.

13 – Philippe de la Hire, Explication des différences des sons sur la corde tendue ..., *Mars*, 1666-1699, t. IX, 524.

14 – *Mars*, 1666-1699, t ; X, *Recueil de pièces de l'Académie pour l'année pour l'année 1693*, 384-385.

15 – Cette partie du texte a probablement été écrite avant ce qui suit. Pour être plus précis, ce que Mairan dit de La Hire a été lu dans la réédition des *Anciens mémoires de l'Académie*, réédités en 1730. On peut penser que la première rédaction du discours date de cette époque, vers 1732, à partir de ses notes de 1719 et de ses réflexions de 1731, sur la constitution de l'air. La suite date de fin 1736.

Mairan affirme l'impuissance de la théorie des ronds dans l'eau et avance¹⁶ :

Je ne vois point d'autre ressource pour concevoir la propagation simultanée des différents tons, que d'admettre dans l'air, qui en est le véhicule, différentes parties sonores propres à chacun d'eux, par les vitesses particulières, et toujours les mêmes, de leurs vibrations.

Mairan parle étonnamment ici de *vitesses des vibrations* au lieu des *vibrations de même durée* qu'il emploie ailleurs. Ces deux expressions marquent différentes périodes de rédaction du discours. En 1720 et dans la première partie du discours, Mairan considère la *durée des vibrations de la partie d'air* parce qu'il l'assimile à un ressort ou à un pendule aux vibrations isochrones. Mairan écrit :

[...] des vibrations de *différente durée* ne sauraient *subsister* dans une masse d'air uniforme et dont toutes les parties seraient de la même élasticité.

Le problème est justement que les vibrations ne *subsistent* pas dans l'air, elles s'y propagent. La représentation mécanique du ressort entraîne Mairan vers une double erreur : en considérant la période, la *durée* dit-il, des vibrations de chaque partie d'air, Mairan assimile chacune de ces parties d'air à des corps sonores statiques et animés de vibrations propres. De même, la vibration sonore qui *subsiste* suppose un état stable dans le temps pour chaque partie d'air. La réalité, mise en évidence par Newton, est que la vibration progresse par la propagation des pulsions qui la composent. Euler dira, revenant sur la théorie de Mairan en 1759, que la loi de propagation peut même s'appliquer à une seule pulsion¹⁷. Le son est la propagation d'une perturbation instantanée de la pression de l'air ; cette perturbation ne subsiste ni dans l'air ni dans une de ses parties. L'hypothèse de Mairan suppose la transmission d'une force (celle du ressort) ou d'une durée (celle du débandement) ; Mairan n'envisage pas la propagation d'une variation de pression, ce qu'avait établi Newton.

Revenant plus précisément à ses particules de différente élasticité, Mairan anticipe l'objection la plus évidente¹⁸ :

Mais comment les vibrations et les frémissements du corps sonore de tel ou tel ton vont-ils ébranler, entre les particules d'air qui l'environnent, précisément celles qui répondent à ce ton, préférablement à toutes les autres ? Comment une telle séparation de parties dans l'intérieur d'un fluide élastique, peut-elle se faire, ou

16 – *Mars*, 1737, op. cit n. 1, 7.

17 – L. Euler, Sur la propagation du son, 1759, *Opera omnia*, Leipzig, Berlin, 1926, série III, t. I, 207.

18 – *Mars*, 1737, idem.

subsister sans confusion depuis le corps sonore jusqu' à l'organe ?

Je réponds que le corps sonore, par ses vibrations et ses frémissements, ébranle sans distinction toutes les parties ambiantes du milieu ; mais l'ébranlement ou le frémissement communiqué par lui au milieu ne se conserve et ne devient sensible pour l'oreille que dans les parties qui sont à l'unisson avec lui, c'est-à-dire d'égale fréquence dans leurs vibrations.

La réponse des parties de l'air à la sollicitation de la vibration incidente est donc une oscillation entretenue qui ne concerne que les parties d'air dont la fréquence propre est proche de celle de la vibration incidente. Plus loin, Mairan disserte longuement sur le phénomène des vibrations par sympathie, connu des musiciens depuis l'Antiquité. Il s'agit de l'expérience des deux cordes d'égale longueur et peu distantes, dont l'une est mise en vibration : on constate que l'autre vibre alors qu'elle n'est pas touchée. Mairan opère sur deux clavecins et invoque ce phénomène à l'appui de sa théorie.

On est ici au centre de la théorie de Mairan : chaque partie d'air devient un nouvel objet sonore, sorte de relais, à la fois récepteur et transmetteur de la vibration. Se pose alors la question du nombre de ces parties d'air dans une masse d'air quelconque, objection que Mairan balaie rapidement en introduisant une autre notion, le *rayon sonore*¹⁹ :

Et ces parties, parfaitement mêlées et toujours en assez grand nombre dans la plus petite masse d'air pour qu'il s'en trouve plusieurs de même espèce, ou fort proches, ou qui appuient les unes sur les autres, y forment comme autant de files ou de rayons toniques qui s'étendent à la ronde en partant du centre occupé par le corps sonore.

Les parties d'air sélectionnées parmi un grand nombre d'autres qui ne répondent pas aux vibrations, se mettent donc en file pour constituer des rayons toniques. Mais quel type de mouvement affecte ces parties qui soudainement se rangent ? On ne comprend pas bien la nécessité pour Mairan d'invoquer ces rayons sonores pour établir sa théorie qui n'a pas besoin d'une difficulté supplémentaire.

On trouve la réponse dans le contentieux feutré qui oppose Dortous de Mairan et Jean Bernoulli et dont les premières banderilles datent de 1726²⁰.

19 – *Mars*, 1737, op. cit n. 1, 8.

20 – Les relations entre Dortous de Mairan et Jean Bernoulli se dégradent à partir de 1726, lorsque le savant suisse voit sa dissertation sur les chocs des corps à ressort écartée du prix de l'Académie, semble-t-il à cause des cartésiens, et notamment, de Mairan. On sait que, si Dortous de Mairan était ambitieux et homme de pouvoir, Jean Bernoulli était d'une nature susceptible et ombrageuse. Ce

Le mémoire sur la lumière de Jean Bernoulli, 1736

En 1736, la pièce qui remporte le prix de l'Académie concerne la propagation de la lumière et elle est signée de Jean Bernoulli le fils, docteur en droit. Ce mémoire est d'un niveau tel qu'il est probable que Jean Bernoulli le père « a bonne part à ce mémoire » comme l'écrit Mairan à Bouillet, début 1737²¹. D'après Mairan a l'impression que l'auteur (J. Bernoulli père, donc) s'inspire de son propre mémoire de 1723 sur la réflexion et la réfraction. Or, dans ce texte sur la lumière, on lit quelques pages sur la propagation du son, que Mairan déclare être également inspirées par sa théorie²² :

[...] C'est mon hypothèse de la propagation des sons, ou des différents tons de musique, annoncée dans l'histoire de l'Académie, 1720, p.11. Car après avoir beaucoup étendu cette idée dans plusieurs de mes lettres à divers savants, et, en particulier, à M. Newton en 1722, et après en avoir expliqué les conséquences de vive voix à bien des personnes, peu s'en faut que je n'aie besoin de perquisition juridique contre un homme de ce nom, qui va faire imprimer un ouvrage où elle est adoptée. C'est ce qui m'engagera à la donner incessamment à l'Académie, et mon ouvrage en est quasi tout prêt.

On a ici l'explication de la réapparition d'un travail commencé il y a plus de quinze ans et que Mairan tente d'actualiser en se réappropriant une thèse qu'il dit être la sienne, celle des fibres sonores.

Jean Bernoulli (fils ou père) propose, dans sa représentation, des fibres sonores composées de corpuscules équidistants et d'égale grosseur²³. Ces corpuscules sont animées d'un mouvement alternatif longitudinal dans un même temps entre les extrémités de la fibre. Chaque vibration de la fibre principale formée à partir de l'ébranlement sonore initial provoque l'apparition de fibres secondaires identiques à l'extrémité de la fibre principale, générant elles-mêmes d'autres fibres. Le point d'origine du son engendre ainsi toutes les fibres qui construisent la sphère de propagation, chaque fibre secondaire se déployant également de façon sphérique.

Par analogie, ce mouvement longitudinal alternatif des corpuscules peut être représenté par une courbe, celle du mouvement d'une corde tendue mise en

qu'écrit J. Bernoulli dans ses lettres à quelques correspondants à propos de Mairan n'est guère aimable... (Voir la correspondance de J. Bernoulli, Univ. de Bâle : www.ub.unibas.ch/bernoulli).

21 – Lettres de Mairan à Bouillet, op. cit., 168. Dans l'édition genevoise des *Principia* de Le Seur et Jacquier, Calandrini (ou Cramer) attribuent le mémoire à Daniel Bernoulli, frère de Jean II, ce qui n'est pas impossible. *Principia*, Genève, 1742, t. II, 352, n. 306.

22 – Lettres à Bouillet, *Idem*.

23 – Jean Bernoulli, '*Recherches physiques et géométriques sur la question : comment se fait la propagation de la lumière*', Pièce qui a remporté le prix de l'Ac. roy. des sc. en 1736, Paris, 1737. Explication analytique de la nature et du mouvement des fibres lumineuses et des fibres sonores, 24-42.

vibration. La courbe que prend cette corde est la ‘compagne de la cycloïde’ (notre sinusoïde), Jean Bernoulli (père) l’a démontré dans un mémoire sur les cordes vibrantes présenté en 1728 à l’Académie des Sciences de St Petersburg²⁴. Comme le mouvement vibratoire des fibres est tautochrone, la période de la vibration est proportionnelle à la longueur de la fibre. Tout ceci est conforme aux lois qui régissent les vibrations des cordes tendues dont on sait déterminer la période depuis Brook Taylor²⁵.

Peut-être la notion de fibres sonores avait-elle été évoquée par Mairan auprès de Jean Bernoulli (fils ou père), cependant on ne peut que convenir que les deux théories n’ont pas grand chose à voir, et même qu’elles ne sont pas tout à fait du même niveau.

L’anatomie de l’oreille interne dans le Discours

L’idée des fibres sonores a suggéré à Mairan un prolongement dans l’organe de l’ouïe. Il se documente sur la structure de l’oreille interne chez les meilleurs anatomistes, en particulier Winslow, avec qui il a de nombreux entretiens, ainsi que dans l’ouvrage de référence, le *Traité de l’organe de l’ouïe* de Du Verney écrit en 1683 et qui vient d’être réédité en 1731. Mairan fait un exposé décrivant l’oreille interne²⁶ :

Ne faudra-t-il pas aussi supposer dans l’organe de l’ouïe quelque chose de tout semblable à ce que nous supposons dans l’air, des fibres de différente vibration, et de différent ton ? [...] Un paquet de fibres ne saurait être ébranlé en même temps par des vibrations de différente vitesse, si ces fibres sont toutes de même élasticité.

[...] *Il faudra donc* qu’il y ait dans l’organe de l’ouïe autant de ces fibres de différente fréquence dans leurs vibrations qu’il y a de cordes, et de tons possibles dans l’instrument le plus parfait, ou qu’il y a en nous de perceptions correspondantes à ces divers tons.

Il faudra donc, pour que la théorie fonctionne, trouver ces fameuses fibres accordées dans l’organe de l’ouïe²⁷ :

L’organe immédiat de l’ouïe est en effet, on le peut dire, un véritable Instrument de Musique, comme l’œil est une vraie Lunette d’approche : c’est une sorte de Clavecin, formé d’une substance dure, osseuse et propre à réfléchir le Son, dont la capacité remplie d’air, et fort large d’un côté, se termine en pointe de l’autre, *dans lequel sont*

24 – Jean Bernoulli, *Meditationes de chordis vibrantibus, Commentarii academiae scientiarum imperialis petropolitanae*, St Petersburg, 1728, t 3, 13-28.

25 – Brook Taylor, *De motu nervi tensi, Phil. Trans.*, 1713, 337, p.26-32.

26 – *Mars*, 1737, op. cit n. 1, 9.

27 – *Idem*, 10.

tendues une infinité de cordes, qui par leurs différentes longueurs, et par leurs différentes tensions, sont en état de fournir aux rapports, et aux vibrations de tous les tons possibles ».

On a ici un échantillon de la méthode de Mairan. Mairan crée une métaphore (« un véritable instrument de musique », « une sorte de clavecin ») sur laquelle il greffe les éléments dont il a besoin et qu'il reprend de la description anatomique précise de Du Verney. C'est déjà là une manipulation : il associe une image (le clavecin) à la réalité observée (la description anatomique). Ensuite, on ne sait plus si on est dans la métaphore ou dans la réalité : « dans lequel sont tendues une infinité de cordes, etc. ». S'agit-il du clavecin ou de l'organe ?

On passe ensuite à une description de l'organe de l'oreille interne qui perçoit les sons, le limaçon. Il est composé notamment d'une lame spirale, qui sépare la cavité en deux rampes²⁸ :

[cette lame] est dure, sèche, mince et cassante, capable de ressort, tournée en hélice par son tranchant autour d'un cône osseux, [...], et étant composée vers son tranchant extérieur d'une infinité de fibres transversales, qui forment une suite décroissante semblable à celle des cordes d'un Clavecin, ou des tuyaux d'un jeu d'Orgue.

Le procédé est le même que plus haut, on passe d'une observation rigoureuse, recopiée sur Du Verney, à une analogie spécieuse destinée à convaincre le lecteur.

L'utilisation du microscope permet, depuis un demi-siècle, une connaissance précise de l'anatomie de l'oreille et on avait constaté la présence de sorte de poils microscopiques sur une membrane. Ce sont les cellules ciliées de la membrane basilaire (identifiées au XIX^{ème} par Corti) qu'on ne pouvait sans doute qu'apercevoir à cette époque du fait de leur petites dimensions (quelques microns). Leurs longueurs ne sont pas décroissantes et si c'était le cas, elles devraient d'ailleurs être dans des rapports considérables.

La suite du texte de Mairan est une représentation narrative et presque fantaisiste²⁹ :

La ressemblance va plus loin encore ; cette partie membraneuse de la lame spirale est double, il y a deux couches de ces fibres transversales, comme il y a deux rangs de cordes d'unisson à un Clavecin ; et sa partie osseuse, qui tient au Noyau conique, ou qui n'est qu'une extension de sa substance, demeurant fixe et inébranlable, est une espèce de Chevalet d'où partent, ou sur lequel sont appuyées toutes ces fibres, qui vont s'appliquer, et se replier de

28 – *Idem.*

29 – *Idem.*

l'autre côté, contre les parois internes des deux Rampes du Limaçon.

Et, après quelques autres précisions sur les canaux semi-circulaire situés à proximité, Mairan conclut son exposé anatomique par un retour à sa théorie³⁰ :

Il suffit que l'on conçoive en général, qu'il se fait une réaction continue et réciproque des frémissements de l'air intérieur de ces parties, et de ceux des fibres qui les composent, toujours analogue aux frémissements quelconques de l'air extérieur, et du corps sonore, c'est-à-dire, à tous ses tons.

Les petits ressorts de différente élasticité des parties d'air trouvent leurs correspondants dans l'oreille interne, ce sont ces fibres de longueurs inégales qui entrent en oscillation entretenue avec les vibrations perçues.

Un grand passage du discours est un condensé de ses conversations avec Jean-Philippe Rameau au sujet de la présence d'harmoniques dans les sons musicaux. Le phénomène a été constaté depuis longtemps par les musiciens ; Descartes le décrit en 1618 dans son premier ouvrage, *l'Abrégé de musique*. Wallis (1678) et Sauveur (1700) avaient fait les observations sur les harmoniques et formulé la théorie. Rameau en fait la base de sa théorie de l'harmonie.

Mairan établit un rapport entre ces sons harmoniques et les parties d'air de différente élasticité. A la fin d'un exposé un peu confus dans lequel il réfute Sauveur à propos de la présence des harmoniques impairs dans les cordes vibrantes, Mairan affirme que ce n'est pas la corde qui produit les harmoniques, mais les particules d'air accordées³¹ :

Il faut donc nécessairement en venir ici au véhicule même du son, aux particules de l'air qui, étant, selon notre hypothèse, de différente vibration entre elles, agissent les unes sur les autres, à raison des rapports harmoniques 1, 2, 3, 4, 5, etc. des promptitudes de leurs vibrations.

Ces harmoniques impairs seraient donc produits par les parties d'air, ce qui confirme l'hypothèse déjà exposée que les parties d'air sont capables de produire des sons.

Dortous de Mairan conclut son discours par le récit de la fameuse expérience des cloches de la cathédrale de Béziers dont les sons, grave et aigu, n'arrivent pas simultanément à distance. Auparavant il disserte longuement à propos de l'harmonie, du plaisir des consonances, de la douleur auditive, des vertus

30 – *Mars*, 1737, op. cit n. 1, 11.

31 – *Mars*, 1737, op. cit n. 1, 13.

thérapeutiques de la musique, de la musique des Anciens, de l'universalité de l'harmonie et de l'importance de l'apprentissage pour apprécier l'harmonie.

Les Eclaircissements sur le Discours (fin 1737)

Les Éclaircissements dont la longueur est de plus du double de celle du Discours, sont écrits quelques mois après sa lecture devant l'Académie. Mairan revient longuement sur certains points comme la structure de l'air et la forme de ses parties qui importe peu à sa théorie, pourvu qu'elles soient d'élasticités différentes et « susceptibles de *vibrations de différente durée* ».

Il analyse longuement l'analogie entre les tons et les couleurs qui constituait le point de départ de son hypothèse, et effectue une lecture critique du passage de l'*Optique* pour, à présent, disqualifier la suggestion de Newton. Mairan s'attaque également aux extrémistes de cette analogie, comme le père Castel, analogie qu'il qualifie d'« imparfaite ou nulle ».

Puis il revient longuement sur l'expérience de La Hire sur les ronds dans l'eau pour la détruire, ce dont elle n'avait nullement besoin. A cette occasion, il fait une erreur de calcul importante qui achève de discréditer son réquisitoire. Enfin, sans doute taquiné par des anatomistes pointilleux, il formule quelques précisions et modifie quelques points de sa description de l'organe de l'ouïe.

Les commentaires sur le discours de Dortous de Mairan (1741-1749)

Les adeptes de 'l'ingénieux système'

François de Brémond (1713-1742) n'est pas très connu ; promis à un bel avenir comme physicien, il est mort à l'âge de 29 ans. Il s'est fait connaître vers 1737 en traduisant avec des commentaires, les *Philosophical Transactions* à partir de l'année 1733. Il entre à l'Académie Royale des Sciences en 1739 ; Mairan écrit, à la fin de son éloge en 1742 : « On a trouvé parmi ses papiers une traduction toute prête à paraître des *Expériences physico-mathématiques* d'Hauksbee ». La traduction de ces rapports d'expériences réalisées au début du siècle, avec d'abondants commentaires du jeune Brémond, est tardivement éditée en deux volumes en 1754. On y trouve, à propos d'expériences sur le son, d'intéressants éclaircissements sur le rôle de la densité et de l'élasticité de l'air dans sa propagation³². Un de ces éclaircissements concerne les thèmes traités par Mairan, la réfutation des ronds dans l'eau et la théorie des particules de différentes élasticité³³ :

Il semble qu'il faudrait considérer le son comme formé par une action de ressort. Et puisque le bandement ou le débandement d'un ressort est toujours isochrone, soit qu'il ait été fortement ou

32 – Hauksbee, *Expériences physico mécaniques*, trad. F. Brémond, Paris, 1754, t. II, 307-382.

33 – *idem*, 352.

faiblement bandé, on explique par là pourquoi le son fort ou faible se répand toujours en même temps à des distances égales. Quant aux différents tons produits dans l'air, M. de Mairan admet dans ce fluide un assemblage de petites particules de différentes élasticités, et dont les vibrations sont analogues par leur durée à celles des différents tons du corps sonore.

Toutefois Brémond, qui cite Mairan par révérence, ne semble pas adhérer totalement à son système. À lire ses considérations sur l'élasticité, les particules différenciés trouvent difficilement leur place dans les éclaircissements de Brémond.

Parmi les musiciens, la représentation de Mairan trouve un bon accueil chez Rameau que Mairan avait rencontré avant la rédaction de son discours³⁴ :

[...] on ne conçoit pas comment la même masse d'Air peut fournir dans un même temps ce différent nombre de vibrations ; à plus forte raison encore s'il se trouve un plus grand nombre de Sons ensemble, au lieu qu'il est bien plus plausible d'imaginer en ce cas que chacun de ces Sons naît d'une masse d'Air particulière, dont le nombre des vibrations occasionne le degré du Ton qui nous affecte pour lors.

On trouve également la trace de cette hypothèse chez un théoricien de la musique de Montpellier, Pierre Estève, en 1752.

L'abbé Nollet fait le résumé commenté du *Discours* et adhère avec enthousiasme au système³⁵ :

M. de Mairan [...] propose, sur la propagation des sons un système si simple, mais en même temps si heureusement imaginé qu'on oublie bientôt que c'est une hypothèse, quand on l'applique aux phénomènes. Il a cela de commun avec celui des couleurs, comme son auteur ressemble à Newton par bien des endroits.

En revanche, les physiciens accueillent avec scepticisme l'*ingénieux système*, pour reprendre le qualificatif souvent employé à propos de la théorie de Mairan.

La correspondance entre Mairan et Cramer (1740)

Le *Journal des savants* publie en 1741 une correspondance entre Dortous de Mairan et le genevois Gabriel Cramer, auteur, en 1722, d'une *Dissertatio physico-mathematica de Sono*. Comme la plupart des physiciens européens de l'époque – hormis les cartésiens parisiens, dont Mairan – Cramer a lu les *Principia* et, s'il ne

34 – J.-P. Rameau, *Génération harmonique*, 1737, 3.

35 – Abbé Nollet, *Leçons de Physique expérimentale*, 1745, t. III, 477.

partage pas toutes les thèses de Newton, notamment sur l'attraction, elles constituent une des bases de sa formation.

Dans la première lettre à Mairan, Cramer fait la critique de la théorie newtonienne de la propagation du son, qu'il connaît bien. En effet, à l'occasion de la collaboration de son ami Calandrini à l'édition abondamment commentée des *Principia* éditée par Le Seur et Jacquier, Gabriel Cramer écrit une longue note, une vingtaine de pages (t. II, p. 364-383), qui critique et prolonge la proposition XLVII, section VII du second livre.

Cramer poursuit, dans cette première lettre à Mairan³⁶ :

[Si nous pensons] que les parties de l'air sont tout autant de petits ressorts bandés et en équilibre les uns avec les autres, il est sensible que le frémissement, le mouvement de vibration imprimé à l'un de ces ressorts, ne s'éteindra pas subitement, si l'on arrête tout d'un coup le mouvement de la corde sonore, mais que de lui-même il subsistera quelque temps, et alors toutes vos preuves reviennent avec toute leur force, et une force qui me paraît invincible. [...]

La question de la persistance des vibrations dans l'air après que le corps vibrant a cessé les siennes, pose problème à Cramer. En revanche, accorder à Mairan, qui n'aborde pas le sujet, une solution qui met en œuvre les particules de différente élasticité, est proche de la flatterie. On comprend cette attitude si on se souvient de l'anecdote arrivée lors de sa participation au concours de l'Académie en 1731, et que les biographes de Cramer ne manquent pas de raconter. Jean Bernoulli remporte le prix et reconnaît alors « qu'il ne devait sa victoire qu'aux ménagements qu'il avait gardés pour les tourbillons de Descartes ». Cramer, moins prudent, n'a obtenu que le premier accessit. Il est probable que ce souvenir est longtemps resté vivace. En 1740, et dans les années qui suivent, Cramer désire ardemment entrer à l'Académie comme associé étranger, il en fait état dans sa correspondance³⁷. On comprend mieux le ton révérencieux adopté par Cramer dans sa lettre.

Cramer émet néanmoins une objection à la théorie de Mairan³⁸ :

Par quel bonheur arrive-t-il toujours qu'une particule d'un certain ton touche une ou plusieurs particules du même ton, par le moyen desquelles elle communique ce son plus loin. Ne doit-il pas arriver souvent que cette particule n'appuie que sur des particules d'élasticité différente et incapables de faire des vibrations isochrones à celle de cette particule, et où par conséquent le son s'éteindra et s'émoussera [...]

36 – Extraits de quelques lettres de M. Cramer [...] à M. de Mairan, *Journal des savants*, 1741, 173.

37 – P. Speziali, Lettres inédites de Clairaut à Cramer, *Revue d'Histoire des Sciences*, 1955, VIII-3, 223.

38 – Extraits ..., *J. des savants, idem*, 173.

Vous dites, il est vrai, que dans chaque masse d'air, il y aura toujours des particules de même espèce ou contiguës ou fort proches de cette particule. Je conviens du fort proche, mais je demande, suffit-il, et le contigu n'est-il pas nécessaire ?

On est ici au cœur de la problématique. Pour Mairan, formé au cartésianisme, l'air est forcément composé de particules, qui sont pour lui des petits ressorts différents, baignant dans un milieu éthéré. Pour Cramer, et pour les autres physiciens du moment, si l'air est composé de parties élastiques, elles sont conjointes. Et, dans ce cas, la remarque de Cramer est pertinente. Pris au dépourvu, Mairan, dans sa réponse, défend sa théorie, en invoquant le grand nombre de particules identiques, puis en imaginant des trajets en « quelques lignes droites, courbes ou en zigzague », et « Enfin, quoique la contiguïté des parties isochrones ou de même ton soit plus satisfaisante pour l'imagination, j'avoue que je n'en vois pas clairement la nécessité »³⁹. Mairan reprend alors la théorie des vibrations par sympathie des cordes distantes des clavecins et dit que « les secousses qu'elles recevront seront toujours soutenues et fortifiées par l'isochronisme de leur propre élasticité [...] ». On est bien dans une théorie de particules statiques d'air, qui vibrent par oscillations entretenues, pendant un certain temps, et qui, une fois mises en oscillation, transmettent ces vibrations aux particules voisines. Il est clair que Cramer et Mairan ne peuvent pas se comprendre : même s'il réfute en partie la démonstration de Newton, pour Cramer, le son est la propagation de pulsions.

Dans une seconde lettre qui clôt l'échange, Cramer se range avec sagesse et humilité au système de Mairan⁴⁰ :

Je conçois à présent qu'il n'est point absolument nécessaire, pour entendre le son d'un corps, qu'il y ait une suite non interrompue de particules isochrones depuis ce corps jusqu'à l'oreille, mais que le son peut se répandre par le moyen de particules isochrones, nonobstant les intervalles qui sont entre elles, remplis de particules d'un autre ton.

On croit lire l'abjuration de Galilée... Il est impossible de croire que Cramer pense sincèrement ce qu'il écrit. Mais il ne cherche pas la polémique et laisse le soin à d'autres de réfuter l'*ingénieux système*.

Les physiciens critiques

Un savant amateur, Barrigue de Montvallon, conseiller au parlement d'Aix, présente en 1742 à l'Académie un court mémoire sur l'accord des clavecins ; il sera publié plus tard avec bien des déboires. La première partie est une vigoureuse

39 – *Idem*, 179.

40 – *Idem*, 183.

critique de l'*ingénieux système* de Mairan. Montvallon fait notamment le calcul du nombre de différentes particules nécessaire pour transmettre tous les sons, et il arrive à 1,72 millions (= $(12 \times 10)^3$) particules dans chaque masse d'air⁴¹. De plus, il considère la grosseur et affirme avec pertinence que les dimensions des particules devraient être considérables pour les sons graves.

Dans une dissertation sur la lumière lue en 1744 devant l'Académie de Berlin, Euler s'en prend également à ce système. Euler connaît bien la question du son, elle a fait l'objet d'un travail de jeunesse, et il se permet de donner une petite leçon de physique à Dortous de Mairan qu'il n'a aucune raison de ménager, vu sa notoriété montante⁴² :

[...] il est presque impossible de concevoir comment une infinité de particules d'un ressort différent peuvent être en équilibre entre elles.

Le ton est plus mordant encore dans le récit de la conférence qu'en fait Boyer d'Argens⁴³ :

Il me semble que M. de Mairan n'a pas fait assez de réflexion à cette circonstance dans les lettres qu'il a écrites à ce sujet à M. Cramer. [...]

Outre qu'il est très difficile à concevoir comment une infinité de particules d'un ressort différent peuvent être en équilibre entre elles, il serait bien aisé de faire voir que la diversité des sons vient uniquement du mouvement de la corde ou autre corps sonore, et que l'air est indifférent à toutes sortes de sons ; car du ressort de l'air dépend uniquement la propagation des impressions reçues. Ce ressort étant plus ou moins grand, la propagation se fait plus ou moins vite, sans changer la nature du grave ou de l'aigu dans le son ; et cette même propagation dépend uniquement du mouvement vibratoire de la corde dont chaque vibration communique à l'air une impression.

De là nous tirons cette définition du son : il est une suite des impressions successives produites dans les particules de l'air.

Pour Euler, le ressort est un concept, une modélisation de l'élasticité. Pour Mairan, en revanche, c'est une représentation de la réalité.

41 – Barrigue de Montvallon, *Nouveau système sur la transmission et les effets des sons, ...*, *Mém. de Math. et de Phys. rédigés à l'Observatoire de Marseille*, 1755, II, 215.

42 – Sur la lumière et les couleurs, conférence de M. Euler du 6 février 1744, *Mém. Ac. Berlin*, 1745, 18.

43 – J.-B. Boyer d'Argens, *Mémoires pour servir à l'histoire de l'esprit et du cœur*, La Haye, 1744, 264-265.

Si D'Alembert n'évoque pas la théorie de Mairan, Rousseau, dans l'article *Son (musique)* de l'*Encyclopédie*, rédigé en 1749, y revient⁴⁴ :

Ce système paraît très ingénieux ; mais l'imagination a quelque peine à se prêter à l'infinité de particules d'air, différentes en grandeur et en mobilité, qui devraient être répandues dans chaque point de l'espace, pour être toujours prêtes au besoin à rendre en tout lieu l'infinité de tous les sons possibles. [...] Il semble qu'on éloigne la difficulté plutôt qu'on ne la surmonte.

Quant à l'analogie entre les couleurs et les sons, elle a connu un réel engouement qui perdure encore longtemps auprès de l'élite éclairée et des musiciens qui se piquent de science. C'est ainsi que Voltaire, dans un chapitre, toutefois supprimé dans les éditions suivantes, des *Éléments de la philosophie de Newton*, semble un moment adhérer à cette hypothèse⁴⁵. Jean Banières, opposé à Voltaire, défend l'analogie entre les sons et les couleurs⁴⁶. Le père Castel poursuit son projet de 'clavecin pour les yeux', sorte d'instrument de musique censé associer les couleurs aux notes⁴⁷. En revanche l'analogie a été réfutée par d'autres savants comme Buffon⁴⁸ et bien d'autres. Comme le remarque justement Fontenelle dans son commentaire, « il ne faut user des analogies qu'avec une certaine circonspection, et on ne doit pas croire que pour découvrir ce qui appartient à l'acoustique ou aux tons, on n'ait qu'à recopier ce qui a été découvert sur l'optique ou sur les couleurs. Le parallèle des couleurs et des tons est assez borné »⁴⁹.

Les représentations cartésiennes de Dortous de Mairan

En 1737, Dortous de Mairan jouit d'un certain pouvoir à l'Académie des sciences, il a occupé à plusieurs reprises des fonctions de direction et c'est un homme craint. Son *Discours* est étrangement anachronique : Dortous de Mairan décrit longuement plusieurs aspects de la théorie du son connus depuis longtemps. L'angle d'étude est strictement limité aux sons musicaux et aux différences de fréquence, et la problématique est restreinte à la simultanéité de sons différents dans l'air. L'hypothèse des particules de différente élasticité repose sur une représentation ; en cela, la démarche de Mairan est celle d'un cartésien : il imagine et raconte ce qu'il ne

44 – *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné ...*, art. Son (musique), t. XV, 346.

45 – Voltaire, *Elements de la philosophie de Newton*, 1738, seconde partie, chap. XIV. Chapitre supprimé à partir de 1741.

46 – Jean Banières, *Examen et réfutation des 'Eléments de la Philosophie de Newton' de M. de Voltaire et Dissertation sur la réflexion et la réfraction de la lumière* 1739, préface.

47 – L.-B. Castel, Nouvelles expériences d'optique et d'acoustique, *Journal de Trévoux*, 1735, 1444-1482..

48 – G.-L. de Buffon, *Sur les couleurs accidentelles*, Mars, Paris, 1743, 149.

49 – Bernard le Bouyer de Fontenelle, *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, Paris, 1737, p. 102.

voit pas. Chez Euler par exemple, la démarche est tout autre : il crée un objet virtuel et ponctuel (partie d'air, particule ou corpuscule) auquel il applique les lois physiques connues et le calcul infinitésimal qui permet l'étude des variations. Les cartésiens, en s'enfermant dans la représentation et dans la narration de la nature sont dans une impasse épistémologique. La modélisation de la propagation du son nécessite l'emploi d'outils mathématiques, on y parviendra, loin de Paris et de ses tourbillons, avec d'Alembert, Euler, Bernoulli (Daniel) et Lagrange, entre 1750 et 1760 autour de l'Académie de Berlin.