Max Planck Research Group
Epistemes of Modern Acoustics

Sound & Science: Digital Histories

Koenig, Rudolph. "Nouvelles recherches sur les plaques vibrantes." Nouvelles recherches sur les plaques vibrantes 58, (1864): 562–567.

https://acoustics.mpiwg-berlin.mpg.de/node/1488

Scan licensed under: CC BY-SA 3.0 DE | Max Planck Institute for the History of Science

MAX PLANCK INSTITUTE
FOR THE HISTORY OF SCIENCE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PUBLIÉS

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

En date du 13 Juillet 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CINQUANTE-HUITIÈME.

JANVIER — JUIN 1864.

58

Ungültig

UNIVERSITÄTS-STERNWARTE
WIEN

PARIS,

MALLET-BACHELIER, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Augustins, N° 55.

1864

» Et 5° qu'enfin ces corpuscules ne sauraient être regardés comme dérivant des cellules embryonnaires, mais qu'ils naissent de toutes pièces dans le liquide vitellin. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ACOUSTIQUE. — *Nouvelles recherches sur les plaques vibrantes.* Note de **M. Kœnig**, présentée par M. Faye.

(Commissaires, MM. Pouillet, Faye, Fizeau.)

« Les *Philosophical Transactions* de 1833 renferment un grand Mémoire de M. Wheatstone sur les figures que Chladni avait obtenues sur des plaques de forme carrée et dont il avait publié la description en 1817, dans ses *Nouvelles contributions à l'acoustique*. L'illustre physicien anglais a montré, dans ce travail, comment les figures de Chladni se déduisent de la coexistence de plusieurs sons, à l'unisson entre eux, mais dont les vibrations possèdent des directions différentes. En effet, si une plaque carrée nous offre des vibrations transversales simples, avec des lignes nodales parallèles entre elles, comme on en voit sur les verges vibrantes, le même son qui correspond à cette division de la plaque serait aussi donné par la même plaque si elle était divisée par un système de nodales identique, et incliné par rapport à la même dimension sous le même angle, mais du côté opposé. De même, puisque les deux dimensions d'une plaque carrée sont égales entre elles, on obtiendrait encore le même son avec le même système de nodales, incliné sous le même angle, d'un côté ou de l'autre de la seconde dimension. Par conséquent, la même plaque donnerait toujours quatre (1) sons identiques, appartenant à quatre directions différentes. Or, dans un corps qui se trouve dans ces conditions, on ne saurait exciter un son primaire sans provoquer en même temps les trois autres symétriques, ainsi que l'a montré aussi M. Terquem par ses expériences sur les verges; et toutes les figures se déduisent simplement de la coexistence de ces sons qui appartiennent à des directions symétriques.

» Après avoir démontré l'accord des figures construites par cette théorie avec celles que donne l'observation, M. Wheatstone a encore vérifié la même théorie par la belle expérience qu'il a faite sur les plaques de bois. Dans ces plaques, l'élasticité n'est pas la même dans les deux dimensions,

(1) Ils se réduisent à *deux* quand les directions sont parallèles aux deux dimensions de la plaque.

et il s'ensuit que le son qui correspond à deux nodales parallèles à la longueur de la plaque carrée n'est pas à l'unisson de celui qui donne deux nodales parallèles à sa largeur. Par conséquent, sur une plaque carrée en bois, on ne peut pas produire la figure que donnerait la coexistence de ces deux directions de vibrations, à savoir les diagonales croisées. Mais on obtient cette figure sur une plaque rectangulaire dont les deux dimensions sont choisies en sorte que la même division donne à très-peu près le même son dans le sens de la largeur et dans celui de la longueur.

» J'ai repris ces expériences en construisant cinq plaques rectangulaires en cuivre, dans lesquelles un système de nodales parallèles à la longueur est à l'unisson d'un autre système, parallèle à la longueur. Toujours j'ai vu se former, dans mes expériences, les figures des nodales qui résultaient de la construction théorique.

» Dans le tableau que je mets sous les yeux de l'Académie, la première série horizontale renferme les dessins des plaques avec les divisions dans le sens de la longueur, la deuxième les plaques divisées dans le sens de leur largeur. Les divisions simples ne peuvent guère être obtenues directement : j'ai déterminé la position des nodales, dans chacun des deux sens, sur des plaques auxiliaires, dont la dimension parallèle aux nodales était beaucoup plus petite que dans la plaque donnée, tandis qu'elles avaient la même dimension que celle-ci dans l'autre sens. Les intervalles des nodales obtenues sur les plaques auxiliaires furent ensuite transportés sur les plaques données.

» La troisième série horizontale contient les figures résultantes qu'on obtient par la combinaison des deux systèmes orthogonaux, en supposant leur coexistence simultanée. Les nodales devaient évidemment passer par les points où une direction positive de l'un des systèmes coïncide avec une direction négative de l'autre, de manière à produire une interférence.

» La quatrième série est formée par des figures observées directement; je les ai imprimées sur du papier humide et collées ensuite sur le tableau qui a servi à les photographier. On voit que ces figures sont celles que donne la combinaison rectangulaire des deux mouvements vibratoires, dont la différence de phase est telle, que les deux moitiés de la courbe résultante peuvent se superposer.

» Malgré les dimensions considérables de ces plaques (20 centimètres de longueur), qui suffisent pour la production d'un grand nombre de figures, la figure pour laquelle chacune est accordée apparaît toujours instantané-

ment au premier coup d'archet, si on a eu soin de fixer la plaque dans l'un des points d'intersection des courbes que l'on désire provoquer.

» Pendant que je construisais ces plaques, j'ai aussi cherché à constater si elles offrent le phénomène observé par M. Terquem sur les verges vibrantes, à savoir qu'il est presque impossible de produire un son donné quand les sons primaires sont entre eux à l'unisson parfait. J'ai donc accordé la plaque (2 : 3) de telle sorte que le système de trois nodales correspondait à une série de sons successifs qui variaient depuis un ton plus grave jusqu'à un son plus haut que l'unisson par rapport au son symétrique. J'ai constaté de cette manière que le son propre de la plaque apparaissait avec le plus de pureté, et que la figure se dessinait avec le plus de netteté, quand la différence entre les sons primaires était d'un ton entier. Alors on ne sent plus rien de forcé dans la production du phénomène, le moindre coup d'archet détermine l'apparition des courbes et la plaque fait entendre un son clair et prolongé, intermédiaire entre les sons primaires symétriques.

» M. Wheatstone a cherché à expliquer l'observation de M. Strehlke, dont les expériences très-précises ont montré que les nodales ne se coupent pas toujours, ce qu'elles devraient faire d'après l'explication donnée de leur origine. Le grand physicien anglais pense que ce désaccord provient des défauts d'homogénéité et de régularité de la plaque. Mais je crois qu'il faut conclure de l'expérience précitée, que si on arrive à l'unisson parfait des sons primaires pour deux systèmes orthogonaux donnés de nodales, la figure théorique n'apparaîtrait plus du tout.

» Cette circonstance remarquable, que les deux sons primaires dont la coexistence donne naissance aux figures acoustiques ne sont point à l'unisson parfait entre eux, peut aussi expliquer pourquoi les lignes de ces figures n'ont plus une position rigoureusement déterminée, mais qu'elle varie dans une certaine latitude, sans que la figure éprouve un changement essentiel. Le second tableau montre les transformations successives que la même figure subit suivant qu'on fixe la plaque en tel ou tel point d'intersection des nodales. Les migrations des nodales n'entraînent aucun changement dans la tonalité du son résultant, lequel est toujours compris entre les deux sons des divisions primaires.

» Sur la plaque (2 : 4) pour laquelle la théorie indique deux figures, j'ai trouvé que le son de la première se rapproche davantage du son primaire du système de quatre nodales, celui de la seconde du son des deux nodales.

» Il me semble que ces expériences confirment au plus haut degré la vérité de la théorie de M. Wheatstone. J'ai seulement une remarque à présenter sur un détail d'exécution. M. Wheatstone dit que si un système donné de nodales pouvait prendre successivement toutes les inclinaisons par rapport à un axe donné, il en résulterait sur une plaque carrée un nombre indéfini de figures par une série de transformations continues. Mais l'expérience montre le contraire; il paraît donc que ces figures seules sont possibles qui se composent de vibrations primaires pour lesquelles des maxima de vibrations coïncident avec les angles de la plaque. Ceci n'a rien d'étonnant, puisqu'on observe aussi toujours des maxima de vibration aux deux extrémités d'une verge libre. Mais M. Wheatstone ajoute que la distance entre le coin et la première nodale est la moitié de l'intervalle moyen des nodales; tandis que, sur une verge libre, la distance de la première nodale à l'extrémité n'est point égale à la moitié de l'intervalle moyen des nodales. Il est donc très-probable que les inclinaisons calculées pour les nodales des vibrations primaires des plaques carrées devront aussi subir quelques changements dont l'influence sur les figures résultantes serait d'ailleurs peu sensible. »

PHYSIQUE. — *Remarques de* **M. Faye** *à la suite de la communication de* M. Kœnig.

« Dans le beau Mémoire de M. Wheatstone cité par M. Kœnig, se trouve mentionnée l'expérience remarquable des frères Weber (1825) sur les ondulations qui se forment dans une nappe rectangulaire d'eau ou de mercure parallèlement aux côtés de la nappe. J'ai moi-même fait quelques remarques sur les ondulations qui peuvent se produire à la surface libre du mercure contenu dans un vaisseau rectangulaire sous l'influence d'un simple choc, et les phénomènes que j'ai observés méritent peut-être d'être rappelés ici, bien que je n'aie pas eu en vue d'examiner les effets de la superposition de ces ondes variées.

» Sous l'influence d'un choc quelconque (un coup frappé sur le plancher de la salle où l'on opère), il se forme sur la surface, parallèlement au petit côté, une première onde très-apparente dont on peut mesurer exactement l'inclinaison au point d'inflexion en observant, à l'aide d'une lunette, les images d'un point lumineux réfléchi : 1° par la partie horizontale non troublée; 2° par la partie sensiblement plane, mais inclinée, de l'onde qui se meut sur cette surface. Quelle que soit la force du choc, cette onde con-

serve rigoureusement la même inclinaison au point d'inflexion. On voit en même temps apparaître une deuxième onde parallèle au grand côté du vase; son inclinaison est pareillement d'une constance absolue quelle que soit la force de l'ébranlement.

» La surface plane et les deux ondes rectangulaires qui la parcourent produisent, pour le même point lumineux vu par réflexion, cinq images disposées en croix, qui persistent longtemps après le choc. Si l'ébranlement est assez violent, on voit apparaître de nouvelles images toujours très-nettes du même point lumineux, et ces images accusent la formation de nouvelles ondes. Ces ondes, d'amplitudes plus grandes, ne sont plus comme les premières parallèles aux côtés du rectangle, mais, chose remarquable, leurs directions sont liées géométriquement à celles des côtés par une loi très-simple que l'on peut énoncer ainsi : Les nouvelles images sont placées aux points d'intersection d'une série de lignes parallèles équidistantes par une autre série de lignes perpendiculaires aux premières et pareillement équidistantes. Dans la figure que j'ai moi-même observée, les angles formés par les plans de réflexion avec le plan vertical parallèle au grand côté avaient pour tangentes les nombres $\frac{1}{2}$, 1, 2, 3, etc.

» Il paraît donc que les ondulations d'une pareille surface, comparable, à cause de la capillarité, à une membrane mince tendue le long de ses quatre côtés par des forces excessivement faibles, ne se produisent pas indifféremment dans tous les sens comme elles le feraient assurément dans une nappe indéfinie. Les plus faciles à exciter et aussi les plus durables sont les ondes parallèles aux côtés; puis viennent les ondes inclinées de certains angles déterminés géométriquement, et celles-là, dont l'amplitude est d'ailleurs la plus considérable, disparaissent aussi les premières. Quant aux ondes d'une inclinaison quelconque, elles ne se produisent pas.

» Il me semble que ces observations peuvent jeter quelque jour sur la difficulté signalée par M. Wheatstone au sujet du nombre très-limité des figures données par les plaques vibrantes. Si une surface aussi peu entravée que l'est la surface d'un bain de mercure ne se prête qu'à un petit nombre d'ondulations primaires, lesquelles sont susceptibles de définition géométrique, ne pourrait-il pas en être de même d'une plaque solide? Il n'y aurait donc pas lieu de s'étonner de ce qu'une même plaque ne donne pas l'infinie variété de figures dont la construction théorique laisse admettre la possibilité, mais qu'on ne retrouve, ni sur une plaque vibrante, ni sur une plaque liquide limitée dans tous les sens.

» Quoi qu'il en soit, j'ai pensé qu'il ne serait pas inutile de rappeler ces

observations qui datent déjà de quatorze ans, et dont j'ai dit quelques mots à l'Académie à l'occasion de certaines recherches sur les causes d'erreurs les plus délicates des mesures astronomiques (1); elles montrent, en effet, qu'il est possible d'étudier optiquement les phénomènes des surfaces vibrantes avec une précision extrême; de déterminer, par exemple, le nombre, l'inclinaison et la direction des divers systèmes d'ondes primaires. Des procédés analogues permettraient, je crois, de fixer la position des points où les vibrations atteignent leur amplitude maximum, et peut-être de dessiner aux yeux les lignes nodales avec beaucoup plus de délicatesse que le sable dont on se sert encore dans les expériences d'acoustique. La seule condition serait de donner aux surfaces de ces plaques une planitude et un poli suffisants pour leur faire jouer le rôle de miroir. »

GÉOMÉTRIE. — *Propriétés diverses des systèmes de surfaces d'ordre quelconque;* par **M. DE JONQUIÈRES.**

(Commissaires, MM. Chasles, Bertrand, Hermite.)

« *Définitions. Notation.* — Des surfaces du degré m forment un *système*, quand elles satisfont à $\frac{(m+1)(m+2)(m+3)-6}{6} - 1$ conditions communes, de telle sorte qu'il ne faut plus qu'une condition pour déterminer chacune d'elles.

» Plusieurs propriétés importantes des systèmes de surfaces s'expriment en fonction de trois éléments, invariables d'espèce, que nous appellerons les *caractéristiques* du système, en employant l'expression consacrée par M. Chasles dans son beau Mémoire sur la théorie des courbes planes (2).

» Ces trois caractéristiques sont : le nombre des surfaces du système qui passent par un point quelconque; le nombre des surfaces qui touchent une droite quelconque; enfin le nombre des surfaces qui touchent un plan quelconque. Nous les désignerons, respectivement, par les lettres μ, ν, ρ.

---

(1) *Sur les déclinaisons absolues des étoiles fondamentales*, 1re partie, *Comptes rendus*, 1850, t. XXXI, p. 402 et 403. L'inclinaison du plan des ondes principales y est évaluée à 12 ou 15 secondes, mais comme mes registres d'observation ne sont plus à ma disposition, je ne puis vérifier s'il s'agit de l'écart angulaire des images ou de celui des normales aux plans de réflexion qui les produisent. Heureusement ces observations et ces mesures sont faciles à répéter en dirigeant la lunette d'un grand instrument méridien sur l'image réfléchie de la polaire.

(2) *Comptes rendus*, séance du 15 février 1864.