

Voordracht

Akoestiek in de (17^e-18^e)- 19^e eeuw

Alex de Bruijn

27 november 2019

NAG-bijeenkomst, Teylers Museum, Haarlem

De Geluidstichting

- 1934: Oprichting van de Geluidstichting, in 1962 omgezet in het Nederlands Akoestisch Genootschap.
- Initiatiefnemers: prof. A.D. Fokker en prof. C. Zwikker e.a.
- De vraag is waarom juist in 1934 een dergelijke vereniging is opgericht en waarom niet eerder?
- Het fundament van de Geluidstichting lag in de snelle ontwikkeling van de akoestiek als technisch-wetenschappelijk vak in de 19^e eeuw.

Eerste Pogingen in de 17^e eeuw

- Namen als *Galileo Galilei*, *Christiaan Huygens*, *Newton* en vooral *Marin Mersenne*.

HARMONIE
VNIVERSELLE.
CONTENANT LA THEORIE
ET LA PRATIQUE
DE LA MUSIQUE.

Où il est traité de la Nature des Sons, & des Mouuemens, des Consonances, des Dissonances, des Genres, des Modes, de la Composition, de la Voix, des Chants, & de toutes sortes d'Instrumens Harmoniques.

Par F. MARIN MERSENNE de l'Ordre des Minimes.



A P A R I S,
Chez SEBASTIEN C R A M O I S Y, Imprimeur ordinaire du Roy,
rue S. Jacques, aux Cicognes.

M. DC. XXXVI.
Avec Privilège du Roy, & Approbation des Docteurs.

1636: Eerste boek over de akoestiek.

Mersenne's uitspraken:

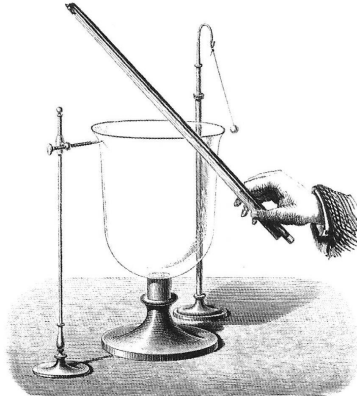
- de frequentie van een trillende snaar is evenredig met de wortel uit de spankracht;
- omgekeerd evenredig met de lengte van de snaar en
- met de wortel uit de massa per lengte-eenheid.

Belangrijke Namen in de 18^e Eeuw

- *Joseph Sauveur* (1653-1716). De eerste "echte" akoesticus. Uitvinder van het begrip "l'acoustique musicale". Hij kon de frequentie vaststellen door twee ongelijke orgelpijpen en door middel van de zweving van twee tonen de frequentie berekenen.
- *Leonard Euler* (1707-1783). Onnoemelijk veel werk op het gebied van de wiskunde waaronder dus ook de akoestiek en de muziek.
- *Joseph Lagrange* (1736-1813). Differentiaalvergelijking van de trillende snaar (1758). Ook de golfvergelijking had zijn interesse.
- *Jean-le-Rond D'Alembert* (1717-1783). Formuleerde als eerste de echte golfvergelijking.

18^e Eeuw

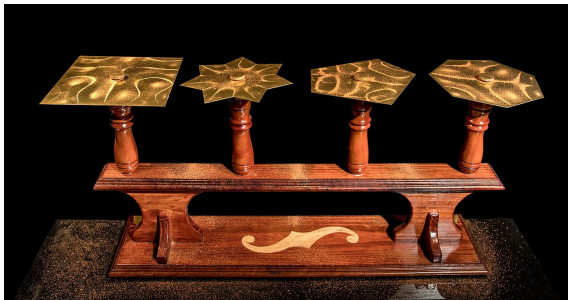
- Akoestiek was een wiskundige curiositeit.
- Wiskundigen: *Euler, Lagrange, D'Alembert, Bernoulli*.
- Experimenteel werk was in hoge mate "Spielerei".



Resonantieklok

Ernst Chladni(1756-1827)

- *Chladni* deed proeven met trillende platen en vond door fijn zand e.d. te strooien op het oppervlak de karakteristieke patronen. Dit wekte veel verbazing en interesse.
- Dit was de eerste maal dat iets van geluid of trillingen ook zichtbaar werd.
- Belangrijke boek: 1802, *Die Akustik*.



Chladni patronen

- Patronen hingen sterk af van de vorm van de plaat, maar ook de randvoorwaarden waren belangrijk.
- Door de rand vast te houden kon men de beelden manipuleren.



Dunne Plaat: Theorie

- 1808: *Napoleon* loofde een prijs uit voor wie een wiskundige oplossing vond voor de trillingen van een dunne plaat.
- *Sophie Germain* (1776-1831) gaf een briljante oplossing: een vierde-orde differentiaal vergelijking:

$$D \frac{\partial \eta^4}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial \eta^4}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial \eta^4}{\partial y^4} + m \frac{\partial \eta^2}{\partial t^2} = -p(x, y, t)$$

en won de prijs in 1816.



- Bewonderd door *Gauss* en *Fourier*.
- Belangrijk werk betreffende de theorema's van *Fermat* en het gebied van de priemgetallen.
- Philosophisch werk.

Metingen van de geluidsnelheid

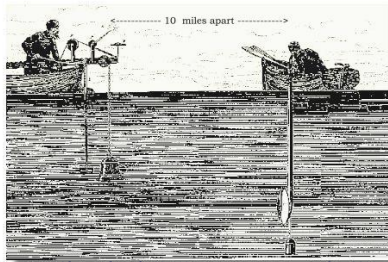
- 1738 Academie des Sciences, Parijs. Kanon, geen wind, $c_{lucht} = 332$ m/s. Opvallend nauwkeurig. Veel hoger dan de theoretische waarde. *Laplace* (1816) loste dit op door aanname van de adiabatische conditie.

$$c = \sqrt{\frac{\gamma \cdot P_0}{\rho}}$$

(Combinatie van de wetten van *Newton* en *Hooke* !)

- Geluidsnelheid in vaste stoffen als staal veel hoger dan in lucht. Meting aan stalen pijp van 1 km door *Biot* (1808).
- 1826 Geluidsnelheid in water. *Colladon* c.s. in het meer van Genève,

$$c_{water} = 1435 \text{ m/s.}$$



Eerste helft 19^e Eeuw

Wat namen:

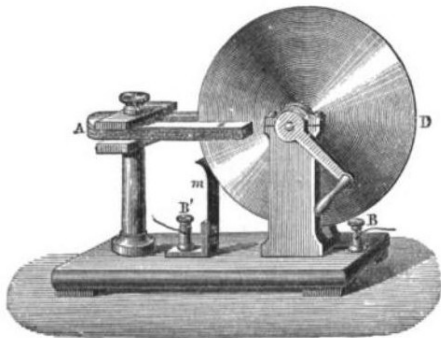
- *Fourier*: 1825, Formuleerde de beroemde fourieranalyse en -reeksen.
- *Poisson*: Trillingsgedrag van cirkelvormig membraan. Mathematiek van golven in elastisch medium; Poisson constante.
- *Ohm*: Klankkleur is afhankelijk van de boventonen en de amplitudes, maar niet van de fase.
- *Green*: Correcte formulering van de reflectie en transmissie tegen oppervlakken met verschillende dichtheden.
- *Kundt*: Met zijn buis: geluidsnelheid.
- *Lissajous*: Figuren door interferentie van trillingsbronnen.
- *Doppler*: 1842, Doppler-effect.
- *Laennec*: 1816, Stethoscoop.

Electromagnetisme

- Begin van de negentiende eeuw werd de interactie tussen elektrische stroom en magnetisme ontdekt en onderzocht door *Faraday, Ampère, Biot & Savart, Henry, etc.*

Belangrijke toepassingen:

- Telegrafie.
- Electromagnetische Generator.



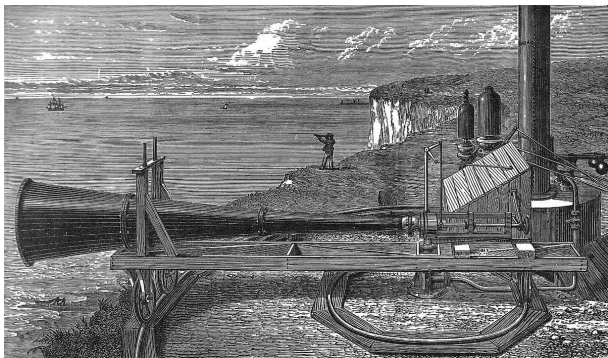
Hermann (von) Helmholtz (1821-1894)

- Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik (1863).
- Inhoud:
Theorie over het horen.
Gedachten over het spraakmechanisme: Helmholtz resonator.



John Tyndall (1820-1893)

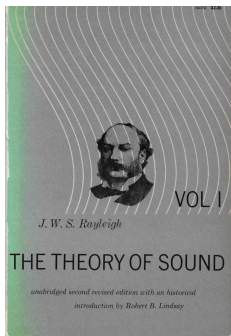
- All-round natuurkundige, vermaard docent.
- Experimentalist; ontdekker van de broeikasgassen zoals CO_2 , methaan en waterdamp.
- Het boek "**On Sound**" in 8 lectures (1867) was zeer invloedrijk in de UK en daardoor een belangrijke gangmaker in de ontwikkeling van de akoestiek.



Foghorn

John William Strutt, Baron (Lord) Rayleigh (1842-1922)

- 1877: Theory of Sound.
- 1894-96: Uitgebreide revisie, 2 delen.
- Samenvatting van de bestaande theoretisch kennis.
- Programma voor de nieuwe akoestiek.
- Informeel, prettig leesbaar.

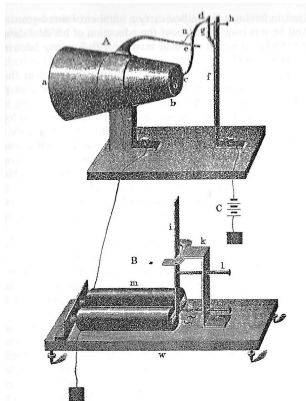


Ander werk in de akoestiek
(Collected Papers!):

- Rayleigh-golf in de seismiek;
- Implosietijd van een cavitatiebel in water;
- Aeolische tonen;
- Onderzoek aan tralies ("gratings").

Telefonie

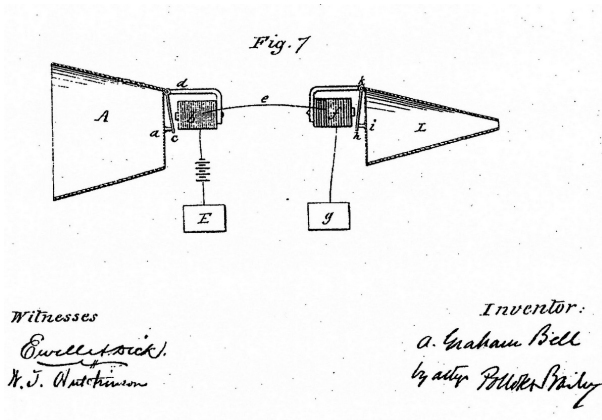
- *Philipp Reis*(1834-1874): telefoon als voortzetting van de telegraaf. Het idee was dat spraak wel kon gesimuleerd worden met een soort telegraafsleutel. Dat werkte dus niet.



- *Meucci*: maakte waarschijnlijk een echte telefoon, maar geen demonstratie van spraakoverdracht en een patent-aanvraag vergeten. Dus ook geen uitvinder.

De "echte" telefoon van Alexander Graham Bell (1876)

- Gebruik van een electro-magneet en een gewone magneetstaaf.
- Elektrische wisselspanning werd omgezet in een beweging en omgekeerd.



Bell's betekenis

Volkomen nieuw concept van een transducent.

- Het nieuwe concept was: "undulatory" current of electricity in contradiction to merely intermittent or "pulsatory current".
Trefwoord: *undulation*.
- De transducent was reciprook: ontvanger en luidspreker waren identiek. Derhalve ook min of meer de "ontdekker" van het concept *reciprociteit*.

UNITED STATES PATENT OFFICE.

ALEXANDER GRAHAM BELL, OF SALEM, MASSACHUSETTS.

IMPROVEMENT IN TELEGRAPHY.

Specification forming part of Letters Patent No. 174,465, dated March 7, 1876; application filed February 14, 1876.

To all whom it may concern:

Be it known that I, ALEXANDER GRAHAM BELL, of Salem, Massachusetts, have invented certain new and useful Improvements in Telegraphy, of which the following is a specification:

In Letters Patent granted to me April 6, 1875, No. 161,739, I have described a method of, and apparatus for, transmitting two or more telegraphic signals simultaneously along

ally breaking the circuit. The current produced by the latter method I shall term, for distinction sake, a pulsatory current.

My present invention consists in the employment of a vibratory or undulatory current of electricity in contradistinction to a merely intermittent or pulsatory current, and of a method of, and apparatus for, producing electrical undulations upon the line-wire.

The distinction between an undulatory and

Allerlei uitvindingen rondom de telefoon

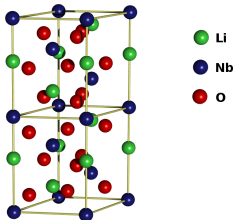
- Kool-microfoon door *Edison* (1877).
- *Ernst Siemens*, dynamische spoel (1874); belangrijk i.v.m. de ontwikkeling van de luidspreker.
- (Cylinder) Phonograph door *Edison* (1878).
- Grammofoonplaat door *Berliner* (1891).

Edison en
de cylindergrammofoon (1878)



Piëzo-electrisch effect

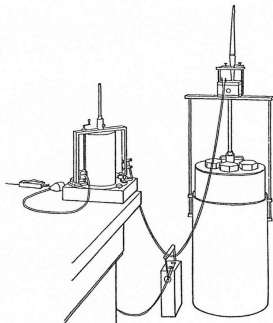
- 1880: Ontdekking door de gebroeders *Pierre en Jacques Curie* met gebruik van kwarts.
- Basis van de onderwaterakoestiek.
- Echo-akoestiek.
- Ultrasone toepassingen.
- Eerste toepassing: 1917 door *Paul Langevin* in de ontwikkeling van een onderwater sonar transducent.



Lithiumniobaat

Begin 20-ste eeuw

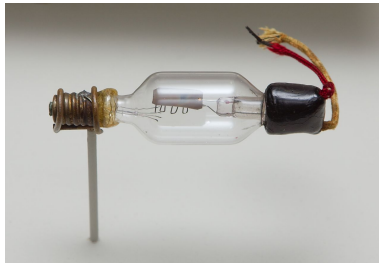
- 1900: *Wallace Clement Sabine* introduceerde het begrip *nagalmtijd* en *absorptiecoëfficiënt*.
- 1915: *Sabine* introduceerde het begrip *geluidisolatie*.
- 1914-1919: *A.G. Webster* werkte met het begrip *akoestische impedantie*. Daarna het gebruik van elektrische vervangingsschema's.



Sabine's instrument voor het meten van nagalmtijden

Radiobuis

- Uitvinding door *Lee de Forrest* (1907).
- Zwakke wisselspanningen konden worden versterkt naar sterke wisselspanningen.
- Belangrijk voor de ontwikkeling van de bruikbare luidspreker, ook voor filters etc.
- Enorm invloedrijk voor de verdere ontwikkeling van de technische akoestiek.



1908

Stand van zaken rond 1930

- *Eccles* in 1929:

"From this rapid review of the change that has come over the science of sound since the publication of Rayleighs treatise fifty years ago, it will be seen that the new acoustics is *Baconian*, that is to say, it is being prosecuted with a view to rendering services to mankind rather than from the motive of scientific curiosity".

- Oorzaak: samenspel tussen akoestiek en electriciteitsleer.

Oprichting van Akoestische Organisaties

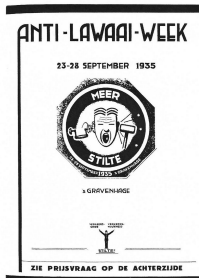
Rond de jaren 30 werden er verschillende verenigingen of organisaties opgericht met het doel de akoestische toepassingen en met name de lawaai beheersing te bevorderen.

- 1929: Oprichting *Acoustical Society of America*. Een echte vereniging met leden en een eigen tijdschrift: *The Journal of the Acoustical Society of America* (JASA). Nog steeds een bloeiende en actieve vereniging.
- Rond 1930: *Fachausschüs für Lärmminderung VDI*. Geen echt wetenschappelijke vereniging, meer een beroepsvereniging.
- 1933: *Anti-Noise League* in de UK. Erg actief, geen echte wetenschappelijke vereniging, maar meer een actiegroep.
- 1934: *De Geluidstichting*.

De Geluidstichting

Geestdriftige stemming bij de Oprichting op 12 oktober 1934.

- In feite was het een combinatie van drie onderdelen:
- De wetenschappelijke tak met uitgaven van wetenschappelijke geschriften: de publicaties.
- De *Anti-Lawaaiibond*, actief in de bestrijding van geluidhinder, zoals nu de NSG.
- De *Loonmeetdienst*: een akoestisch adviesbureau als voorloper van de Technisch Fysische Dienst TNO (TPD).



Oprichters van de Geluidstichting

Prof. A.D. Fokker



- Hoogleraar aan de Technische Hogeschool 1923-1927.
- Curator Teylers Stichting Haarlem.
- Buitengewoon hoogleraar RU Leiden.
- Relativiteitstheorie, statistische mechanica.
- Harmonieleer (31-toons systeem).

Prof. C. Zwikker

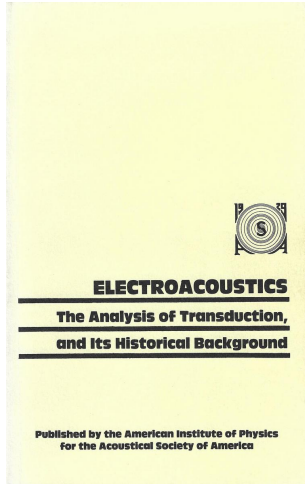


- 1914: oprichting Philips NatLab, waarvan Gilles Holst oprichter-directeur was.
- Allerlei onderzoek op het NatLab, voortkomend uit de gloeilamp: radiobuis, radio.
- 1925: start onderzoek in de akoestiek bij het NatLab door R. Vermeulen.
- Zwikker medewerker van R. Vermeulen.
- Hoogleraar TH Delft 1929-1945.

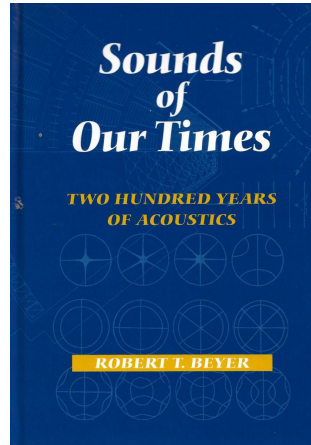
Besluit

Twee standaardwerken op het gebied van de akoestische historie.

(Zie ook Wikipedia!!)



Frederick Hunt



Robert Beyer

A.de Bruijn

Akoestiek in de 18e-19e eeuw

november 2019

20