

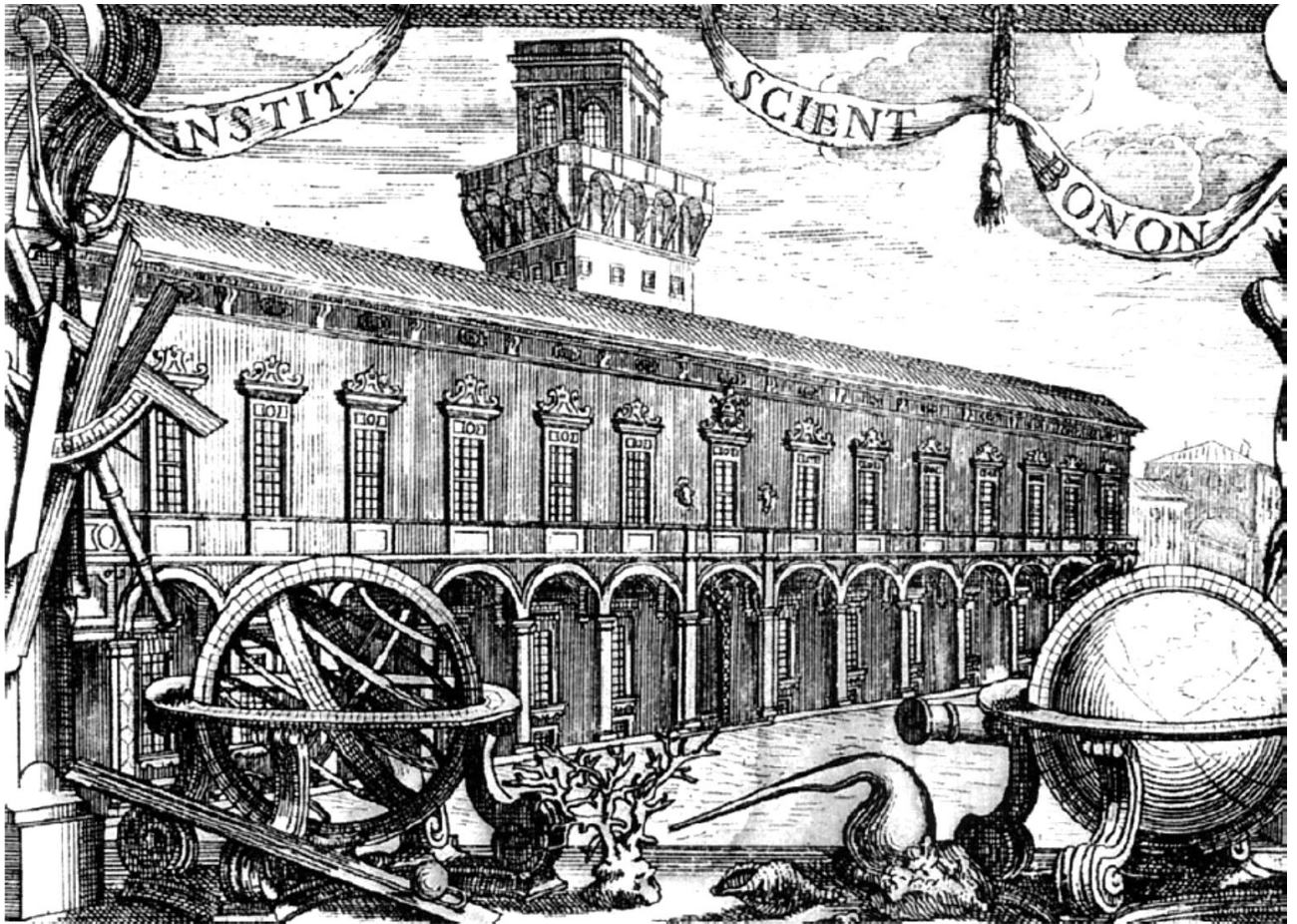
INTRODUCTION

The cochlear implant (bionic ear) is a device that bypasses a nonfunctional inner ear and stimulates the hearing nerves with patterns of electrical currents so that speech and sounds can be perceived by profoundly deaf people. The bionic ear is the culmination of investigations that started more than two hundred years ago, and it is the first major advance in helping profoundly deaf to communicate since the sign language of the deaf was developed by l'Abbe' de l'Epe'e at the Paris Deaf School in second half of eighteenth century. The cochlear implant is to date the only direct interface to the central nervous system to restore sensory function. The cochlear implant has been the result of research in many disciplines, including surgical anatomy, surgical pathology, biology, biophysics, neurophysiology, psychophysics, speech science, engineering, surgery, audiology, rehabilitation, and education. The function of cochlear implant is today well known but, its early development through the history of electrical stimulation of the ear is uncertain. The Count Alessandro Volta is generally qualified as the first to stimulate the ear with the electricity. Alessandro Volta, soon after developing the battery, carried out on himself in the late 1790s the first experiment on electrical stimulation of the auditory nerve. His results were read on June 26, 1800, before the Royal Society meeting in London. The report is recorded in the *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* for the year 1800, part I, p. 427. Because of the unpleasant sensation experienced by the scientist, any other experiment was carried out over the next half century to study this effect.

Investigating exhaustively the available literature of the eighteenth century, we found an electrical stimulation of the ear carried out, half century before Volta, in 1748 by Giuseppe Veratti a Bolognese physicist.

GIUSEPPE VERATTI AND THE ACADEMY OF SCIENCES OF BOLOGNA

From the first half of the 18th century onwards, tremendous curiosity about electrical phenomena spread throughout Europe. Machines producing electrostatic electricity were scattered over Italy, and lectures on electricity attracted members of academia as well as the ruling elite. The Institute of Science of Bologna was one of the first scientific academies to explore the nature of “electric fluid,” uniting them into a field of scientific research. Therefore the therapeutic application of electricity, a field known at the time as “medical electricity,” emerged at the middle of the 18th century following the electrical researches and the discovery of the effects of electricity on the human body (generally the investigator’s own body): strong commotions of limbs, increase in perspiration, and acceleration in the heart beat. These observations pushed some doctors to apply electricity to the treatment of some diseases, which could not be cured by traditional remedies. The therapeutic application of electricity found in Bologna (the most important city of the Papal States, after Rome) a very fertile field. Giuseppe Veratti, was one of the many Bolognese physicists of the Settecento who tried to apply the electricity to the study of organisms. Giuseppe Veratti (1707–1793) received a degree in Philosophy and Medicine in 1734. Although trained as a physician, he was strongly interested in physics, a matter which was part of the philosophical curriculum. In 1737, he was given a University position to teach it, and some years later a second position in the field of anatomy. Veratti in 1738 married Laura Maria Caterina Bassi (1711–1778) the only woman in Europe who at the age of 20 had graduated in Philosophy and been awarded a chair in the same subject in 1732. In that same year, she became the first woman member of the Academy of Sciences. Luigi Galvani, the discoverer of electricity in animals, had been a pupil of Veratti and Laura Bassi.



The Academy of Sciences of Bologna at Veratti's days. The Institute of Sciences, began its activity in 1714.

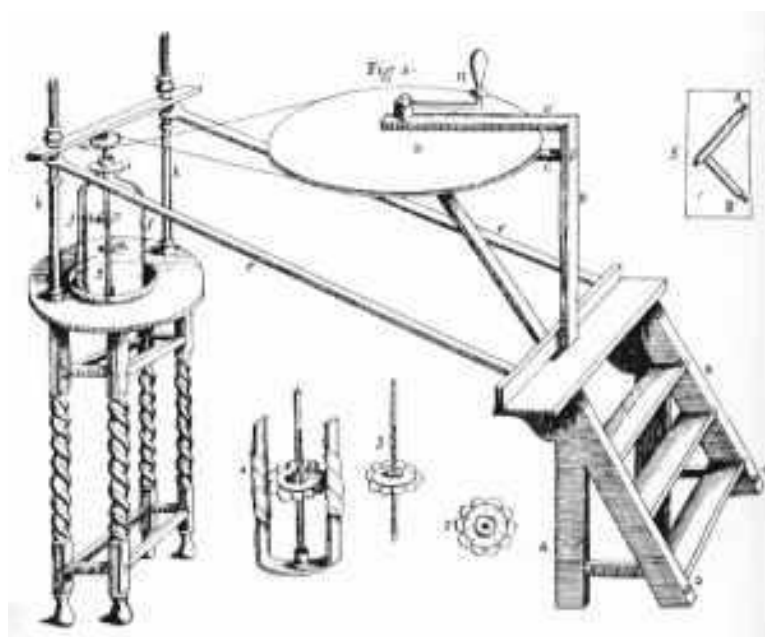
Veratti and his wife had a rich correspondence with many scientist (including Lazzaro Spallanzani, Jean Antoine Nollet, Felice Fontana, Leopoldo Caldani, and Alessandro Volta) they lived into the most intense network of social and scientific relationships of that time. In 1748 Giuseppe Veratti published a book: “Osservazioni fisico-mediche intorno alla elettricità” in which he reported successful treatments with electricity of diseases such as paralysis, sciatic pain, deafness, and rheumatic afflictions ..”



Portrait of Laura Bassi (Archivio di Stato di Milano)

Veratti and his wife founded a school in of Experimental Physics in own home that was highly successful as it filled a gap in the studies available in the city. The University offered only theoretical teachings, whereas the experimental courses of the Institute were too abridged and produced few results. The main prerequisite of a school of this nature was the availability of a physics laboratory equipped with all the instruments, machines, and materials essential to meet all the needs of the discipline. Thus, at their home the couple had an impressive set of tools (among them an electric machine) that they used for their research and also for the medical therapy proposed by Dr. Veratti. The couple's research activity took place in their home laboratory, in the Physics department at the Institute of Sciences, and during the

meetings held at the Academy of Sciences. At the time of the aforementioned letter, the availability of an electrical machine at the Verattis' house made it the only private place in Bologna where it was possible to perform electrostatic experiments. Judging from what is known about the equipment available at the house, the machine is likely to have been an improved version of the Hauksbee model invented at the beginning of the century. A description of the machine can be found in the travel diary of Jean Antoine Nollet, who visited the Bassi-Veratti laboratory in 1749. "La Mach.[ine] Electrique de Mr. Verati a une Roüe de 3 pieds et demi de diametre, deux poupées assez solide set des cylindres dont les uns sont de cristal de Venise, les autres de verre blanc fait a Boulogne, ont environ 21 pouces de diam., et 8 a 10 pouces de longueur". A number of details in Nollet's description suggest that some of the parts of Veratti's machine were made in Venice, where this model of electrical generator was well known. The physics laboratory in the Veratti house, in which there was a considerable quantity of electrical instruments, was in the mid-1750s an essential point of reference for some young physicians and physicists, including Lazzaro Spallanzani, Leopoldo Caldani and Felice Fontana.



Hauksbee's amber rotor

HISTORY OF ELECTROSTATIC GENERATORS

The first generators of electricity were based on electrostatic principles. Due to their principle of operation, electrostatic generators produce high voltage, but low currents. The output is always a unipolar static voltage. Depending from the used materials, it may be positive or negative. The ancient Greeks noticed that amber attracted small objects when rubbed with fur. Apart from lightning, this phenomenon is humanity's earliest recorded experience with electricity. In his 1600 treatise *De Magnete*, the English scientist William Gilbert (1544-1603) coined the New Latin term *electricus*, to refer to this property of attracting small objects after being rubbed. Both *electric* and *electricity* are derived from the Latin *ēlectrum*, which came from the Greek word ἤλεκτρον (*ēlektron*) for amber. Otto von Guericke (1602-1686) who became famous for his Magdeburg vacuum experiments invented a first simple electrostatic generator. It was made of a sulphur ball which rotated in a wooden cradle. The ball itself was rubbed by hand. As the principles of electric conduction had not been discovered yet, von Guericke transported the charged sulphur ball to the place where the electric experiment should happen.

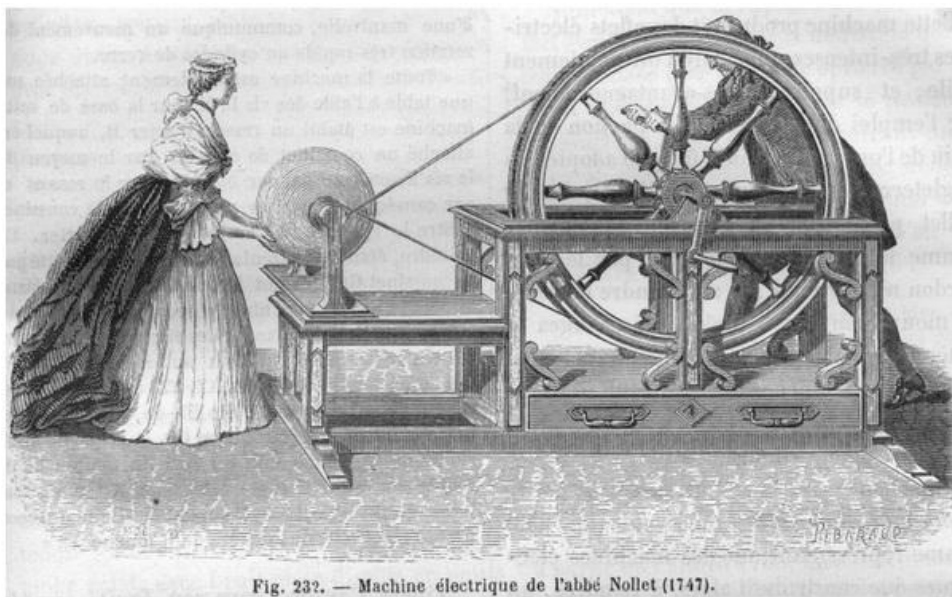
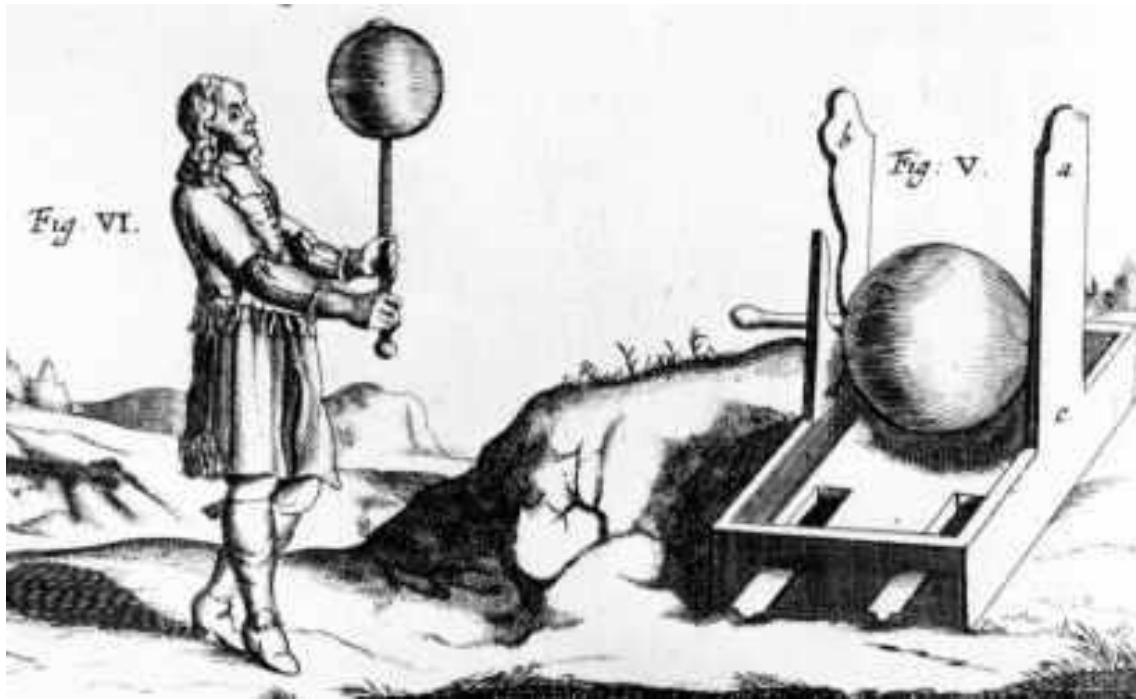
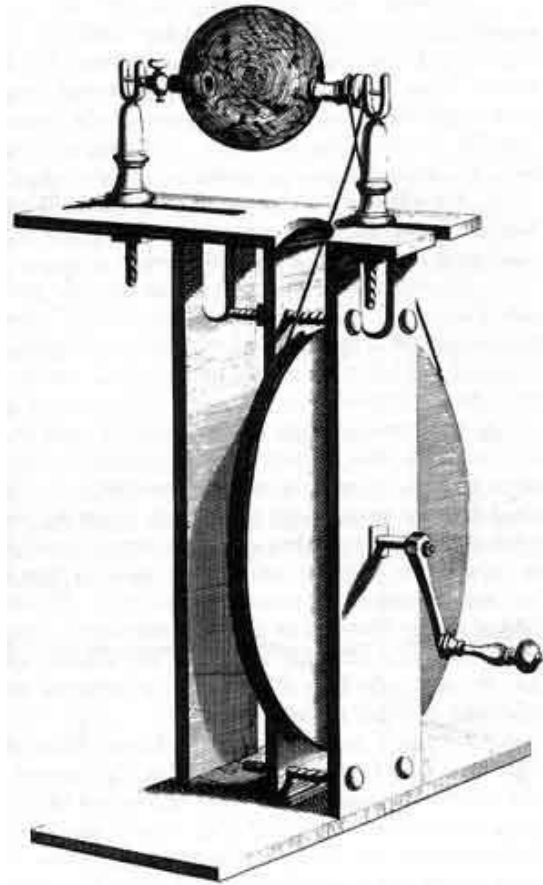


Fig. 232. — Machine électrique de l'abbé Nollet (1747).



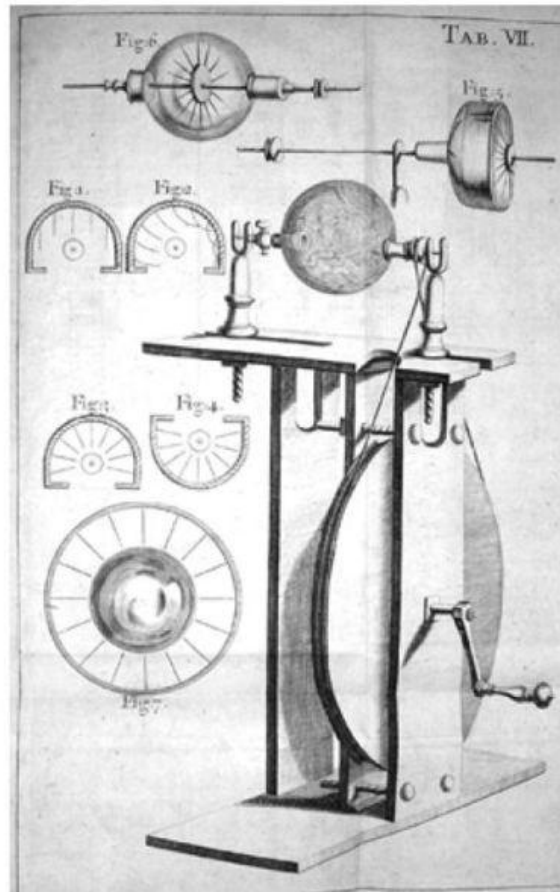
von Guericke's first electrostatic generator

Guericke made the ball by pouring molten sulphur into a hollow glass sphere. After the sulphur was cold, the glass hull was smashed and removed. Some day, a researcher found out that the empty glass sphere itself provided the same results. *Physico-Mechanical Experiments on Various Subjects. Containing an Account of Several Surprizing Phenomena Touching Light and Electricity* is published in 1709 by Francis Hauksbee and becomes an important early work in the areas of electricity and electroluminescence. Francis Hauksbee of London invented an electrostatic generator composed of a glass sphere turned by a crank that produces an electric charge through friction, which a metal chain is then utilized to capture, a significant improvement over the more primitive version produced by Otto von Guericke several decades earlier. Hauksbee, designed also a rotor to rub a small disk of amber in a vacuum chamber. When the chamber contained some mercury vapour, it lit up! This was the first mercury gas discharge lamp!



Francis Hauksbee's Electrical Fluid Generator

French chemist Charles-François de Cisternay du Fay speculates that there are two different types of electricity, which he refers to as resinous (-) and vitreous (+), notes the repulsion of like charges and the attraction of unlike charges, and determines that string is more conductive when wet. A decade later Benjamin Franklin proposed that electricity was not from different types of electrical fluid, but the same electrical fluid under different pressures. He gave them the modern charge nomenclature of positive and negative respectively. Franklin thought that the charge carrier was positive.



Hauksbee's setup to demonstrate light effects caused by static electricity.

Machines like these were not only made for scientific research, but a preferred toy for amusement. In the 18th century, everybody wanted to experience the electric shock. Experiments like the "electric kiss" were a salon pastime. Although the French Abbé Nollet demonstrated in 1745 that little animals like birds and fish were killed instantaneously by the discharge of a Leyden jar, nobody was aware of the latent dangers of this type of experiments.



The electric kiss provided a very special thrill

Soon after the effects of electrostatic discharge were found, researchers started to cure diseases with electric shocks.



Toothache therapy around 1750

**THE TREATISE OF VERATTI: OSSERVAZIONI FISICO-MEDICHE INTORNO
ALLA ELETTRICITÀ**

The experiments of Veratti of the therapeutic efficacy of electricity were presented at the Academy and made known to a wider public in a book published in Bologna in 1748 “Osservazioni fisico-mediche intorno alla elettricità”, which was subsequently translated into French and printed in Geneva in 1750. The scientist from page 14 to 21 of his treatise describes the case of a woman about 70 years suffering from severe hearing loss and tinnitus treated with electricity transmitted through glass. Each application was lasting about 5-10 minutes, with sparks and lightning caused pain, burns and redness of the outer ear. The patient improved hearing after 3 applications and also tinnitus disappeared.

14

OSSERVAZIONE III.

*Una gravezza d'udito tolta per mezzo
della Elettricità.*

OSSERVAZIONI
FISICO - MEDICHE
INTORNO ALLA
ELETTRICITA'

DEDICATE

ALL' ILLUSTRISSIMO, ED ECCELSO

S E N A T O
DI BOLOGNA

DA GIO: GIUSEPPE VERATTI

Pubblico Professore nella Università,

E nell' Accademia delle Scienze dell' Istituto
Accademico Benedettino.



IN BOLOGNA

Nella Stamperia di Lelio dalla Volpe. 1748.
Con licenza de' Superiori.

OSSERVAZIONE III.

Una gravezza d'udito tolta per mezzo della Elettricità.

§. VIII. **L**I ventotto Dicembre del mille, e settecento quarantasette una Donna vicina ai settant'anni chiedeva ciò, che avesse potuto fare per una gravezza d'udito, che all'orecchio destro avea da più d'un anno. Quando terminarono i suoi corsi, e nell'età sua si andava avanzando, cominciò a patire delle flussioni alla testa, al collo, e talvolta agli articoli delle braccia, e delle gambe, che sovente le cagionavano alle dette parti dei dolori assai ostinati. Aveva di più un rumore nell'orecchio, simile a quello dell'acqua quando corre, ne potevasi corricare in letto, e stare sopra l'orecchia sana senza tosto ri-
fen-

sentire un dolore acuto nell' inferna, ond' era necessitata a volgersi su l' altro fianco per prender sonno, cosa tanto più a lei molesta, quanto che dal principio, ch' ella divenne sordaftra, le era sempre continuata.

§. VIII. Io stimai, che l' indebolimento dell' udito potesse esser nato dalla medesima cagione, che prodotto aveva i mentovati incomodi fluffionarj di tanta lunghezza, e molestia; per la qual cosa io giudicai, che ristagnasse o nelle membrane, o in altra parte spettante all' organo dell' udito una linfa difficile al moto per la sua lentezza, e viscidità. E siccome si erano veduti dei buoni effetti della elettricità ne' due casi antecedenti, ne' quali il ristagno d' un sottilissimo, e pungentissimo umore avea cagionato così lunghi incomodi, mi parve ragionevole il far anche in questo qualche

che tentativo . Mi servj adunque di un semplice vetro elettrizzando l' orecchio per cinque minuti . Le fiammelle , per quanto potemmo , le cavammo dal meato uditorio , dall' orecchia tutta , e dalle parti vicine alla tempia . Veramente gagliardo fu il dolore , che venne eccitato nell' orecchio , che si fe' da per tutto rosso , (1) provando in esso l' inferma un senso di calore considerabile . Indi a poco feci la prova , se la Donna avesse guadagnato , facendole chiudere esattamente l' orecchio sano con un dito , indi parlandole io
fot-

(1) Ciò accade parecchie volte negli orecchi , e nelle altre parti ancora del corpo , specialmente quando la forza della Elettricità è gagliarda . Il rossore della parte , onde sono uscite moltissime fiammelle , è formato per lo più da un numero di punti rossi rilevati a guisa di lente , ciò , che da altri è stato pure osservato : ma nelle persone delicate sovente si forma una macchia tutta rossa , come se la parte fosse presa da un principio di risipola .

sotto voce, e stando in qualche distanza; ed ella infatti udì tutte le mie parole, quando per l'addietro non ne udiva, che poche, e confusamente d'un intero discorso, che a voce alta se le facesse. La notte dipoi entrata in letto non provò all'orecchio il solito dolore, che per lo spazio d'un anno intero l'aveva molestata, quando corricandosi nel lato sinistro posava il capo sopra l'orecchio.

§. X. Per allora io lasciai passare due giorni prima di applicarvi un'altra volta la elettricità. Procurai poi nel terzo giorno, ed ottenni una assai gagliarda elettricità, perciocchè aveva ne' giorni antecedenti sperimentato, che tenendo in una piccola cassetta di ferro un pò di foco sotto il vetro, l'elettricità diveniva subito molto più viva, e brillante (2). Per

B

ve-

(2) Per via di questo mezzo si hanno quasi

verità, che elettrizzandola per tal modo, la Donna provò molto maggiore il dolore delle punture, cagionate

sempre in poche seconde le scintille; e la forza diviene tanto efficace, come se fossero stati impiegati molti minuti a girare il vetro: anzi è osservazione costante, che vengano allora eccitate e dalla spranga di ferro, e dalle parti del corpo umano con una straordinaria frequenza, e vivacità, e riescono ancora più delle ordinarie moleste, e sensibili. I vetri poi, che non sono stati per anco usati, o siano semplici, o intonacati, divengono tosto elettrici, quando prima bisognava impiegare alcun poco di tempo per renderli tali. In oltre, tenendo per tal modo riscaldati i vetri, si mantiene sempre la forza nel medesimo grado di vivacità, ne è soggetta a risentire quelle mutazioni d'aria, che d'ordinario sogliono indebolirla. Infatti dopo questa pratica io l'ho ritrovata poco diversa in qualunque circostanza di tempo, o fosse umido, o spirassero gagliardi venti di scilocco, o regnasse qualsisia altra costituzione d'aria poco favorevole alla Elettricità. Per qual ragione direm noi, che il foco rinvigorisca l'Elettricità, come le esperienze ci hanno dimostrato? E' egli forse, perchè accresca alcun poco la elasticità del vetro, e per conseguenza la oscillazione delle parti di esso, onde si determini poi il fluido elettrico a scorrere in maggior copia? o pure serve egli solo a tenere lontana ogni umi-

nate dalle fiammelle elettriche, e l'orecchio si fece tutto rosso, come se gli fosse stato applicato un rubificante; ma intanto questa seconda elettrizzazione fece, che udisse anche meglio di prima, mentre potè la notte seguente udire con facilità quei, che parlavano nella camera posta in vicinanza di quella, in cui dormiva, ciò che non le era accaduto mai per lo passato, durante l'incomodo. La mattina svegliata sentiva ancora il calore, che se le era eccitato la sera avanti, quando la elettrizzai, il quale le durò poi per qualche tratto di tempo. Uscita di casa alcune persone solite a trattarla s'av-

B 2

vid-

dità dal vetro, e dalla mano, tanto nociva alla Elettricità? o più tosto tramanda egli qualche parte, che aggiungendosi alla materia elettrica, ne aumenti il valore? Se si tiene la fiamma d'una candela accesa sotto all'effluvio elettrico, quando scorre lungo la catena, faranno le scintille, che si cavano dalla parte inferiore della medesima, molto più vive, e penetranti.

videro, che udiva meglio, quantunque ignorassero ciò, che aveva i giorni addietro praticato.

§. XI. Il giorno appresso fu elettrizzata per la terza volta dieci minuti in circa, essendo la Elettricità al pari delle altre vivissima, che cagionò il consueto rossore, e calore all' orecchio. Dopo parve all' inferma, che fosse tolto ogni impedimento all' udito, ma io lasciai passare altri quattro giorni prima di parlarle nuovamente sotto voce, anche in distanza maggiore di quella, in cui le avea parlato altra volta, ed a voce più bassa: ella però udiva perfettamente, anzi m'assicurò, che dopo la prima elettrizzazione non aveva più risentito ne il rumore come d'acqua, che sopra dicemmo, ne il dolore, che da prima nell' orecchio, stando in letto, soffriva. Dopo parecchi mesi, inter-

roga-

rogatala di nuovo , trovai , che se le manteneva perfettamente l' udito . (3)

B 3

Os-

(3) Tolto fu parimente dall' orecchio sinistro un rumore come di acqua in una donna avanzata in età, la quale vi era da molto tempo soggetta, estraendosi per una sola volta le scintille pel tratto di cinque minuti. Ho fatta dipoi la prova in persone affatto Sorde o da un' orecchio solo, o da ambedue, e che tali erano chi da otto, e chi da dieci, e più anni, ma inutili riuscirono i tentativi, quantunque si elettrizzassero le dette persone per molte volte cavando le scintille quando per dieci, e quando per quindici minuti, e sembrasse più tosto la sordità cagionata da umore stagnante, che da vizio alle parti solide.

ALESSANDRO VOLTA.

The count Alessandro Volta, Professor of experimental physics at the University of Pavia, described the greatest of his inventions, the voltaic "pile", in a communication of 20 March, 1800, to Sir Joseph Banks, President of the Royal Society of London. Consisting as it did of a number of discs of zinc and copper separated by pieces of wet cloth and arranged in a vertical column, it was appropriately called a "pile"; a more efficient arrangement was, however soon found by Volta in the "crown of cups". The voltaic battery of 1800 marks an epoch in physical theory as well as in the application of science to the welfare of mankind. The scientist in the same lecture presented the first experiment on electrical stimulation of the auditory system electrically, by connecting a battery of 30 or 40 'couples' (approximately 50V) to two metal rods that were inserted into his ears. When the circuits were completed, he received the sensation of 'une secousse dans la tate' ("a shock within the head"), followed by a sound similar to that of boiling of thick soup. His results were read on June 26, 1800, before the Royal Society meeting in London. The report is recorded in the *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* for the year 1800, part I. Honours were awarded to Volta by many academies and learned societies of Europe. Napoleon invited him to Paris in 1801 and made him an associate member of the Institut de France and later a senator of the Kingdom of Italy. In 1815 the Emperor of Austria appointed him director of the philosophical faculty of the University of Padua, a dignity which he resigned four years later in order to retire into private life.



PHILOSOPHICAL
TRANSACTIONS,
OF THE
ROYAL SOCIETY
OF
LONDON.

FOR THE YEAR MDCCC.

PART I.

LONDON,

PRINTED BY W. BULMER AND CO. CLEVELAND-ROW, ST. JAMES'S;

AND SOLD BY PETER ELMSLY,
PRINTER TO THE ROYAL SOCIETY.

MDCCC.

681-1026

Cover

page of *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* for the year 1800

XVII. *On the Electricity excited by the mere Contact of conducting Substances of different kinds. In a Letter from Mr. Alexander Volta, F. R. S. Professor of Natural Philosophy in the University of Pavia, to the Rt. Hon. Sir Joseph Banks, Bart. K. B. P. R. S.*

Read June 26, 1800.

A Côme en Milanois, ce 20me Mars, 1800.

APRES un long silence, dont je ne chercherai pas à m'excuser, j'ai le plaisir de vous communiquer, Monsieur, et par votre moyen à la Société Royale, quelques resultats frappants auxquels je suis arrivé, en poursuivant mes expériences sur l'électricité excitée par le simple contact mutuel des métaux de différente espèce, et même par celui des autres conducteurs, aussi différents entr'eux, soit liquides, soit contenant quelque humeur, à laquelle ils doivent proprement leur pouvoir conducteur. Le principal de ces resultats, et qui comprend à-peu-près tous les autres, est la construction d'un appareil qui ressemble pour les effets, c'est-à-dire, pour les commotions qu'il est capable de faire éprouver dans les bras, &c. aux bouteilles de Leyde, et mieux encore aux batteries électriques foiblement chargées, qui agiroient cependant sans cesse, ou dont la charge, après chaque explosion, se rétablirait d'elle-même ; qui jouiroit, en un mot, d'une charge indéfectible, d'une action sur le fluide électrique, ou impulsion, perpétuelle ; mais qui d'ailleurs en diffère essentiellement, et

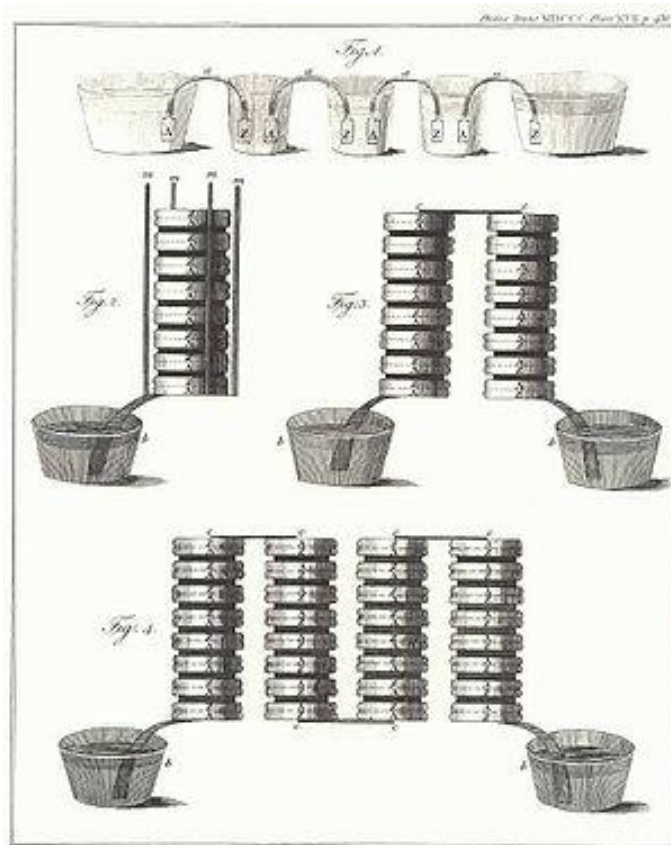
assez fort et en bon train, une sensation de lumière dans les yeux, une convulsion dans les levres, et même dans la langue, une piqûre douloureuse sur son bout, suivie enfin de la sensation de saveur.

Je n'ai plus qu'à dire un mot sur l'ouïe. Ce sens, que j'avois inutilement cherché à exciter avec deux seules lames métalliques, quoique les plus actives entre tous les *moteurs* d'électricité, savoir, une d'argent, ou d'or, et l'autre de zinc, je suis enfin parvenu à l'affecter avec mon nouvel appareil, composé de 30 ou 40 couples de ces métaux. J'ai introduit, bien avant dans les deux oreilles, deux espèces de sondes ou verges métalliques, avec les bouts arrondis; et je les ai fait communiquer immédiatement aux deux extrémités de l'appareil. Au moment que le cercle a été ainsi complété, j'ai reçu une secousse dans la tête; et, quelques moments après, (les communications continuant sans aucune interruption,) j'ai commencé à sentir un son, ou plutôt un bruit, dans les oreilles, que je ne saurois bien définir; c'étoit une espèce de craquement à secousse, ou petillement, comme si quelque pâte ou matière tenace bouillonnait. Ce bruit continua sans relâche, et sans augmentation, tout le tems que le cercle fut complet, &c. La sensation désagréable, et que je craignis dangereuse, de la secousse dans le cerveau, a fait que je n'ai pas répété plusieurs fois cette expérience.

Reste le sens de l'odorat, que j'ai tenté jusqu'ici inutilement, avec mon appareil. Le fluide électrique, qui, mis en courant dans un cercle complet de conducteurs, produit dans les membres et parties des corps vivants qui se trouvent comprises dans ce cercle, des effets correspondants à leur excitabilité; qui, stimulant particulièrement les organes ou nerfs du tact, du goût, de la vue, et de l'ouïe, y excite quelques sensations propres à

Translation from French:

“I can only say one word about the hearing. This sense, I had vainly sought to excite with only two metal strips, although the most active among all engines electricity, namely, silver, or gold, zinc and the other, I am finally managed to affect my new device, consisting of 30 or 40 pairs of these metals. I brought in well before the two ears, two kinds of probes or metal rods, with rounded ends, and I had them immediately connect the two ends of the device. At the time the circle has been completed, I received a jolt in the head and a few moments later (the communications continued without interruption,) I began to feel a sound, or rather a noise, ears, that I cannot define;. it was a sort of shock to crack, or sparkle, as if some dough or material bouillonnoit (soup ndr) tenacious. This noise continued unabated, and no increase, all the time that the circle was complete, & c. The unpleasant sensation, and I feared that dangerous shock in the brain, that I have not repeated this experiment several times.”



The Volta's battery

CARL J. GRAPENGIESSER

In 1801, Carl Grapengiesser published in Berlin the book: “Versuche den Galvanismus zur Heilung einiger Krankheiten anzuwenden” (Attempts to apply the galvanism to cure some diseases). In a chapter of the book: “Versuche den Galvanismus zur Heilung einiger Krankheiten anzuwenden” (Application of galvanism on diseases of the ear) he described a complex apparatus for electrical stimulation of the ears. The stimulation was achieved by currents applied simultaneously to both ears with a device invented by the scientist. In some cases the stimulation was performed simultaneously from the external ear and through the Eustachian tube. In this treatise Two figures in the book showed in detail the equipment used.

10289885

VER S U C H E
D E N
G A L V A N I S M U S
Z U R
H E I L U N G
E I N I G E R K R A N K H E I T E N
A N Z U W E N D E N

R
ANGESTELLT UND BESCHRIEBEN

V O N

C. J. C. GRAPENGIESSER,
DER ARZNEIKUNDE UND WUNDARZNEIKUNST DOCTOR.

BERLIN, 1801.
IN DER MÜLLER'SCHEN BUCHHANDLUNG.

VERSUCHE
DEN
GALVANISMUS
ZUR
HEILUNG
EINIGER KRANKHEITEN

ANZUWENDEN

ANGESTELLT UND BESCHRIEBEN

VON

C. J. C. GRAPENGIESSER,

DER ARZNEIKUNDE UND WUNDARZNEIKUNST DOCTOR.

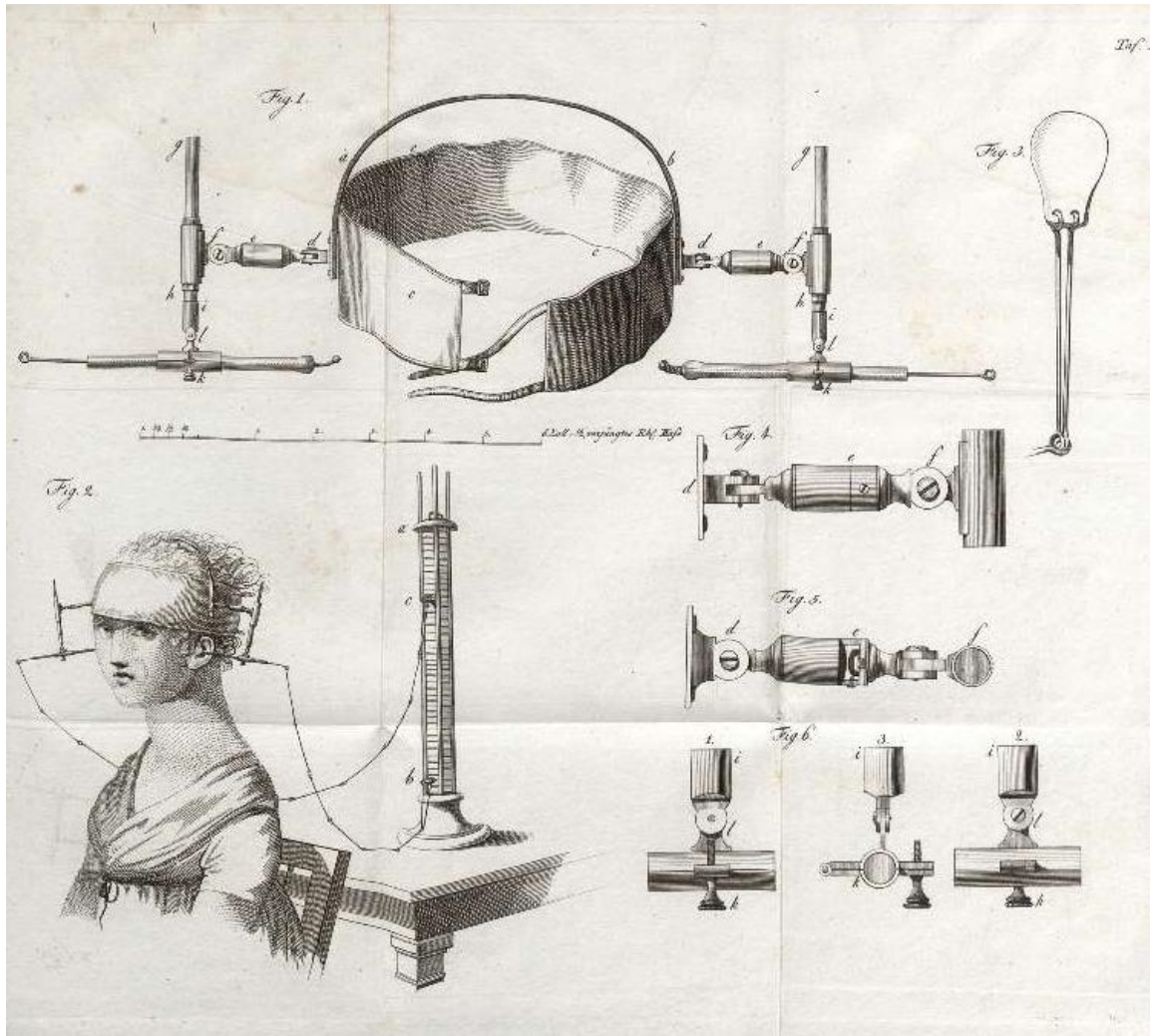
MIT ZWEI KUPFERTAFELN.

BERLIN, 1801.

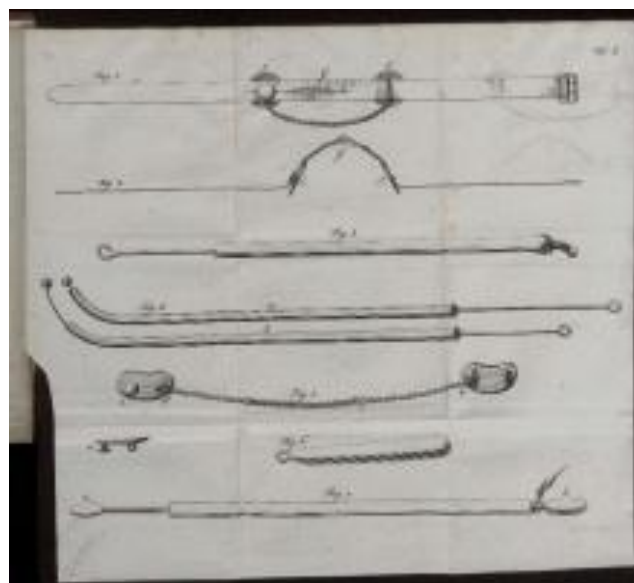
IN DER MYLIUSSISCHEN BUCHHANDLUNG.

Cover page of "Versuche den Galvanismus zur Heilung einiger Krankheiten anzuwenden"

(Attempts to apply the galvanism to cure some diseases)



The illustration of Grapengiesser's external ear bilateral stimulator



The illustration of Grapengiesser's Eustachian tube stimulator

ad 3. *Anwendungsart des Galvanismus
auf Krankheiten des Gehörorgans.*

Ich habe bis jetzt *fünf* Methoden durch den Galvanismus auf das Gehörorgan zu wirken.

a) Die erste und hauptsächlichste ist die, *welche auf beide Ohren zugleich wirkt.* Zu dem Ende befestige ich an den beiden ausleitenden Platten *Tab. II. Fig. 2. b* und *c* die beiden Direktoren *Tab. I. Fig. 3.* welche ich nach vielen Versuchen für die nützlichsten, bequemsten und unschädlichsten erkenne. —

Sie bestehen aus einem silbernen Drathe, der sich an seinem vordern Ende etwas nach der Form des Gehörganges krümmt und in eine kleine Kugel, ohngefähr wie eine dicke

Sondenspitze endigt, welche mit Leinewand umwickelt ist. Dieser Drath ist von einer gläsernen Röhre umgeben, welche sich am vordern Ende auch in eine Kugel endigt, die so groß ist, daß das Instrument, bei einer etwa unvorsichtigen Bewegung des Patienten, nicht tiefer in das Ohr eindringen kann. Übrigens muß das ganze Instrument der jedesmaligen Größe und Weite des Gehörganges und des äußern Ohrs angemessen sein, und die umwickelte Spitze den Gehörgang, ohne zu drücken, genau ausfüllen. *qq)* Würde man die

qq) Es gibt Personen deren Gehörgang so weit ist, daß ich die kleine silberne Käuie *Tab. I. Fig. 6.*, mit Leinewand umwickelt als Leiter in den Gehörgang anwenden mußte, weil keiner von den beschriebenen Direktoren, die ich in Menge besaß, dick genug

Spitze unumwickelt, ohne Scheide von Glas in den Gehörgang stecken, so würde letzterer, so wie das äussere Ohr, bald wund werden, und die fernere Anwendung des Mittels, wenigstens auf einige Zeit, unmöglich machen. Bei meinen ersten Versuchen geschah mir dies beständig, und unterbrach die Fortsetzung derselben. Es war unmöglich, daß der Kranke den Schmerz ertragen konnte, den der unumwickelte Leiter in dem verwundeten Gehörgange hervorbrachte. Einige Patienten wurden ohnmächtig davon. r r)

war, um die innere Oberfläche desselben hinreichend zu berühren, wodurch das Überströmen des galvanischen *Fluidums* doch nur allein möglich wird.

r r) Ich begreiffe daher nicht, wie Hr. Dr. *Augustin* mit den beiden Direktoren, wel-

Die umwickelten Spitzen der Direktoren werden befeuchtet in die gleichfalls angefeuchteten äussern Gehörgänge gebracht. Der galvanische Strom theilt sich vermöge der grossen Leichtigkeit, womit er die Nerven durchläuft, durch die Nerven des Gehörganges, den Gehörnerven selber mit. Der Beweis davon ist das heftige Sausen und Brausen, welches, von dem Moment der Berührung an, bei einigen Patienten entsteht. Auch von hieraus wird der Sehnerve affizirt; es erscheinen lebhafte Blitze vor den Augen. Einige Kranke befällt, bei der ersten Anwendung, ein leichter Schwindel, der aber nicht lange anhält.

che er abbildet, hat Versuche machen können.

Hierbei kömmt es vorzüglich darauf an, den Grad der Reitzung dem Grade der Erregbarkeit des Patienten und dem Grade des Übels anzupassen und eben so die Dauer der Anwendung zu bestimmen. Dies beruht lediglich auf der Beurtheilung des Arztes. Der Charakter der Ursache, die das Übel begleitenden Symptome, die nähere Kenntnifs des Kranken, das eigene Gefühl desselben, und der Erfolg des Versuchs müssen uns hier leiten. —

Ich lasse bei einigen die Einwirkung 5, bei andern 10, bei andern 15 Minuten, ja zuweilen eine halbe Stunde lang dauern. Bei einigen geschieht dies täglich einmahl, bei andern zweimahl. Damit der galvanische Strom nicht ins Stocken gerathe und dann auf einmahl zu stark und

zu heftig wirke, oder gar Schläge gebe, so thut man am besten, wenn man ihn durch anhaltende Bewegung der Ketten, (welche auch am besten von feinem Silberdrathe gemacht sind, wegen des Hindernisses, das durch die leichte Verkalkung der messingenen entsteht) immer im Gang zu erhalten sucht.

Wir wissen, daß derjenige *Conductor*, welcher mit der Zinkseite der Säule in Verbindung steht, eine bei weitem stärkere Wirkung macht, als der von der Kupferseite; so, daß sich die Stärke des ersteren zu der des letzteren gewöhnlich wie zwei zu eins, ja sogar in einigen Subjekten, wie vier zu eins zu verhalten scheint. — Dies gewährt bei der Anwendung in Gehörkrankheiten einen grossen Vortheil. Denn, wenn beide Ohren gleich taub sind, so wech-

selt man mit den *Conductoren* in den Ohren, und leidet eins mehr als das andere, so läßt man beständig den *Conductor* der Zinkseite für das taubere Ohr, und den *Conductor* der Silberseite für das weniger taube bestimmt sein.

Um die beiden *Directoren Tab. I. Fig. 3.* nicht beständig selbst in den Gehörgängen halten zu müssen, oder durch einen Gehülfen halten zu lassen, werden sie, mehrerer Bequemlichkeit wegen, durch eine Maschine, wie *Tab. II. Fig. 1.* zeigt, getragen, und in der ihnen mitgetheilten Richtung festgehalten. Diese Maschine besteht aus einem Bogen von Fischbein *a. b.* und zwei nach allen Richtungen beweglichen Armen, *d. f. k.*, welche durch eine

lederne Binde *c. c. c.* um den Kopf geschnallt werden. Von dieser ganzen Anwendungsart giebt *Fig. 2.* auf der zweiten Tafel eine Ansicht.^{ss)}

*b) Anwendungsart des Galvanismus auf
Ein Ohr.*

Diese ist dreifach: indem ich

- a)* den *Director Tab. I. Fig. 3.* in den einen Gehörgang selbst bringe, und der Kranke dann mit dem Arm derselben Seite, mittelst eines silbernen Löffels, den er in der befeuchteten Hand hält, an das andere Ende der Säule schließt. Hierdurch formirt man die Kette: *Zinkpol, Ohr, Hals, Arm, Silberpol,* oder umge-

^{ss)} Die Maschine selbst ist in der Erklärung der Kupfertafeln genauer beschrieben.

kehrt, je nachdem man den ersten oder letzten mit dem Ohr unmittelbar in Verbindung setzt. Dies ist diejenige Methode, welche am allerwenigsten auf das Gehörorgan selbst wirkt, daher am wenigsten entscheidet.

β) Ich bringe den eben angezeigten Gehörgangsleiter *Tab. I. Fig. 3.* welcher natürlich immer durch eine Kette mit dem Ende der Säule in Verbindung steht, in den befeuchteten Gehörgang, und berühre mit einem silbernen Spatel oder Löffelstiel, der mit dem andern Ende der Säule in Verbindung steht, den *processus mastoideus*, nachdem die Haut desselben vorher befeuchtet ist. Oft lege ich auch den Spatel, mehr nach hinten am Hinterhaupte an. Durch diese Methode wird der galvanische

Strom schon mehr durch einen Theil des Gehörorgans selbst, nemlich durch das Labyrinth geleitet; indessen ist doch die hauptsächlichste Reizung im Gehörgange; denn selten bemerkt der Patient dabei Ohrensausen.

- γ) Die kräftigste und ohne Zweifel die beste aller Anwendungsarten ist die, wenn der Gehörgangsleiter *Tab. I. Fig. 3.* in den Gehörgang und der andere *Tab. I. Fig. 4.* durch den Mund hinter den Gaumenvorhang *in die Eustachische Trompete* oder doch in deren Gegend gebracht wird. Der Patient hat hiebei gewöhnlich die Empfindung, als wenn eine Reihe kleiner Kugeln schnell und kurz hinter einander durch das Ohr liefe. Durch keine der andern Methoden wird das galvanische *Fluidum* so un-

mittelbar und ausschliesslich durch das Gehörorgan und die Gehörnerven selbst geleitet, als durch diese; nur dafs sie für den Patienten und Operateur sehr beschwerlich und unangenehm wird; weil ersterer gewöhnlich zum Brechen gereizt und letzterer dadurch gezwungen wird, das *Instrument* zurückzuziehen.

Der Leiter, dessen ich mich jetzt hiezu bediene, besteht aus einem 6 Zoll langen, weich geglüheten, feinen Silberdrathe, der sich in eine Kugel von der Grösse einer kleinen Erbse endigt. Dieser ist von einer Glasröhre umgeben, welche den Knopf frei läfst, und sich an ihrem vordern Ende krümmt, um damit hinter den Gaumenvorhang gelangen zu können. Sie ist am nützlichsten und bequemsten eingerichtet, wenn sie

sich an ihrem vordern Ende, zunächst unterhalb der silbernen Kugel, auch in einen dickern Knopfe, ohngefähr wie der Leiter *Tab. I. Fig. 3.*, endigt, weil dadurch weniger Reitzung im Schlunde erregt wird, und der Kranke weniger Neigung zum Erbrechen spürt. — Dies habe ich erst später gefunden, nachdem die Kupferplatten schon gestochen und abgedruckt waren, und daher differirt diese Beschreibung von der Zeichnung. Die Uhrfeder wird auch dadurch unnöthig, und war nur deswegen da, weil man mit dem harten Messingdrathe nicht durch die dünne Glasröhre gelangen konnte, ohne Gefahr zu laufen, dieselbe zu zerbrechen. Sie ist sehr unbequem, weil sie wegen der beständigen Nässe

sehr leicht rostet und dadurch unbrauchbar wird.

Diese drei letzten Methoden werden natürlich in allen den Fällen angewandt, wo nur *ein* Ohr taub ist. — Sie haben aber auch noch ausserdem den Vorzug, daß sie ausschliessender auf das Gehörorgan, und weniger auf den ganzen Kopf wirken, und daher weniger Eingenommenheit desselben, weniger Müdigkeit und Schläfrigkeit, weniger Neigung zum Schwindel u. s. w. hervorbringen. Man kann sie daher bei vollblütigen Personen, welche zu *Congestionen* nach dem Kopfe geneigt sind, auch in den Fällen anwenden, wo beide Ohren leiden; wegen der gröfsern Sicherheit, die daraus entsteht, daß man vermeidet den ganzen Kopf mit in die Kette zu bringen;

gen; die zuletzt beschriebene durch die Eustachischen Röhren, ist die wirksamste und beste.

Die fünfte Methode durch den Galvanismus auf das fehlerhafte Gehörorgan zu wirken, ist

c) *die Anwendung der einfachen galvanischen Kette auf Wunden von Blasenpflastern hinter den Ohren.*

Ich lege nemlich hinter jedes Ohr eine spanische Fliege, von der Figur der beiden Platten *a* und *b*. *Tab. I. Fig. 5.* aber etwas grösser als diese, ohngefähr, $1\frac{1}{2}$ Zoll lang, (denn die Zeichnung dieses Apparats ist in halber Grösse) und nachdem ich die Haut von der *Epidermis* entblößt habe, lege ich auf einer Seite eine Platte von Zink, auf der andern eine von Silber, und vereinige beide durch eine goldene und silberne Kette. Man kann auch

eine bloße silberne Kette zu diesem Endzwecke nehmen, aber eine kleine kurze goldene, wie die von *b* bis *c*, welche sich zwischen der Zinkplatte unmittelbar und der silbernen Kette, *d* *c*, die von der Silberplatte *a* herkömmt, befindet, scheint die Wirksamkeit des Apparats zu vermehren.

Alles zusammen wird durch eine leichte Bandage von schwarzem, anderthalb Zoll breiten Bande, die über den Kopf geht, und jeder sich leicht selbst erfinden kann, in seiner Lage erhalten. Die meinige ist eine Art von figurirtem *Capistrum*, welches aus einem horizontalen Streifen besteht, der über die Stirn läuft, und am Hinterhaupte zusammengeknüpft wird. An diesem setzen sich drei Schleifen fest, die nach oben

gehen, zwei bis drittehalb Zoll lang sind, und durch ein schmäleres Band, welches wieder durch sie hinläuft, mehr oder weniger zusammengezogen werden können, um sie jedem Kopfe anzupassen. In der Gegend hinter den Ohren setzen sich an das horizontale Band zwei herabsteigende Streifen an, die unter dem Kinn zusammengeknüpft werden — und an dem obersten Ende dieser, zunächst an dem horizontalen Bande befestigt man die Platten, — die silberne mit dem Knopfe, vermöge eines Knopflochs, die Zinkplatte, woran sehr schwer ein Knopf zu befestigen ist, durch ein Paar Nadelstiche, wozu in der kleinen, auf ihr befindlichen Brücke die Löcher bestimmt sind.

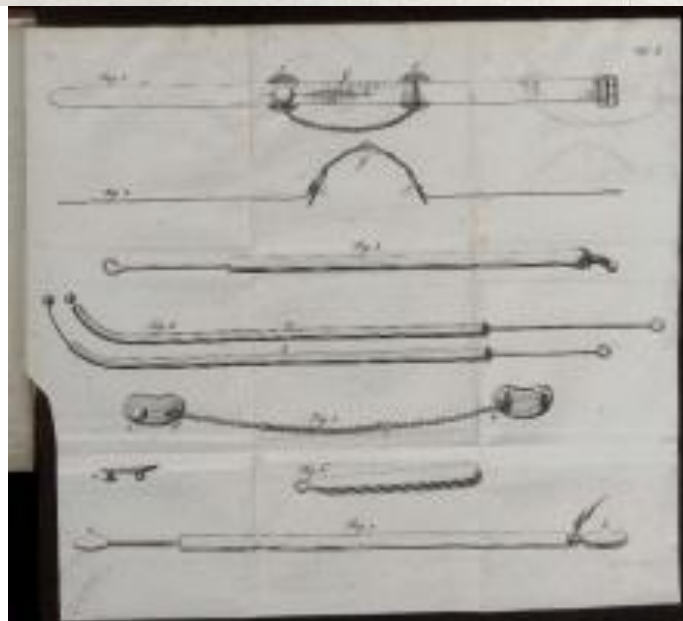
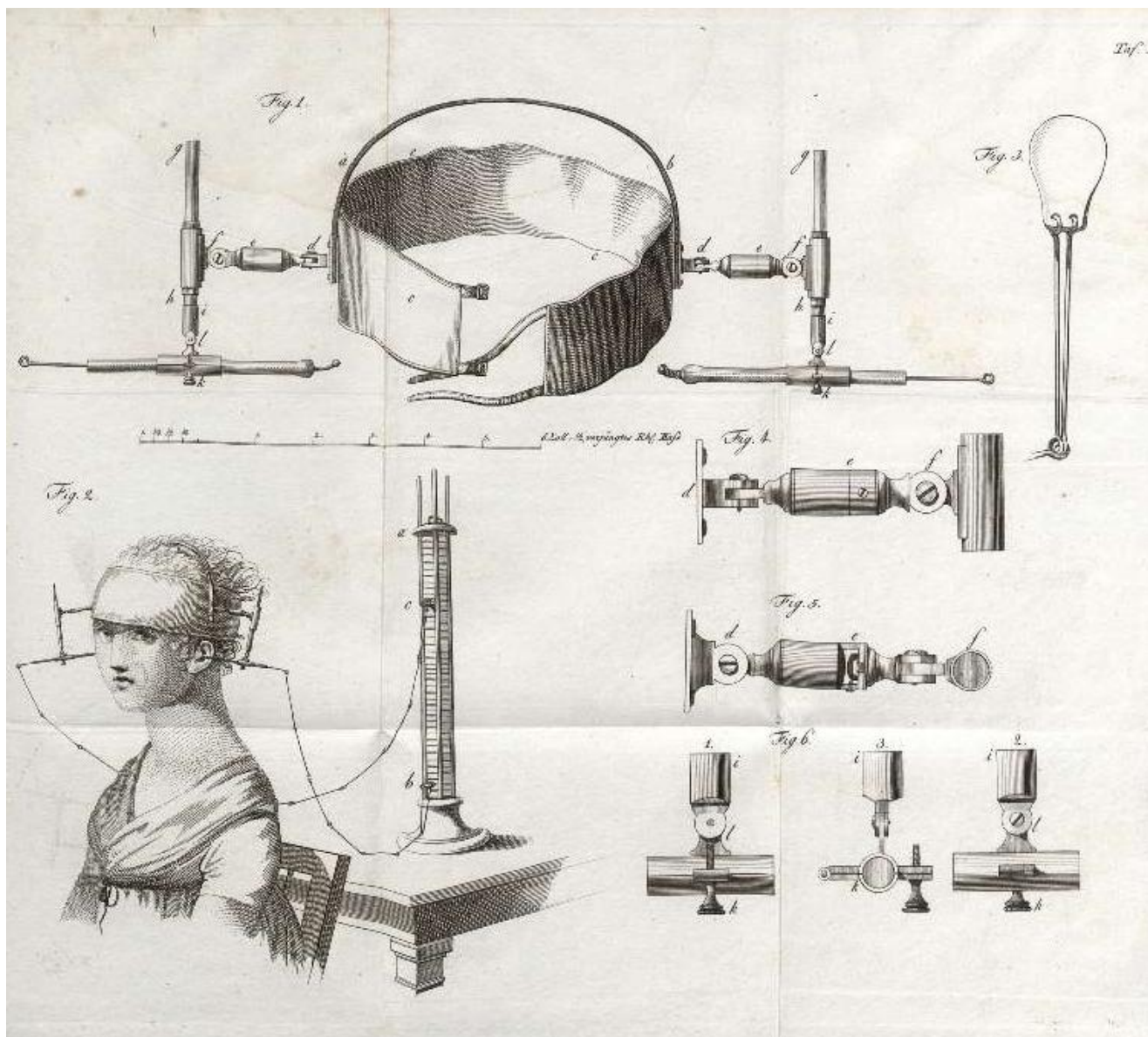
Auch durch diese Anwendungsart entsteht Blitzen vor den Augen und Sausen vor den Ohren, wiewohl in einem geringern Grade, dafür aber ein starkes Ausfließen von Lymphe aus den Wundflächen der spanischen Fliegen. Die Zinkplatte wirkt auch hier stärker als die Silberplatte. — Die Wunde ist auf dieser Seite mit einer Eschara bedeckt, die erst durch Digestivmittel entfernt werden muß, um den Versuch wiederholen zu können.

Am besten wirkt der Apparat, wenn nur eine der Platten, z. B. die Zinkplatte fest aufliegt, und die Silberplatte, mehr locker auf der Wunde befestigt ist, so daß sie der Patient andrücken und wieder etwas davon entfernen kann. — Bei jedesmaligem Andrücken erfolgt dann die

Blitzerscheinung und eine Reizung der Gehörnerven, die sich durch ein leichtes Sausen in den Ohren ankündigt.

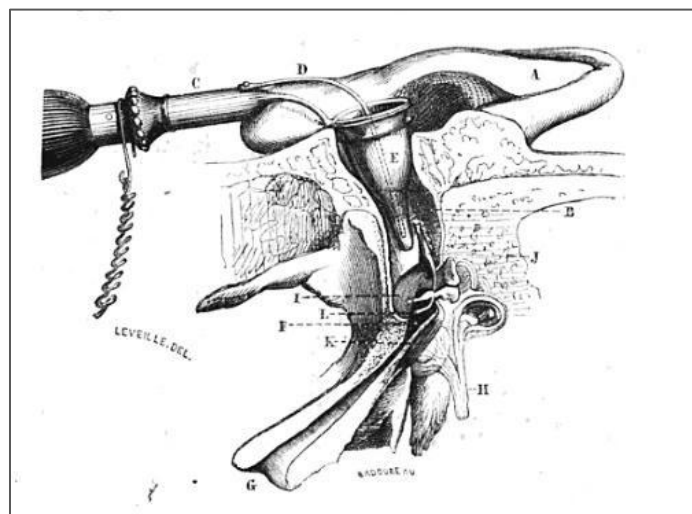
Die Dauer der Einwirkung dieser einfachen galvanischen Kette muß der Arzt auch nach dem Grade der Reizbarkeit des Subjekts, nach Maafgabe der übrigen Umstände, und nach der Wirkung die sie macht, bestimmen. Gewöhnlich lasse ich sie 8 bis 10, oft aber auch nur 3 bis 4 Stunden liegen. — Ist die Krankheit ihrer Natur nach durch den Galvanismus zu heben, so hört der Patient gleich, während der Einwirkung desselben besser. — Oft verschwindet dieses zwar wieder nach Abnahme des Apparats, indessen sieht man schon daraus, dafs eine öftere Wiederholung dieser An-

legung desselben eine Veränderung in der Krankheit bewirken kann. —



DUCHENNE DE BOULOGNE

Guillaume-Benjamin-Amand Duchenne (de Boulogne) (1806 -1875) was a French neurologist who greatly advanced the science of electrophysiology. The era of modern neurology progressed from Duchenne's understanding of the conductivity of neural pathways, his revelations of the effect of lesions on these structures and his diagnostic innovations including deep tissue biopsy, nerve conduction tests , and clinical photography. **Duchenne** developed a non-invasive technique of muscle stimulation that used faradic shock on the surface of the skin, which he called "*electrisation localisee*". He articulated these theories in his work, *On Localized Electrization and its Application to Pathology and Therapy*, first published during 1855. Duchenne stimulated the ear with an alternating current, which he produced by inserting a vibrator into a circuit containing a condenser and induction coil. The result, however, was still not satisfactory, as he experienced only a sound that resembled “the beating of a fly’s wings between a pane of glass and a curtain.”. In 1864 published a book: “Diagnostic et curabilité de la surdité et de la surdi-mutité nerveuse” regarding the use of electricity in the treatment of hearing loss.



Duchenne’s device for ear stimulation

DIAGNOSTIC ET CURABILITÉ

DE LA

SURDITÉ ET DE LA SURDI-MUTITÉ

NERVEUSES

PAR LA FARADISATION DES MUSCLES MOTEURS DES OSSELETS

ET DE LA CORDE DU TYMPAN

PAR LE DOCTEUR

G.-B. DUCHENNE (DE BOULOGNE)

Lauréat de l'Institut de France et de l'Académie de médecine (Prix Haré),

Lauréat du concours Napoléon III sur l'électricité appliquée,

Membre titulaire de la Société de médecine de Paris

Membre correspondant des Académies, Universités et Sociétés de médecine de Dresde,

Florence, Gand, Genève, Kief, Leipzig, Madrid, Moscou, Naples, Rome, Stockholm,

Vienna, Würzburg, etc.

Chevalier de la Légion d'honneur.

PARIS

J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE

Rue Hautefeuille, 19.

LONDRES,

Hippolyte Baillière, Regent Street.

NEW-YORK,

Baillière Brothers, 44, Broadway.

MADRID, C. BAILLY-BAILLIÈRE, PLAZA DEL PRINCIPÉ ALFONSO, 16.

1861

DE 615.84

DE

DUC

L'ÉLECTRISATION LOCALISÉE

ET DE SON APPLICATION

A LA PHYSIOLOGIE, A LA PATHOLOGIE
ET A LA THÉRAPEUTIQUE,

PAR LE DOCTEUR

D 85

DUCHENNE DE BOULOGNE,

Lauréat de l'Institut de France et de la Société de médecine de Gand,
Membre titulaire de la Société de médecine de Paris, correspondant des Académies
ou Sociétés de médecine de Bordeaux, Lyon, Strasbourg,
Dresde, Florence, Genève, Leipzig, Stockholm, Würzburg, etc., etc.

Accompagné de 100 Figures intercalées dans le texte.



A PARIS,

CHEZ J.-B. BAILLIÈRE,

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE,
RUE HAUTEFEUILLE, 49;

A LONDRES, CHEZ H. BAILLIÈRE, 219, REGENT-STREET;

A NEW-YORK, CHEZ H. BAILLIÈRE, 290, BROADWAY;

A MADRID, CHEZ BAILLY-BAILLIÈRE, CALLE DEL PRINCIPE, n° 44.

1855.

DIAGNOSTIC ET CURABILITÉ

DE LA

SURDITÉ ET DE LA SURDI-MUTITÉ

NERVEUSES.

Le titre seul de ce travail m'oblige à déclarer, avant d'entrer en matière, que je ne me sens aucun goût pour l'expérimentation purement thérapeutique (ce que tous mes amis savent parfaitement). C'est bien à regret que je me vois engagé dans la voie des recherches électro-thérapeutiques que je vais bientôt exposer.

Un mot d'explication sur ce point.— Un jour l'idée me vient de rechercher les propriétés de la corde du tympan, en allant l'exciter par le conduit auditif externe. Mon oreille et celles de quelques amis n'ayant pas suffi à mes expériences, j'emprunte les oreilles des sourds que je trouve dans les consultations gratuites, et je leur fais entrevoir la possibilité d'une amélioration. Le hasard a voulu que la plupart de ces sourds aient été guéris ou améliorés. Voilà comment primitivement je me suis trouvé engagé dans cette expérimentation de guérisseur, par une curiosité physiologique. Ces faits thérapeutiques ont bien vite été connus. Alors des sourds en assez grand nombre, et même des sourds-muets, m'ont été adressés, et bon gré, mal gré, il m'a fallu continuer ces expériences empiriques, quoique peu en harmonie avec mes goûts. Ces résultats thérapeutiques m'ont paru assez importants pour en faire le sujet d'un premier mémoire que j'ai publié en 1851 (1). Les faits qui en

(1) *De la valeur de la faradisation de la corde du tympan et des muscles moteurs des osselets appliquée au traitement de la surdité nerveuse* (Bulletin général de thérapeutique, 1858, t. LV, p. 105 et 160).

forment la base, sont incontestables et bien observés; ils ont été confirmés par de nouvelles observations recueillies publiquement. Les protestations inexplicables de quelques spécialistes qui nient encore aujourd'hui la puissance de l'excitation électrique de l'organe de l'ouïe dans la surdité nerveuse, me font un devoir de reproduire textuellement tous ces faits, en les corroborant de quelques observations nouvelles.

§ I. — *Surdité nerveuse.*

Il y a bientôt huit ans, me proposant de rechercher, au moyen de la faradisation localisée, quelles sont les propriétés physiologiques de la corde du tympan, je fis d'abord quelques expériences sur moi-même (2). Après avoir constaté qu'elles n'occasionnaient pas de douleurs et qu'elles n'exposaient à aucun danger, je voulus les répéter sur d'autres personnes.

De prime abord, j'avais pensé que cette excitation profonde de l'oreille, produite par le procédé de faradisation que j'avais institué pour mes recherches électro-physiologiques, pouvait être utile dans le traitement de la surdité nerveuse, bien que je n'en connusse pas encore le mode d'action physiologique, et qu'il me fût, en conséquence, impossible d'en tirer la moindre déduction thérapeutique, rationnelle. Ces prévisions ont été pleinement justifiées, après plusieurs années d'expériences, par les faits que j'ai exposés en 1855 dans la précédente édition (3). Ces faits, quoique très authentiques et rigoureusement observés, n'ont cependant pas porté la conviction dans tous les esprits. C'est ainsi que ceux-là même qui pouvaient tirer le plus grand parti de la connaissance de ces recherches (quelques médecins auristes) nient aujourd'hui encore l'action thérapeutique de toute excitation électrique sur la surdité nerveuse. Ne mettant nullement en doute la bonne foi de mes savants contradicteurs, il m'a été démontré par là que peut-être mes recherches avaient été insuffisantes. C'est pourquoi je les ai continuées.

Je viens, dans ce paragraphe, faire connaître les résultats de ces nouvelles recherches, en présence desquelles le doute n'est plus permis.

Les nouveaux faits que j'ai à produire seraient empiriques, que

(1) Les résultats de ces recherches ont été exposés dans un mémoire intitulé : *Recherches électro-physiologiques et pathologiques sur les propriétés de la corde du tympan* (*Archives générales de médecine*, 1851).

(2) *De l'électrisation localisée*, Paris, 1855 : *Surdité*, p. 807.)

la question pratique n'en serait pas moins jugée. Néanmoins il me paraît convenable de procéder plus scientifiquement, en cherchant à expliquer autant que possible l'action physiologique du procédé de faradisation appliqué à ce genre de recherches électro-thérapeutiques.

Je me propose : 1° d'étudier l'action physiologique du procédé de faradisation que j'ai appliqué expérimentalement à la cure de la surdité nerveuse ; 2° d'exposer les nouveaux faits qui démontrent la valeur réelle de ce mode de traitement ; 3° de rechercher s'il existe un signe pronostique, pathognomonique, de la surdité nerveuse.

A. — Action physiologique du procédé de faradisation localisée, que j'ai institué et appliqué au traitement de la surdité nerveuse.

1. *Procédé opératoire.* — Voici ce procédé, tel qu'il a été décrit en 1851 dans mon mémoire sur la corde du tympan. La tête est inclinée de manière à placer le conduit auditif externe dans une direction perpendiculaire, comme dans la figure 1.

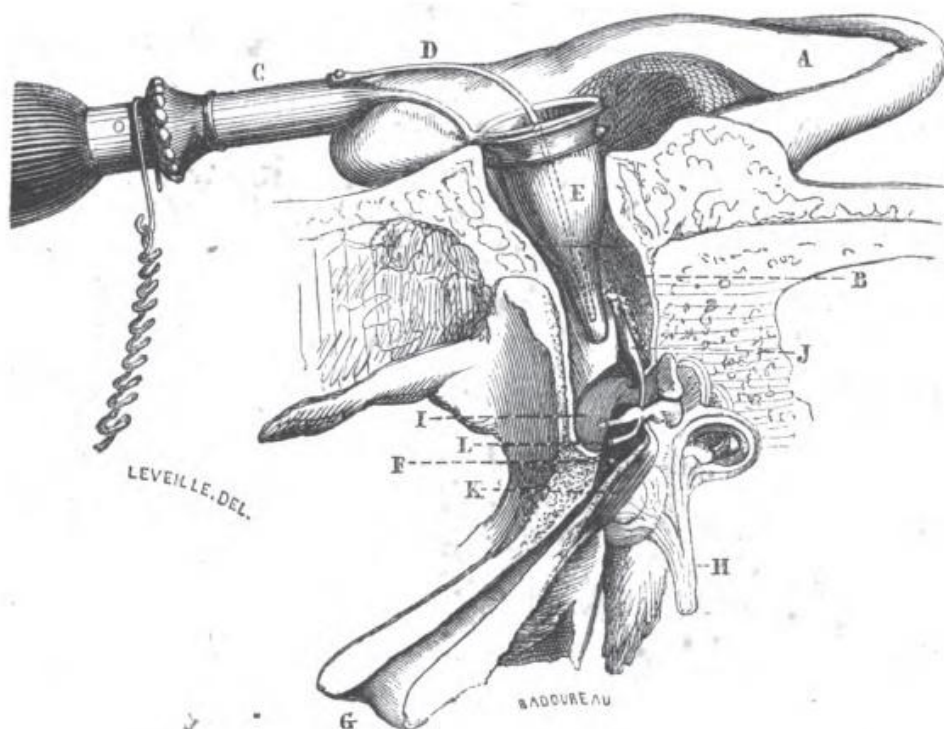


FIG. 1. — A, pavillon de l'oreille; B, conduit auditif externe dans lequel plonge le rhéophore auriculaire C; D, fil conducteur du rhéophore auriculaire, isolé par un tube d'ivoire E, qui plonge dans le conduit auditif externe rempli de liquide dans sa première moitié; F, cavité tympanique, contenant les

osselets ; G, trompe d'Eustache ; H, oreille interne ou labyrinthe, dont les canaux sont ouverts de manière à laisser voir le nerf acoustique et ses divisions ; I, moitié inférieure de la membrane du tympan tenant au manche du marteau ; J, muscle externe du marteau ; K, muscle interne du marteau ; L, tendon du muscle antérieur du marteau.

On injecte dans ce conduit une quantité d'eau suffisante pour en remplir la première moitié, et l'on plonge dans ce liquide un fil métallique, en évitant de le mettre en contact avec la membrane du tympan ou avec les parois du conduit auditif. Ce contact, que produit le plus léger mouvement de la tête ou de la main qui tient le rhéophore articulaire, cause une vive douleur au moment du passage du courant. Pour ne pas y exposer le patient, j'ai fait construire par M. Charrière un rhéophore auriculaire (C, fig. 1), où le fil métallique conducteur, D, est isolé par une enveloppe d'ivoire, E, et ne peut pénétrer jusqu'à la membrane du tympan I. Après avoir attendu que l'espèce de bourdonnement produit par l'impression du liquide sur la membrane du tympan ait disparu, on met le rhéophore auriculaire en rapport avec un des conducteurs d'un appareil d'induction, et l'on ferme le circuit en plaçant sur l'apophyse mastoïde l'autre rhéophore humide, qui lui-même communique avec le second conducteur de cet appareil.

L'appareil d'induction qui sert à cette expérience est approprié à la délicatesse de l'organe sur lequel on agit, c'est-à-dire que le minimum de sa puissance doit être à peine appréciable, lorsqu'on applique les rhéophores métalliques sur l'extrémité de la langue, et qu'il doit pouvoir se graduer avec précision et sur une échelle d'une grande étendue.

II. *Phénomènes électro-physiologiques.* — Je vais exposer la série des phénomènes électro-physiologiques que j'ai observés, chaque fois que je me suis soumis à l'expérience précédente. Je les ai vus se reproduire, en général, chez les sujets sur lesquels je l'ai répétée.

Le rhéophore étant placé dans mon conduit auditif préalablement rempli d'eau dans sa première moitié, et l'appareil étant à son minimum, ainsi que je l'ai indiqué plus haut, je perçus, à l'instant même où eut lieu l'intermittence du courant, un petit *bruit sec, parcheminé, un craquement* que je rapportai très nettement au fond du conduit auditif externe. Les intermittences ayant été pratiquées avec une extrême rapidité, ces bruits se rapprochèrent au point d'imiter une crépitation ou le bruit produit par les battements des ailes d'une mouche qui vole entre une vitre et un rideau. L'inter-

sité des petits bruits que je viens de décrire augmenta en raison directe de la force du courant. — Aux phénomènes d'audition s'ajouta une *sensation de chatouillement* dans le fond de l'oreille, à un faible degré d'excitation, sensation qui devint de plus en plus vive, en raison directe de l'augmentation du courant. Cette sensation était parfaitement limitée au point où le son paraissait naître. Après un certain temps d'excitation et à un certain degré de tension du courant, j'éprouvai très nettement un *chatouillement dans le côté droit de la langue*, à la réunion de son tiers postérieur avec son tiers moyen. Élevant encore graduellement la force du courant, je sentis le chatouillement gagner progressivement la pointe de la langue, où j'éprouvai alors un *engourdissement* et un *picotement désagréable*, qui n'alla pas jusqu'à la douleur.

L'expérience dont je viens de décrire les effets est souvent suivie d'un engourdissement, et quelquefois d'une hyperesthésie des deux tiers antérieurs du bord de la langue, qui persistent assez longtemps. Il m'a paru aussi que ma langue était plus sèche et comme râpeuse, du côté opéré.

Tels sont les phénomènes qui frappèrent d'abord mon attention, et qui m'ont été signalés, à peu près dans l'ordre que je viens d'indiquer, par les sujets que j'ai soumis à cette expérience.

Mais il me reste à faire connaître un phénomène d'une haute importance, qui se manifeste assez souvent, lorsque l'excitation est suffisamment énergique : c'est la production d'une *sensation gustative spéciale*. Ce phénomène est le dernier qui ait attiré mon attention, parce qu'il est masqué sans doute par la sensation de chatouillement ou de picotement qui l'accompagne. Aussi passerait-il presque toujours inaperçu, si l'expérimentateur ne s'en préoccupait pas. Bien que la sensation gustative soit peu prononcée, on la distingue cependant parfaitement, et, pour mon compte, je l'ai ressentie si nettement, que je puis la comparer à une sensation métallique.

Enfin, quelques sujets perçoivent, à chaque intermittence, une sensation lumineuse (le phosphène électrique), du côté excité.

Je me réserve d'examiner par la suite l'action de l'excitation électrique de la corde du tympan sur la sécrétion salivaire chez l'homme.

III. *Analyse des phénomènes électro-physiologiques précédents.* —
a. Perception d'un son. — Le bruit sec, parcheminé, perçu dans le fond du conduit auditif, au moment de chaque intermittence du courant d'induction, est produit par l'ébranlement des parties profondes de l'oreille (des osselets, des membranes du tympan et de la fenêtre ovale).

RUDOLF BRENNER

Rudolf Brenner (1821-1884), was a specialist in electro-therapy and neurologist. In 1877 he was appointed as professor of electrical therapy at the University of Leipzig. Although, in the first half of the nineteenth century, all electrical stimulation used direct current, known as galvanization, the invention of the induction coil spawned the use of alternating current, or faradization. Such treatments were apparently so widespread that an entire book by Brenner in 1868 was devoted to electrical stimulation of the ears: *Investigations and Observations on the Effect of Electric Current on the Hearing Organ in the Healthy and Ill.* with the subtitle of: “*Attempts to Create a Rational Electro-Otology*”

Brenner published an extensive investigation of the effects produced by altering the polarity, rate and intensity of the stimulus, and placement of the electrodes, on the hearing sensation. He found that hearing was better with an electrical stimulus that created a negative polarity in the ear, and that correct placement of the electrodes could reduce the unpleasant side effects. Brenner used bipolar stimulation, meaning that one electrode was placed in saline in the external auditory meatus, and the other was placed on a more distant part of the body. This electrode is now referred to as the Brenner electrode.

VERSUCH ZUR BEGRÜNDUNG
EINER
RATIONELLEN ELEKTRO-OTIATRIK
VON
RUDOLF BRENNER,
DR. D. MED. U. CHIR., CONSULTIRENDEM ARZTE AN DER MAXIMILIANS-HEILANSTALT
ZU ST. PETERSBURG.

UNTERSUCHUNGEN UND BEOBACHTUNGEN

AUF DEM GEBIETE

DER

ELEKTROTHERAPIE

VON

RUDOLF BRENNER,

DR. D. MED. U. CHIR., CONSULTIRENDEM ARZTE AN DER MAXIMILIANS-HEILANSTALT
ZU ST. PETERSBURG.

VIER ABTHEILUNGEN IN ZWEI BÄNDEN.

ERSTER BAND. ERSTE ABTHEILUNG.

UNTERSUCHUNGEN UND BEOBACHTUNGEN ÜBER DIE WIRKUNG ELEKTRISCHER
STRÖME AUF DAS GEHÖRORGAN IM GESUNDEN UND KRANKEN ZUSTANDE. —
VERSUCH ZUR BEGRÜNDUNG EINER RATIONELLEN ELEKTRO-OTIATRIK.

LEIPZIG

GIESECKE & DEVRIENT.

1868.

DISCOVERIES OF THE TWENTIETH CENTURY

The initial optimism surrounding the bioelectrical approaches to cure deafness was followed by a period of skepticism as the applications appeared to be invasive and required ongoing critical evaluation. However, in the 1930's, interest was renewed in the problem of reproducing hearing artificially. This coincided with the introduction of the thermionic valve, which allowed for the auditory system to be stimulated electrically with significantly greater precision. The work of Wever and Bray (1930) demonstrated that the electrical response recorded from the vicinity of the auditory nerve of a cat was similar in frequency and amplitude to the sounds to which the ear had been exposed. Meanwhile, the Russian investigators Gersuni and Volokhov in 1936 examined the effects of an alternating electrical stimulus on hearing. They found that hearing could persist following the surgical removal of the tympanic membrane and ossicles, and thus hypothesized that the cochlea was the site of stimulation. Another set of researchers, Stevens and Jones (1939), thought that electrical could be transduced into sound vibrations before it reached the inner ear. Hearing induced in this way has been called the electrophonic effect. They were able to determine whether a linear or non-linear transducer was involved by the presence and strength of the overtones, which were detected when the subject heard beats. The studies by Stevens and Jones (1939), as well as Jones et al (1940) indicated that when the cochlea was stimulated electrically, there were three mechanisms, which produced hearing:

1. The middle ear could act as a transducer, which obeys the 'square law' and convert alternations in the strength of an electrical field into the mechanical vibrations that produce sound.

2. Electrical energy could be converted into sound by a direct effect on the basilar membrane, which would then vibrate maximally at a point determined by the frequency and these vibrations would stimulate the hair cells
3. Direct stimulation of the auditory nerve produced a crude hearing sensation.

Their conclusions were basically correct, although now other body tissues have been shown to act as transducers. A wealth of research in the 1940's and 1950's into the mechanisms involved in electrophonic hearing indicated that hearing is produced by transducing electrical energy into sound vibrations and that residual cochlear function is also required. It became apparent that total perception deafness could not be corrected by inducing a widespread electrical field in the region of cochlea. Instead, a more localized stimulation of the auditory nerve fibers is required. In 1950, Lundberg performed one of the first recorded attempts to stimulate the auditory nerve with a sinusoidal current during a neurosurgical operation. His patient could only hear noise. However, a more detail study followed in 1957 by Djourno and Eyries, provided the first detailed description of the effects of directly stimulating the auditory nerve in deafness. In their study, the stimulus appears to have been well controlled. Djourno and Eyries placed a wire on the auditory nerves that were exposed during an operation for cholesteatoma. When the current was applied to the wire, the patient described generally high-frequency sounds that resembled a "roulette wheel of the casino" and a "cricket". The signal generator provided up to 1,000-Hz and the patient gradually developed limited recognition of common words and improved speech-reading capabilities. The patient was found able to discern differences in pitch at increments of 100 pulses and was found able to distinguish words words such as "pap", "mamm" and "allo".

- [3] J. M. SUC. Le métabolisme du rein humain. *Thèse Toulouse*, 1957. *Imp. Lion* (sous *presse*).
- [4] J. V. TAGGART. Biochemical aspects of tubular transport mechanism. *Kidney Giba Foundation Symposium* 1954.
- [5] PAGET. Quelques aspects de l'élimination rénale. *Exposés annuels de biochimie médicale*. Masson, 1954.
- [6] R. J. BING et coll. Metabolic studies on the human heart *in vivo*. *Am. J. Med.*, 1953, **15**, 284 ; 1954, **16**, 504.
- [7] A. T. MILLER et J. O. MILLER. Renal excretion of lactic acid in exercise. *J. Appl. Physiol.*, 1949, **1**, 8.

Historique et technique de l'œsophagoscopie,

par M. Aubin.

(Présentation d'un film.)

Premiers essais d'excitation électrique du nerf auditif chez l'homme, par micro-appareils inclus à demeure,

par MM. André Djourno, Charles Eyriès et Bernard Vallancien

(avec la collaboration technique de M^{lle} D. Kayser).

En 1953 [1, 2], l'un de nous mettait au point une technique permettant, grâce à l'inclusion chirurgicale à demeure de microbobinages enrobés dans une matière plastique protectrice, d'obtenir, par induction à travers les tissus, des excitations électriques dont les avantages sont les suivants :

Action à distance, grâce à la grande transparence des tissus au champ magnétique, ce qui supprime les fils de connexion et toute plaie permanente.

Parfaite tolérance et absence de toute lésion même sur des organes aussi délicats que les nerfs myélinisés soumis à des excitations variées et nombreuses pendant des durées prolongées (deux années) [4].

Appareils (inducteur et induit) de puissance et de volume très modérés.

En 1954 [3], nous avons signalé, entre autres applications, la possibilité d'une action, par cette méthode, sur la VIII^e paire crânienne, en vue d'une prothèse électrique de l'oreille privée de tout appareil de transmission. Divers essais étaient en cours sur l'animal lorsqu'un malade, anciennement opéré de deux côtés pour cholestéatome et qui devait faire l'objet d'une greffe de nerf facial, exprima le désir qu'on tentât l'impossible pour faire cesser, même très imparfaitement, sa surdité totale. Nous décidâmes, après l'avoir instruit de la probabilité d'un échec, d'inclure un induit au cours de l'intervention, qui eut lieu le 25 février dernier. Celle-ci montra de tels délabrements que nous hésitâmes à placer l'appareil. Toutefois, nous le fîmes pour des raisons psychologiques évidentes, et parce qu'un petit segment nerveux (il s'agissait du nerf sacculaire) était accessible à travers la brèche labyrinthique sans risques supplémentaires.

L'induit, qui mesurait 2,5 cm de long sur 3,5 mm de diamètre, fut noyé dans la masse musculaire temporale, à laquelle fut connectée une des

In 1964, Doyle et al., reported inserting an array of electrodes into the cochlea of a patient with total perceptive deafness. The electrodes were designed to limit the spread of the electrical field and were stimulated in sequence with threshold square waves that were superimposed with speech signals. The four electrodes were not especially implanted to take advantage of the spatial distribution of the auditory nerve fibers responding to different frequencies, and the result obtained was only satisfactory. However, it was significant that the patient was able to repeat phrases. Yet another researcher, Simmons (1966) provided a more extensive study in which electrodes were placed through the promontory and vestibule directly into the modiolar segment of the auditory nerves. The nerve fibers representing different frequencies could be stimulated. The patient was tested to assess the effect of alterations in the frequency and intensity of the signal. The subject demonstrated that in addition to being able to discern the length of signal duration, some degree of tonality could be achieved. The clinical applications of electrical stimulation of the auditory nerve were refined by House (1976) and Michelson (1971) through scala tympani implantation of electrodes driven by implantable receiver-stimulators. Dr. William House observed the percepts of patients when small electric currents were introduced to the promontory during middle ear procedures under local anesthesia. But technical barriers proved frustrating. During the early sixties, House implanted several devices in totally deaf volunteer patients. Although these were rejected due to lack of biocompatibility of the insulating material, that they worked for a short time provided optimism towards a solution for sensorineural deafness. (House testimonial). House teamed up with Jack Urban, a very innovative engineer, to ultimately make cochlear implants a clinical reality. The new devices benefited from the increasing capabilities for microcircuit fabrication derived from space exploration and computer development. In 1972, a speech processor was developed to interface with the House 3M single-electrode implant and was the first to be commercially marketed. More than 1,000 of these devices were implanted between 1972 to the mid 1980s. In 1980, the age

criteria for use of this device was lowered from 18 to 2 years.). During the 1980's, several hundred children had been implanted with the House 3M single channel device. The FDA formally approved the marketing of the 3M/ House cochlear implant in November 1984. By the late eighties, virtually all of the major concerns about the long-term success and safety of cochlear implants were largely resolved. During this same period, work outside the United States was progressing, most notably in Australia where Clark and colleagues were developing a multi-channel cochlear implant that, in the last half of the eighties, was to become the single-most used implant in the world under the name "Nucleus Multi-channel Cochlear Implant". Multiple channel devices were introduced in 1984, and enhanced the spectral perception and speech recognition capabilities compared to the single-channel device, as reported in large adult clinical trials. Through the 1990's, clinical and basic science studies have resulted in progress in implant technology and in clinical approaches to cochlear implants. Electrode and speech processor now produce coding strategies that are associated with successively higher performance levels.

Bibliography

- Alessandro Volta. On the Electricity Excited by the Mere Contact of Conducting Substances of Different Kinds. In a Letter from Mr. Alexander Volta, F. R. S. Professor of Natural Philosophy in the University of Pavia, to the Rt. Hon. Sir Joseph Banks, Bart. K. B. P. R. S. Philosophical Transactions of the Royal Society of London for the year 1800, part I, p. 427. Bulmer, London
- Brenner, R. : Untersuchungen und Beobachtungen auf dem Gebiet der Elektrotherapie. Leipzig 1968.
- Bresadola M. Animal electricity at the end of the eighteenth century: the many facets of a great scientific controversy. *J Hist Neurosci*. 2008;17(1):8-32.
- Cavazza M. Laura Bassi and Giuseppe Veratti: an electric couple during the Enlightenment. *CONTRIBUTIONS To SCIENCE*, 5 (1): 115–128 (2009)
- Eisen MD. Djourno, Eyries, and the first implanted electrical neural stimulator to restore hearing. *Otol Neurotol*. 2003 May;24(3):500-6.
- Graeme Clark.. Cochlear implants : fundamentals and applications. 2003 Springer-Verlag New York, Inc
- Graham JM. Graham Fraser Memorial Lecture 2002. From frogs' legs to pieds-noirs and beyond: some aspects of cochlear implantation. *J Laryngol Otol*. 2003 Sep;117(9):675-85.

- Grapengiesser CJC Versuche, den Galvanismus zur Heilung einiger Krankheiten anzuwenden Berlin: Myliussische. Buchhandlung; 1801.
- Guillaume-Benjamin Duchenne. Diagnostic et curabilité de la surdité et de la surdi-mutité nerveuse: par la faradisation des muscles moteurs des osselets et de la corde du tympan. Baillière, 1861 Paris
- Jaekel K, Richter B, Laszig R. The history of cochlear implantation: from Volta to multichannel-intracochlear stimulation]. *Laryngorhinootologie*. 2002 Sep;81(9):649-58.
- Møller AR History of cochlear implants and auditory brainstem implants. *Adv Otorhinolaryngol*. 2006;64:1-10. Review.
- Nollet, J. A. *Journal du voyage de Piémont et d'Italie en 1749*, Soisson, Bibliothèque Municipale,
- Piccolino M. Luigi Galvani and animal electricity: two centuries after the foundation of electrophysiology. *Trends Neurosci*. 1997 Oct;20(10):443-8.
- Piccolino M. The bicentennial of the Voltaic battery (1800-2000): the artificial electric organ. *Trends Neurosci*. 2000 Apr;23(4):147-51.
- Sperati G. Alessandro Volta and first attempts at electrotherapy of deafness]. *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 1999 Aug;19(4):239-43.

- Veratti, Giuseppe (1748) Osservazioni fisico-mediche intorno all'elettricità. Bologna, Dalla Volpe (French translation: Id., Observations physico-médicales sur l'électricité, Genève, chez H.-A. Gosse, 1750)
- Veratti, Giuseppe, Osservazioni fisico-mediche intorno alla elettricità: dedicate all'illustrissimo, ed eccelso Senato di Bologna (1748). Stamperia di Lelio dalla Volpe, Bologna