

DOMENICO PRIORI \*

## Il microfono elettrolitico

### The electrolytic microphone

**Summary** – This work retraces the stages that led to realization of the electrolytic microphone and the subsequent experiments to analyse its properties, conducted at the C.N.R. Laboratories during the years 1942-43.

**Key words:** cochlea, ea, C.N.R., Institute of Human Physiology University of Roma

L'idea di costruire un microfono elettrolitico, nasce in Silvestro Baglioni dalla notizia della «...recente scoperta del fenomeno di E.G. Wever e C.W. Bray (1930) e successivamente confermata da numerosi sperimentatori, detta anche risposta elettrica della coclea, secondo la quale l'organo del Corti, in condizioni fisiologiche della sua recettività dei suoni e dei rumori, si comporta come un apparecchio microfonico (Adrian). Ponendo (nel gatto e in altri animali da esperimento) a nudo il nervo acustico e derivando da esso, mediante adatti elettrodi, le variazioni di potenziale elettrico, che si verificano nel suo interno, per un sistema telefonico, munito di amplificatori, i suoni e i rumori che sono trasmessi nell'orecchio interno per la via normale aerea, sono trasformati dall'orecchio interno (organo cocleare) in variazioni che al telefono si riconoscono perfettamente cogli stessi caratteri specifici di altezza, ampiezza e timbro degli stimoli sonori, nello stesso modo con cui si trasmetterebbero se, invece che all'orecchio dell'animale, si facessero agire su un perfetto microfono fisico. L'apparato cocleare ha pertanto la proprietà, come un perfetto apparecchio microfonico, di trasmettere l'energia sonora (meccanica o vibratoria) in energia elettrica, le cui modulazioni si possono rivelare mediante un adatto sistema telefonico, che trasforma le variazioni elettriche in fenomeni sonori, captando da zone prossime alla coclea, alle quali si trasmettono da essa per mezzi dielettrici»<sup>1</sup>.

\* Domenico Priori ITIS «E. Fermi» di Ascoli Piceno. E-mail: priori\_domenico@yahoo.it

<sup>1</sup> Silvestro Baglioni. *Topografia ed eccitabilità degli organi di senso dell'orecchio interno nell'uomo*. Atti della Reale Accademia d'Italia Rendiconti della classe di Scienze fisiche, Matematiche

Il Baglioni, Direttore dell'Istituto di fisiologia umana dell'Università di Roma dal 1918 al 1950, è interessato, inizialmente, all'aspetto fisiologico e diagnostico, infatti, evidenzia che: «Questo particolare comportamento dell'organo cocleare, pur essendo un fenomeno fisico, accompagna fedelmente la sua attività fisiologica (...) Questa risposta elettrica che pare specifica dell'organo interno dell'orecchio, anche se non è analoga (come credevano dapprima gli scopritori di essa) alle note correnti di azioni di tutti i tessuti viventi, specialmente nervosi e muscolari, può tuttavia servire come un ottimo mezzo di esame obiettivo delle condizioni funzionali dell'udito interno, e sarebbe pertanto di somma importanza pratica poterla utilizzare anche nell'uomo mediante opportune modificazioni (che non mi paiono di insuperabile difficoltà pratiche) del sistema di captazione e derivazione dell'energia elettrica in energia sonora»<sup>2</sup>. Propone di realizzare quello che egli stesso chiama: elettroaudiogramma.

Silvestro Baglioni era un uomo di scienza con interessi non confinati nella fisiologia o nella medicina, infatti, con curiosità aggiunge: «Una domanda sorge qui spontanea: a quale dei microfoni, noti nella fisica acustica, può essere assimilato il microfono cocleare?»<sup>3</sup>.

Tra i microfoni: «... nella sempre più rigogliosa branca dell'elettroacustica (...) non figura però nessuno che si possa senz'altro paragonare al cocleare, soprattutto perché questo funziona con mezzi essenzialmente liquidi, ossia con soluzioni acquose o colloidali di elettroliti mentre tutti i microfoni fisici lavorano con metalli»<sup>4</sup>.

E nota, che l'unico microfono che possa essere in qualche modo paragonato al sistema cocleare è il microfono piezoelettrico. «Nel piezoelettrico infatti l'energia vibratoria va ad agire come energia meccanica (di pressione), captata da una sottile lamina metallica (ad imbuto) e trasmessa mediante uno stiletto a due gambi (come avviene per l'orecchio mediante il sistema diotico), sulla superficie esterna dell'armatura metallica che riveste il cristallo di quarzo. È per effetto delle variazioni di pressioni meccaniche che insorgono le variazioni elettriche che, essendo di minima intensità, debbono essere opportunamente amplificate perché si rivelino»<sup>5</sup>.

Subito aggiunge: «Questa analogia non è che una vaga approssimazione, più che per altro, per rendere più facile ad intendere fisicamente il fenomeno della risposta elettrica dell'organo del Corti, la cui scoperta può suggerire l'idea (di cui io mi propongo di tentare a breve la realizzazione) di costruire apparecchi microfonic basati sullo stesso principio, ossia di elettroliti, sui quali agiscano variazioni di

e naturali. Serie Settima - Volume III, fascicolo 8, gennaio 1942 XX. Utile anche Silvestro Baglioni, *Elementi di fisiologia umana* Vol. I, cap. XV. *L'udito*, aziende tipografiche dott. G. Bardi, Roma, 1944.

<sup>2</sup> Ibidem.

<sup>3</sup> Ibidem.

<sup>4</sup> Ibidem.

<sup>5</sup> Ibidem.

pressione meccanica (energia vibratoria), opportunamente dotati di congegni selettivi, quali la natura biologica ha dato all'orecchio»<sup>6</sup>.

Passano pochi mesi e nei Rendiconti della Reale Accademia d'Italia compaiono due lavori: *Di un microfono elettrolitico* (Luglio 1942) e *Sul microfono elettrolitico* (aprile 1943) di Silvestro Baglioni e Angelo Manfredi a cui era affidata la parte sperimentale.

Una prima serie di esperimenti orientativi furono condotti con il dispositivo di fig. 1. V è una vaschetta di zinco munita di un'apertura laterale circolare chiusa da una membrana M di mica. Nella vaschetta è immerso un elettrodo di rame E. La vaschetta e l'elettrodo, per mezzo di un adattatore di impedenza T, ad un amplificatore di tensione A, sono collegati ad una cuffia C. Nella vaschetta venivano immerse soluzioni acide o basiche molto diluite e dalla cuffia C si sentiva il suono di un diapason in vibrazione il cui stelo era appoggiato alla membrana M.

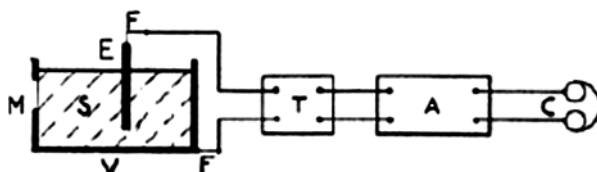


Fig. 1.

Dato che l'amplificazione necessaria era abbastanza elevata (80-90 dB), gli autori si preoccuparono di eliminare qualsiasi fonte di errore: sospensione elastica delle varie parti, vaschetta lontano dall'amplificatore, i tratti del conduttore F realizzato con larghe spirali di rame per eliminare ogni possibilità di trasmissione delle vibrazioni. Per ulteriore scrupolo: «Si poteva poi supporre che l'elettrodo immerso nel liquido vibrasse e che l'effetto osservato fosse dovuto a variazioni di capacità come in un microfono a condensatore: questa ipotesi era peraltro poco plausibile (...) Per eliminare tuttavia ogni possibile dubbio si è costruita una coppia di elettrodi circolari rigidi (vedi Fig. 2) del peso di kg 1, uno di rame ed uno di zinco uniti fortemente mediante viti passanti attraverso boccole di ebanite. Questa coppia fu immersa nel liquido (contenuto questa volta in vaschetta di vetro) sostenendola mediante sostegni elastici. Stabilito che l'effetto in questa esperienza permaneva immutato e che quindi non vi erano cause di errore abbiamo studiato in numerose successive esperienze la sua dipendenza dagli elementi geometrici in giuoco»<sup>7</sup>.

Gli autori determinarono che l'effetto: è proporzionale alla superficie degli elettrodi, è inversamente proporzionale allo spessore dello strato di liquido inter-

<sup>6</sup> Ibidem.

<sup>7</sup> Silvestro Baglioni, Angelo Manfredi. *Di un microfono elettrolitico*. ATTI della Reale Accademia d'Italia. Rendiconti della Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Serie settima, Volume IV. Roma. Reale Accademia d'Italia 1943.

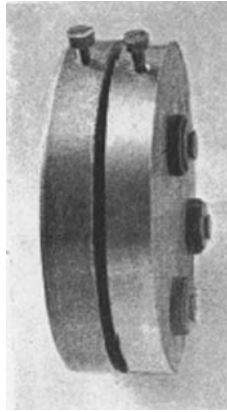


Fig. 2.

posto fra la membrana (zona di applicazione della vibrazione) e gli elettrodi ed infine non hanno rilevato differenze variando la distanza fra gli elettrodi.

Il miglior microfono costruito dagli autori è in Fig. 3 con il vibratore elettrodinamico: «Con questo tipo di microfono si è potuto riprodurre agevolmente la normale voce parlata»<sup>8</sup>.

Successivamente l'indagine si sposta sulle differenti soluzioni utilizzate. «Si è potuto stabilire che l'effetto si presenta (più o meno intensamente) in tutte le soluzioni acide, basiche, saline ed in altri liquidi complessi contenenti oltre che elettroliti anche colloidali. Particolarmente interessante è dal nostro punto di vista quest'ultimo fatto poiché nell'organo cocleare gli organi ricettivi sono immersi appunto in una soluzione di tipo colloidale». Una curiosità, secondo gli autori, anche il latte vaccino puro funziona egregiamente.

Naturalmente l'effetto dipende dalla concentrazione delle soluzioni e per studiare tale dipendenza gli autori modificarono l'apparato della Fig. 1 per misurare la

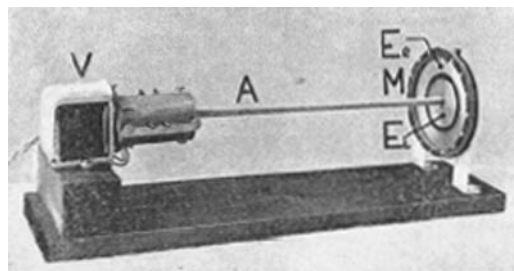


Fig. 3.

<sup>8</sup> Ibidem.

tensione di uscita dell'amplificatore a varie concentrazioni delle soluzioni mantenendo costante la vibrazione sulla membrana.

La Fig. 4 riporta il nuovo apparato in cui possiamo notare O: un oscillatore a battimenti che attraverso un amplificatore di potenza pilota il vibratore elettrodinamico  $V_E$ , le altre parti sono rimaste invariate solo che al posto della cuffia trova il voltmetro  $V_T$ .



Fig. 4.

Voglio evidenziare la particolare cura posta per eliminare eventuali cause di errori: schermatura elettrica per escludere ogni fenomeno di induzione e la posizione dell'oscillatore a battimenti lontano dalle altre parti dell'apparato.

«La concentrazione della soluzione veniva variata aggiungendo a poco a poco il soluto all'acqua distillata contenuta nella vaschetta»<sup>9</sup>.

I risultati per aggiunta di acido solforico concentrato in acqua sono riportati nella Fig. 5.

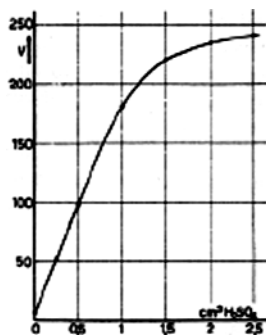


Fig. 5.

Una volta accertata l'esistenza del fenomeno, i lavori di Baglioni e Manfredi si orientarono verso la comprensione del funzionamento del microfono e lo studio delle possibili applicazioni. «Sì è in particolare fermata l'attenzione sul fatto che, a parità di altre condizioni, la tensione elettrica alternativa generata dal microfono, dipende dalla concentrazione ionica, in particolare idrogenionica o idrossilionica della soluzione adoperata»<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> Ibidem.

<sup>10</sup> S. Baglioni, A. Manfredi, Reale Accademia d'Italia, Classe di Scienze fisiche matematiche e naturali, Serie VII, vol. IV, fascicolo 10-11, 1943.

Gli autori modificarono ancora l'apparato (Fig. 6) ora costituito da una vaschetta di vetro nella quale sono immersi un elettrodo di carbone e uno di zinco amalgamato con mercurio.

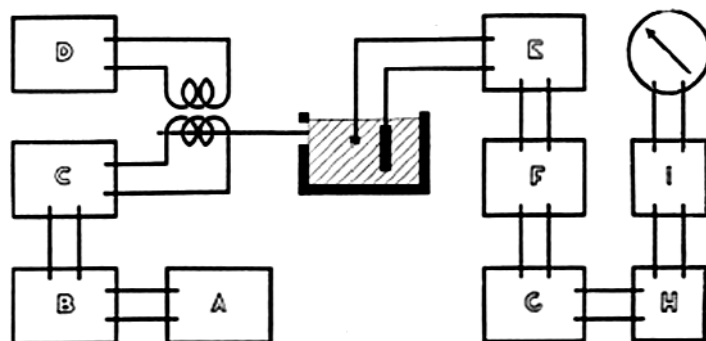


Fig. 6.

La pressione alternativa è sempre generata da un vibratore elettrodinamico, comandato dall'oscillatore a battimenti attraverso un amplificatore C. Il condensatore variabile A serve per variare la frequenza della pressione alternativa. Il tutto è alimentato da un alimentatore che rettifica e filtra la corrente di rete. Questa parte trasmittente è completata dalla parte ricevente costituito da preamplificatore, amplificatore e la tensione in uscita viene misurata dal voltmetro a tubo elettronico I. «Per studiare come la tensione indicata dal voltmetro I vari in funzione della concentrazione ionica della soluzione posta entro la vaschetta, contenente inizialmente 180 cm<sup>3</sup> di acqua distillata, si procede alla progressiva aggiunta di piccole quantità di soluzioni titolate saline, acide o basiche, mantenendo beninteso costanti sia l'amplificazione del preamplificatore F sia l'ampiezza e la frequenza della pressione alternativa meccanica applicata alla cella»<sup>11</sup>. Dal grafico ottenuto (vedi fig. 7) si evidenzia un primo tratto rettilineo che poi tende verso la saturazione.

L'altro grafico (vedi Fig. 8) è stato «...ottenuto aggiungendo gradualmente soluzione N/4 di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> all'acqua distillata contenuta nella vaschetta. Giunti al punto b (6 cm<sup>3</sup>), sospesa l'aggiunta di soluzione acida, si è aggiunta soluzione N/4 di NaOH.

La tensione alternativa è andata allora diminuendo per la progressiva neutralizzazione della acidità della soluzione, pienamente raggiunta con 6 cm<sup>3</sup> (punto c). Oltre questo punto l'ulteriore aggiunta di soluzione N/4 di NaOH ha fatto aumentare la tensione di uscita dell'amplificatore G. La variazione di acidità e di alcalinità

<sup>11</sup> S. Baglioni, A. Manfredi, Reale Accademia d'Italia, Classe di Scienze fisiche matematiche e naturali, Serie VII, vol. IV, fascicolo 10-11, 1943.

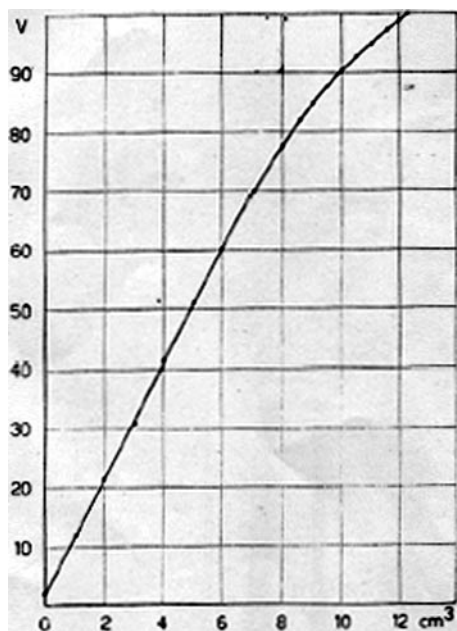


Fig. 7.

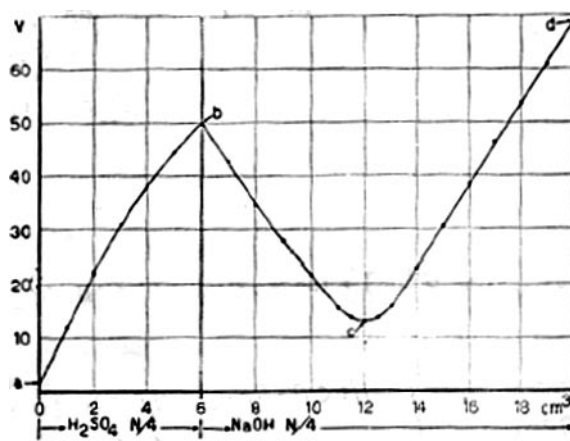


Fig. 8.

sono state nel contempo seguite con l'indicatore al metil arancio...»<sup>12</sup>. Gli autori concludono «La sensibilità del sistema appare quindi notevole; essa peraltro è – come è chiaro – funzione diretta del coefficiente di amplificazione totale del complesso ricevente»<sup>13</sup>.

Il lavoro termina annunciando che sono in corso studi del comportamento di altri elettroliti e di colloidi. Questi lavori furono proseguiti, per quanto a me noto, solo da Angelo Manfredi:

**Riassunto:** Il lavoro ripercorre le fasi che hanno portato alla realizzazione, presso i laboratori del C.N.R. di Roma, negli anni 1942-43, del microfono elettrolitico e gli studi fatti per studiarne le proprietà.

**Parole chiave:** coclea, orecchio, C.N.R., Istituto di Fisiologia Umana dell'Università di Roma

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] C.S. Hallpike, A.F. Rawdon-Smith, *The "Wever and Bray phenomenon" a study of the electrical response in the cochlea with especial reference to its origin*. Ferens Institute of Otolaryngology, Middlesex Hospital, marzo 1934 Londra.
- [2] C.S. Hallpike, A.F. Rawdon-Smith, *The origin of the Wever and Bray Phenomenon*. Ferens Institute of Otolaryngology, Middlesex Hospital, ottobre 1934 Londra.
- [3] Silvestro Baglioni, *Metodo per l'esame funzionale degli organi di senso dell'orecchio interno (labirinto acustico e non acustico)*, Atti della Reale Accademia d'Italia, Rendiconti Classe di Scienze fisiche matematiche e naturali. Serie settima, Volume I, fascicolo 11 - marzo 1940 Roma.
- [4] Silvestro Baglioni, *Topografia ed eccitabilità degli organi di senso dell'orecchio interno dell'uomo*. Atti della Reale Accademia d'Italia, Rendiconti della Classe di Scienze fisiche matematiche e naturali. Serie settima, Volume III, fascicolo 8 - gennaio 1942 Roma.
- [5] Silvestro Baglioni, Angelo Manfredi, *Di un microfono elettrolitico*, Atti della Reale Accademia d'Italia, Rendiconti della Classe di Scienze fisiche matematiche e naturali. Serie settima, Volume IV - luglio 1942 Roma.
- [6] Silvestro Baglioni, Angelo Manfredi, *Sul microfono elettrolitico*. Atti della Reale Accademia d'Italia, Rendiconti della Reale Accademia Classe di Scienze fisiche matematiche e naturali. Serie VII, Vol. IV - aprile 1943 Roma.
- [7] Silvestro Baglioni, *Elementi di fisiologia umana*, Vol.I, Cap. XV - 1944 Roma.
- [8] Angelo Manfredi, *Di un altoparlante elettrolitico*. Fisiologia e Medicina. 2, 121, 1947 Roma.

<sup>12</sup> Ibidem.

<sup>13</sup> Ibidem.