

M. Polaillon. — Au moment d'un effort de vomissement, le cardia s'ouvre et l'on pourrait en profiter pour faire sortir le corps étranger saisi par l'électro-aimant. Lorsque M. Félizet opéra son malade, dans le cas que j'ai cité tout à l'heure, il fit préalablement vaporiser de l'éther dans l'estomac, et lorsqu'il parvint sur cet organe, il le trouva distendu et dur comme un tambour. On pourrait imiter cette manière de faire pour distendre l'estomac et faire agir l'électro-aimant dans sa cavité.

M. Larrey. — Je partage la confiance de M. Polaillon au sujet de la possibilité de l'extraction par l'électro-aimant des corps étrangers en fer introduits dans l'estomac; On pourrait d'ailleurs faire, au préalable, quelques essais sur les animaux.

M. Goubaux. — M. Polaillon a raison de dire que l'injection d'eau ou de gaz dans l'estomac permettrait facilement la distension de cet organe et même du cardia. Il m'est arrivé maintes fois, chez les chevaux, après avoir fait l'œsophagotomie, de voir des aliments, tels que la farine d'orge délayée dans de l'eau, revenir par l'ouverture ainsi pratiquée lorsque l'estomac était rempli et gonflé. »

Nous bornons nos citations à ces quelques observations intéressantes et typiques.

Téléphones et microphones.

Nous avons déjà cité les téléphones comme d'excellents galvanoscopes décelant la présence d'un champ magnétique ou électrique d'une très faible intensité (p. 97). Cette extrême sensibilité les recommandait spécialement à la physiologie et ils n'ont pas man-

qué, en effet, d'y trouver de nombreuses applications.

En ce qui concerne le genre de téléphone à employer, c'est côté peu important; leur variété est aujourd'hui tellement grande qu'il n'y a plus que l'embarras du choix. Tous les systèmes sont bons et on ne devra se préoccuper que de la sensibilité et de la bonté de la fabrication. Toutefois on devra préférer les téléphones rendus plus délicats par l'adjonction d'un système microphonique.

Le principe du microphone, dû à Hughes, est basé sur la concordance des variations de résistance d'un circuit électrique comprenant certains conducteurs (charbon, poudre, limaille, etc.), et des vibrations sonores ou mécaniques se produisant à proximité.

Nous avons construit plusieurs espèces de microphones qui joignent à une extrême sensibilité une solidité rare dans ces sortes d'appareils.

Ces microphones ressemblent à de petites lanternes sourdes, dont la bougie est remplacée par un crayon de charbon. Ils peuvent être portés en poche sans le moindre inconvénient et se prêter à toutes les expériences.

Une montre peut se placer sous ou sur le microphone à volonté. Les insectes s'y trouvent emprisonnés directement et on entend tous leurs ébats.

Ce microphone, placé au milieu d'un appartement, en révèle tous les secrets, et une mouche placée à l'intérieur semble, dans le téléphone, faire des efforts inouïs pour en sortir. C'est que le cylindre sert de caisse de résonance qui concentre toutes les vibrations sur le cylindre de charbon artificiel placé au centre; de là sa sensibilité.

Disposé comme l'indique la figure 189, il transmettrait non seulement le tic tac de la montre, mais encore simultanément tous les bruits produits aux alentours : la voix, le bruit des pas, un frôlement

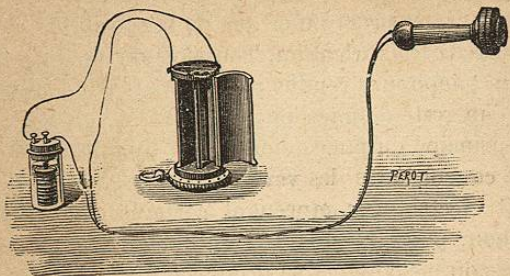


Fig. 189. — Microphone cylindrique Trouvé en position pour percevoir les plus faibles bruits, mais des bruits saccadés.

quelconque qui ne seraient pas entendus directement à l'oreille.

Il en est autrement si on le suspend par ses cordons à une potence (fig. 190). Dans ces conditions, on entend à peine le bruit de la montre, ainsi que les bruits de frottements légers ; mais, par contre, les vibrations sonores sont seules transmises et acquièrent une grande netteté. Le timbre de la voix est aussi parfait qu'avec deux téléphones ordinaires.

La sensibilité varie avec l'inclinaison de l'instrument ; elle est maximum lorsqu'il occupe la position verticale, comme dans la figure 190. Il devient de moins en moins sensible jusqu'à la position horizontale.

Ces différentes inclinaisons et, comme conséquence

la graduation, s'obtiennent avec la plus grande facilité en faisant varier la longueur d'un des fils de suspension, sans toucher à l'autre, de façon à lui faire prendre toutes les positions.

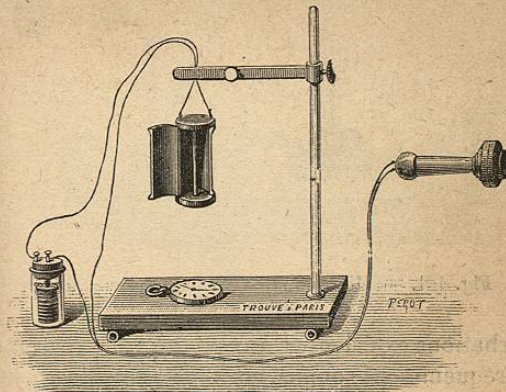


Fig. 190. — Microphone cylindrique Trouvé en position pour recevoir uniquement les vibrations sonores.

Placé sur une sorte de petite planchette en équerre, maintenue appliquée sur une ceinture élastique dans le voisinage du cœur et des poumons, il révèle les bruits anormaux ou morbides dont ces organes sont le siège.

La figure 191 représente un autre modèle très simple et très peu cher du microphone Trouvé.

Il n'est plus composé que d'un pied et d'une tige isolante supportant un chapeau, et le crayon de charbon artificiel est intercalé entre ce pied et le chapeau.

Le disque peut tourner autour de la tige pour per-

mettre le réglage, en donnant toutes les obliquités au crayon de charbon.

Désirant soustraire le microphone aux causes de

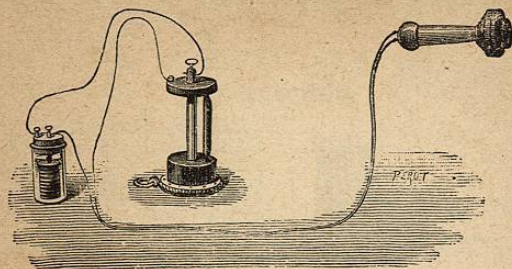


Fig. 191. — Microphone Trouvé très simplifié.

perturbations extérieures auxquelles cet appareil est trop fréquemment soumis, nous nous sommes spécialement appliqué avec la collaboration de M. H. de Boyer à créer un microphone qui, bien que très sensible ne se laissât pas influencer, et susceptible d'être appliqué aux recherches physiologiques. L'appareil (fig. 192) constitue une véritable chambre microphonique avec laquelle des expériences, physiologiques ou autres, pourront être effectuées dans des conditions déterminées et capables d'être modifiées au gré des expérimentateurs. On voit qu'il consiste essentiellement en deux circuits électriques isolés l'un de l'autre ; dans le cas des expériences de physiologie musculaire que MM. de Boyer et Trouvé ont communiquées à la Société de biologie, le 17 janvier, 1880, l'un de ces circuits était excitateur du muscle, l'autre communiquait, nécessairement, avec le téléphone.

Les contacts de ces circuits se font tous au mercure, et le modèle du microphone employé dans ces derniers essais était vertical ; il suffira, du reste, d'un

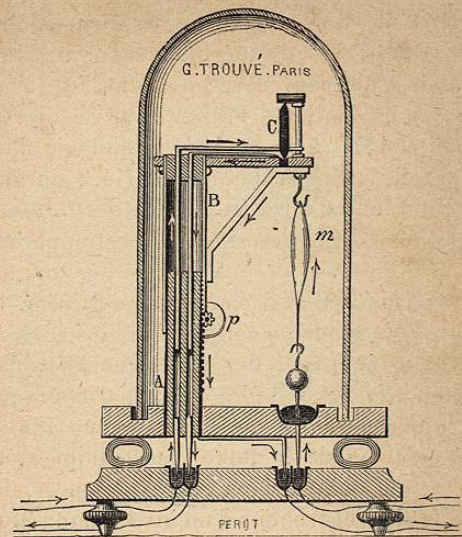


Fig. 192. — Microphone de MM. de Boyer et Trouvé destiné aux recherches générales de physiologie.

A, tube fixé au socle supérieur. — B, tube portant la potence et le microphone C. Ce tube est monté à frottement dur sur le tube A, et s'abaisse ou s'élève à volonté au moyen d'une crémaillère et d'un pignon *p*. — C, microphone très sensible. — *m*, muscle en expérience ; il porte suspendu à son extrémité une petite boule munie d'un crochet et d'une pointe en platine qui plonge dans un godet de mercure. Les flèches situées à gauche du dessin indiquent le sens du courant microphonique ; celles de droite, le sens du courant excitateur.

coup d'œil sur la figure et la légende explicative pour nous dispenser d'une plus ample description.

Ayant complètement soustrait le microphone aux

influences autres que les chocs mécaniques, MM. de Boyer et Trouvé ont constaté que le travail du muscle *sain* ne donne pas lieu à un choc mécanique, qu'il agit par ondulations lorsqu'il est libre de se contracter sans effort et sans résistance. Des dispositions nouvelles permettraient d'expérimenter sur les vibrations moléculaires qui peuvent se produire dans le muscle.

Nous avons d'ailleurs présenté sur ce sujet spécial le 15 juillet 1877, à la Société de biologie de Paris, un appareil destiné à donner une idée du mode de contraction musculaire. La *Gazette des Hôpitaux* du 17 juillet donnait la description de cet appareil :

« M. Onimus présente à la Société, au nom de M. Trouvé, un appareil électrique destiné à mettre en évidence le mode de contraction musculaire.

« M. Trouvé, frappé des effets considérables que produisait sur ses muscles un faible courant électrique, a pensé que là devait résider un des principaux récepteurs de la force électromotrice. Ce fut dans ce sens qu'il dirigea ses expériences, dont le résultat fut la construction d'un instrument répondant à toutes les affections du muscle.

« M. Trouvé a assimilé les molécules actives du muscle à de petits électro-aimants s'attirant par leurs pôles contraires. Il est facile de comprendre de suite le travail produit par un pareil mécanisme. L'effort exercé par deux électro-aimants, multiplié par la surface de section, donne bien l'idée du travail produit par le système et l'amplitude du mouvement, mais ne peut rendre compte des effets considérables observés sur le muscle. Aussi M. Trouvé, continuant son étude, acquit la preuve qu'il fallait nécessairement totaliser

chaque effort individuel des électro-aimants, car ce total devait donner mathématiquement la résultante de la puissance totale du système, et par cela même, fournir une plus haute idée de l'énergie du muscle.

« Quel pouvait être maintenant le mécanisme pouvant totaliser les efforts? M. Trouvé, se rappelant ce jeu des enfants appelé grenouillette, qui consiste dans des parallélogrammes articulés faisant mouvoir des

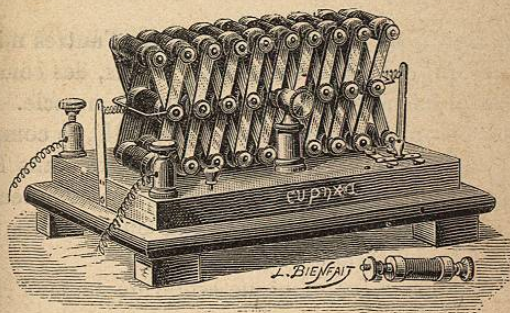


Fig. 193. — Muscle artificiel Trouvé.

soldats, construisit un appareil (fig. 193) qui se compose d'une série d'électro-aimants s'attirant entre eux par leurs pôles contraires, et réunis par des parallélogrammes articulés qui en totalisent les efforts. Sans oser rappeler, en aucune façon, la forme du muscle, et sans prétendre en reproduire tous les effets, ce petit appareil en explique cependant quelques propriétés, et permet, dès maintenant, de formuler la théorie suivante :

« La puissance d'un muscle est la résultante de

toutes les attractions moléculaires partielles. Ce petit appareil explique, d'une façon très satisfaisante, la contraction totale d'un muscle, par l'électrisation localisée (méthode de Duchenne, de Boulogne) sans avoir recours à des actions réflexes ou à la propagation de l'ébranlement moléculaire.

« Il permet encore d'expliquer la persistance de la contraction musculaire par la persistance du magnétisme. »

On doit à M. le D^r Boudet de Paris d'autres microphones qui ont donné, entre ses mains, des connaissances précieuses sur la dynamique du muscle.

Son myophone, entre autres (fig. 194), se compose d'un transmetteur téléphonique B fixé dans l'axe d'une cavité héli-ellipsoïde close hermétiquement par une membrane de parchemin ou d'ébonite renforçant les vibrations communiquées.

Le système microphonique est formé de deux charbons H, D, dont le premier est solidaire du téléphone et le second supporté par un chariot à vis permettant le réglage.

Dans le circuit est intercalé une pile et un récepteur téléphonique.

Le myophone a démontré à M. Boudet de Paris, que si le muscle sain ne produit aucun bruit, les muscles paralysés donnent un bruit très faible.

« Les piles que l'on doit employer de préférence (pour actionner les microphones), dit M. Boudet de Paris¹, sont évidemment celles qui donnent

¹ Des Applications du téléphone et du microscope à la physiologie et à la clinique.

le courant le plus constant. Mais ici interviennent d'autres considérations, et tout d'abord celle de la nature même du courant. Toutes les expériences que j'ai entreprises à cet égard m'ont démontré que les courants de *tension*, fournis par des piles à grande résistance intérieure, sont bien préférables aux courants de *quantité*, piles à grandes surfaces et à faible résistance intérieure. C'est du

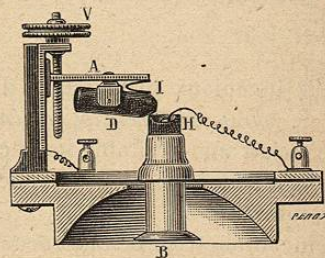


Fig. 194. — Myophone Boudet de Paris.

A, chariot portant un charbon mobile. — B, transmetteur téléphonique explorateur. — D, charbon mobile. — H, charbon fixe. — I, ressort de papier réglant la pression des charbons. — V, vis micrométrique pour descendre ou relever à la main le chariot A.

reste ce qui ressort des expériences de la plupart des physiiciens, puisque, pour les communications micro-téléphoniques à de grandes distances, on substitue les courants induits aux courants continus (système Edison).

« Depuis longtemps déjà, E. Gray avait reconnu la valeur de ce principe : « les émissions électriques doivent avoir une tension considérable pour rendre l'effet perceptible à l'oreille. »

« Le courant qu'il faudra employer de préférence

sera donc celui fourni par des piles constantes, à petites surfaces, et réunies en tension, c'est-à-dire par leurs pôles de noms contraires.

« Les petits éléments au sulfate de cuivre construits par Trouvé sont excellents pour ce genre d'expériences ; avec deux couples seulement, le téléphone reproduit les bruits du cœur et du muscle en contraction avec assez d'intensité pour les rendre perceptibles à plusieurs centimètres de son embouchure. »

Un des plus ingénieux instruments d'électrophysiologie est le *pont différentiel à induction* du même auteur ; c'est une véritable balance électrique permettant de reconnaître et de graduer des intensités des plus minimes.

Sur la bobine inductrice B sont enroulés, en sens contraires, deux circuits indépendants de résistances parfaitement égales. Le noyau est en fer doux et le tout repose sur une planchette de 10 centimètres de côté portant plusieurs bornes. Les rhéophores de la pile viennent aux bornes *a* et *b*.

Celui qui vient en *a* traverse au préalable le système d'un électro-aimant et d'un diapason¹ (fig. 195)

¹ Dans ces dernières années, M. Boudet de Paris avait spontanément reconnu la supériorité, dans le cas présent, de notre interrupteur à mouvement d'horlogerie (fig. 109) sur le diapason électrique (fig. 255), pour donner, dans des conditions semblables, des courants toujours comparables et des résultats physiques ou physiologiques identiques. C'est que l'interrupteur, très précis, fournit des courants de durées égales quel que soit le nombre des intermittences à la seconde, du moins dans de très larges limites.

Le champ des variations du diapason n'est pas non plus

formant interrupteur, puis il se bifurque à la borne. L'une des branches va s'enrouler de *droite à gauche* sur la bobine centrale, et revient à la borne *b* et à la pile P. La seconde branche (pointillée) s'enroule au

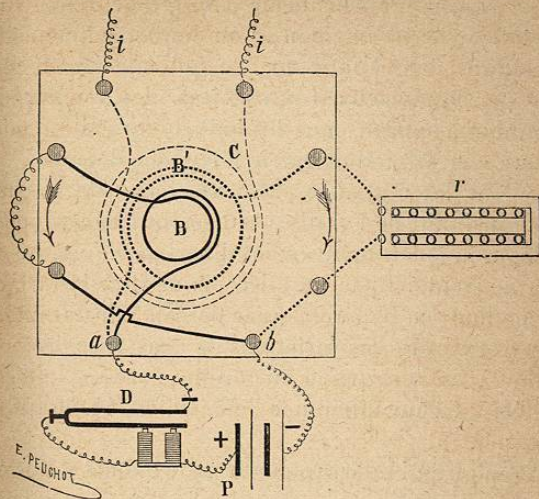


Fig. 195. — Pont différentiel de Boudet de Paris à induction.

contraire de *gauche à droite*, rejoint une borne et un rhéostat puis rentre par la borne *b* à la pile.

Quant au fil induit dont les extrémités sont fixées

considérable et ne s'étend guère aux courants de petite fréquence, tandis que celui de l'interrupteur est pour ainsi dire indéfini et convient aussi bien, sinon mieux, dans les cas de petite fréquence que dans ceux des vibrations très rapides. On comprend ainsi la décision qu'avait prise l'éminent thérapeute de substituer, dans son pont différentiel, l'interrupteur à mouvement d'horlogerie au diapason.

en i et i' , il s'enroule sur les deux circuits inducteurs et se trouve relié à un téléphone.

Quand les résistances de ces deux circuits inducteurs inverses sont exactement équivalentes, le téléphone n'accuse aucun bruit à l'oreille. Mais si la résistance vient à augmenter ou diminuer l'intensité du courant dans l'un d'eux, ce qui s'obtient facilement par la manœuvre du rhéostat, il n'y a plus de juste compensation dans les inducteurs et il se produit un courant induit que le téléphone dénonce.

Le pont différentiel se prête très bien à la mesure de la sensibilité de l'oreille; seulement l'interrupteur à diapason ou à mouvement d'horlogerie est remplacé souvent ici par un microphone (fig. 196). Une oreille fine ou hypéresthésiée perçoit dans un téléphone ordinaire des variations de résistance de 2 ou 3 ohms et moins, quand une oreille paresseuse n'est sensible qu'à une différence de 5, 10, 20, 40, 50 ohms et plus.

L'emploi de l'interrupteur à mouvement d'horlogerie s'impose ici avec plus de rigueur encore que dans le cas du pont différentiel simple. (Voir la note de la page 386.) Tout d'abord les inconvénients du microphone dans un cas semblable sautent aux yeux. Dès 1888, Boudet de Paris recommandait (*Electricité médicale*) de délaissier le microphone pour le diapason. « On a fait, disait-il, à l'emploi du microphone une objection fort juste; en effet, les microphones différent beaucoup entre eux; leurs vibrations, pour un son d'une même intensité, ont rarement des amplitudes semblables; par conséquent, toutes choses égales d'ailleurs, les résultats du pont différentiel

varient avec les microphones employés. Il est donc préférable de supprimer cet instrument, et, puisque le téléphone récepteur produit toujours un son, quel que soit le mode de variation du courant, on

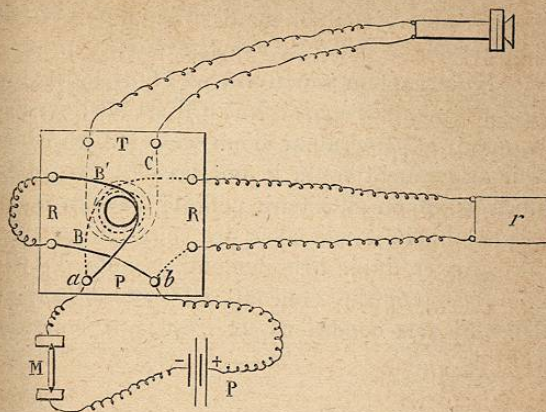


Fig. 196. — Pont différentiel de Boudet de Paris disposé pour la mesure de la sensibilité auditive.

remplace le microphone par un diapason interrupteur... » Boudet de Paris n'avait pas poussé assez loin, tout d'abord, sa critique. Il se serait vite aperçu et effectivement il s'est finalement convaincu que, tout comme les microphones, les diapasons « différent beaucoup entre eux » et que des courants d'intensités égales sont loin de leur imprimer des amplitudes égales et, comme conséquence, des tonalités semblables; ce sont pourtant ces tonalités qui servent à graduer les courants et à juger de leur grandeur.

Evaluer la sensibilité auditive d'un sujet dans ces conditions ne comportait pas une précision bien rigoureuse, d'autant que la sensibilité auditive du médecin lui-même, l'éducation musicale de son oreille, était une *équation personnelle* qu'il aurait fallu déterminer préalablement; et la chose présente toujours quelque difficulté assez grande.

Avec l'interrupteur à mouvement d'horlogerie, tous ces inconvénients disparaissent. On est sûr, avec cet instrument, le générateur d'énergie étant constant, d'avoir au moment voulu le nombre d'interruptions voulu, sans qu'on ait à tenir compte d'aucun coefficient personnel, et cela avec des courants constamment égaux en durée brutalement rythmés. Le téléphone récepteur des courants vibre donc toujours dans les mêmes conditions, et c'est là la condition essentielle.

C'est lors d'une visite dans notre laboratoire que M. Boudet de Paris reconnut la supériorité de notre interrupteur sur le diapason dans le pont différentiel audiométrique. Nous faisons monter pour MM. Weiss et Mergier, de la Faculté de médecine, un de ces interrupteurs. M. Boudet nous fit l'honneur de nous demander de lui confier un des appareils, et peu de jours après il venait nous faire part des heureux résultats qu'il en tirait et de sa résolution de l'adopter définitivement. La mort l'a empêché de publier ses observations.

Le pont différentiel peut encore servir à la mesure des résistances. En effet, si on intercale la résistance à mesurer dans le premier circuit après avoir mis en

place l'interrupteur, on aura à lecture directe sur le rhéostat la résistance cherchée, quand, à l'aide de ce rhéostat, on aura introduit une nouvelle résistance

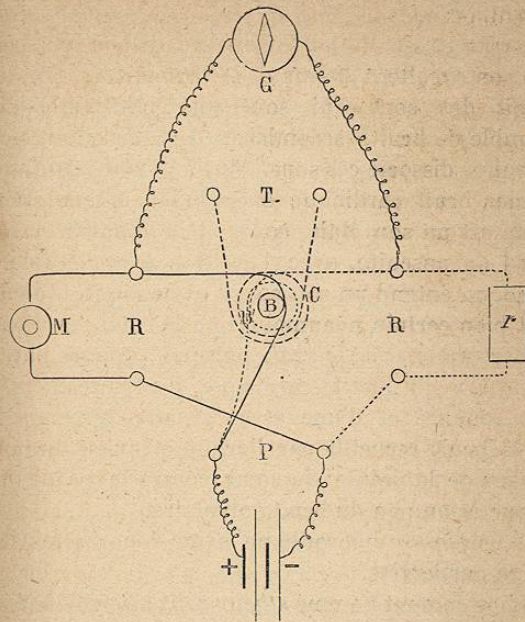


Fig. 197. — Pont différentiel de Boudet de Paris disposé pour la mesure des résistances ou excitants.

telle que l'oreille ne percevra plus aucune vibration téléphonique.

Le téléphone peut d'ailleurs être remplacé par un galvanomètre très sensible à fil fin G (fig. 197).