

**Manera de graduar las corrientes farádicas.** — En ciertos aparatos, las dos bobinas son fijas, y la bobina inducida ó secundaria cubre completamente la bobina inductora ó primaria. En estas condiciones, pueden graduarse las corrientes farádicas mediante un cilindro metálico con el que se cubre más ó menos la bobina inductora ó su haz de hierro dulce (fig. 137, R); en este cilindro se desarrollan corrientes inducidas cerradas sobre sí mismas, ó corrientes de Foucault, que disminuyen la inducción en la bobina secundaria; las corrientes de ésta son tanto más débiles cuanto más hundido está el cilindro metálico sobre la bobina inductora ó sobre su núcleo de hierro dulce; tienen su máximo de fuerza cuando se quita el cilindro completamente. Este modo de graduación de las corrientes farádicas deja mucho que desear desde el punto de vista del electrodiagnóstico; frecuentemente no permite obtener corrientes bastante débiles, modifica sensiblemente la forma de la onda inducida, y, aun empleando cilindros metálicos con divisiones de su longitud, es difícil la comparación de los resultados obtenidos.

El segundo modo de graduación de las corrientes farádicas consiste en emplear un reostato y en oponer á la corriente inducida una resistencia apropiada. Debe escogerse un reostato que tenga lo menos posible de selfinducción, y por esto deben desecharse la mayor parte de los reostatos de bobinas metálicas. Ciertos reostatos de grafito, principalmente el de Levandowsky, podrían ser utilizados. Pero nos parecen preferibles los reostatos de líquido como aquellos de que nos ocuparemos al hablar de las corrientes voltaicas. Al empleo de estos reostatos puede objetarse la dificultad de conocer exactamente la resistencia intercalada; otra objeción es su aplicación difícil y engorrosa á los aparatos transportables.

Por esto el tercer modo de graduación de las corrientes farádicas es el más generalmente empleado, á pesar de las imperfecciones que también tiene. Requiere aparatos contruidos según el modelo del carro de Dubois-Reymond, en los cuales la bobina secundaria es movable sobre la bobina primitiva (figs. 135, 136 y 137). Las corrientes producidas en la bobina secundaria, tienen su máximo de energía cuando cubren completamente la bobina primaria; disminuyen gradualmente cuando se aleja la bobina inducida de la bobina inductora, hasta hacerse tan débiles como sea necesario. Para medir el valor de la corriente empleada, se anota la separación de las dos bobinas en centímetros y en milímetros, mediante una regla señalada con este objeto y fijada al aparato. Conviene saber que la energía de la corriente inducida no crece en proporción regular á la aproximación de las bobinas. Los resultados obtenidos son

calculables en un mismo aparato, pues en otro aparato la separación de las bobinas puede ser diferente para producir la misma excitación.

Con objeto de hacer más comparables las exploraciones farádicas, se ha propuesto construir todos los aparatos según un tipo adaptado como modelo. Las bobinas inductora é inducida tendrían dimensiones determinadas y siempre las mismas en longitud y en diámetro. Sobre las bobinas estarían arrollados alambres de sección transversal diferente, pero la misma para las primarias, y la misma para las secundarias; de este modo la longitud del alambre, su resistencia y el número de vueltas serían respectivamente los mismos en las bobinas inductoras y en las bobinas indu-

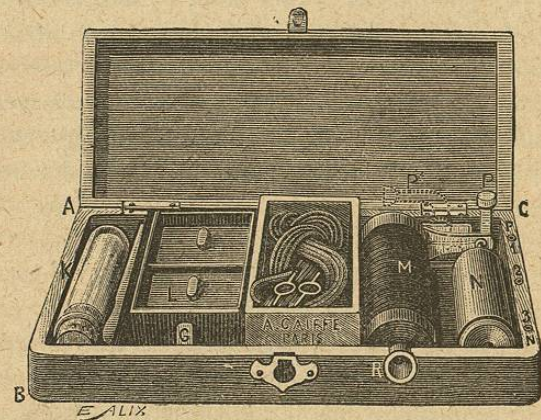


Fig. 138. — Pequeño aparato farádico, con bobina fija, M, y graduador, R. Modelo excitado por dos pilas, L, de bisulfato de mercurio

cidas. En estas condiciones, las observaciones serían seguramente más comparables sin por esto serlo de un modo absoluto, pues el coeficiente de inducción mutua de las dos bobinas puede también ser algo diferente según otras diversas condiciones, sobre las cuales no debemos extendernos. Debería también procurarse dar á la corriente inductora una intensidad constante y de igual valor en todos los casos, y asimismo producir sus intermitencias en condiciones idénticas y en número igual.

No obstante, puede ser ventajoso en ciertos casos practicar la exploración farádica con bobinas inducidas que tengan hilos de sección diferente; esto es lo que permiten hacer los aparatos de carro en los que la bobina inducida puede ser reemplazada á voluntad por otra. Con el gran carro de Tripier, por ejemplo, quedan provistas generalmente tres bobinas secundarias. La primera se compone de un alambre fino de 15 centésimas de milímetro de diámetro, muy largo por consiguiente, enrollado

en gran número de vueltas y presentando una resistencia de 2,000 ohms. Con esta bobina, la tensión de las corrientes inducidas es considerable y los nervios sensitivos son vivamente impresionados; los nervios motores y los músculos, por el contrario, son menos vivamente excitados. La segunda bobina se compone de un hilo de sección mediana, de 7 décimas de milímetro de diámetro como el hilo de la bobina primaria, y por lo tanto mucho menos largo que el precedente, que da un número de vueltas mucho menor y tiene una resistencia infinitamente más débil, de unos 10 ohms aproximadamente. Esta bobina se emplea á menudo para la exploración de los nervios motores y de los músculos. La tercera bobina se compone de un hilo mucho más grueso, 14 décimas de milímetro de diámetro, menos largo aún por consiguiente, también con menos vueltas y presentando una resistencia débil, generalmente inferior á 1 ohm. La tensión de las corrientes inducidas es en ella mucho menos elevada, los nervios sensitivos son mucho menos impresionados que con las bobinas precedentes, y su empleo es ventajoso para la exploración de los nervios motores y de los músculos en regiones de sensibilidad muy desarrollada, en la cara, por ejemplo.

Sería muy de desear, para el electrodiagnóstico, poder referir á las unidades de medida eléctrica el valor de la intensidad y de la fuerza electromotriz de las corrientes farádicas utilizadas. Desgraciadamente esta medida ofrece grandes dificultades y no ha sido aún resuelta satisfactoriamente. Únicamente en una instalación fija es posible emplear aparatos delicados que sólo solucionan imperfectamente la cuestión. Por lo demás, el problema que debe resolverse es muy complejo; para conocer el valor de la excitación de una onda farádica, no basta conocer su intensidad y su fuerza electromotriz medias, debería conocerse la intensidad y la fuerza electromotriz en función de tiempo, y debería conocerse también, como hemos dicho, la frecuencia de la sucesión de las ondas farádicas. A pesar de todas estas imperfecciones, el empleo de las corrientes farádicas sigue siendo muy importante en el electrodiagnóstico, como ya veremos, pues las ondas farádicas excitan vivamente los nervios y los músculos en estado normal, pero pierden á menudo esta propiedad en diversas condiciones patológicas.

#### APARATOS VOLTAICOS

Las corrientes voltaicas son proporcionadas generalmente por pilas ó por acumuladores. También podrían obtenerse con un dinamo, ó tomarlas de una distribución de energía eléctrica de corriente continua; pero, en

estos dos últimos casos, las corrientes no son absolutamente continuas y conviene obviar las oscilaciones que presentan, por mínimas que sean, mediante ciertas disposiciones, intercalando, por ejemplo, en derivación sobre la corriente, acumuladores que pueden ser de muy débil capacidad, pero que deben estar montados en tensión y ser en número suficiente.

Por razón de la resistencia que ofrece el cuerpo humano, generalmente bastante elevada, y hasta muy elevada en ciertas regiones, las pilas ó acumuladores deben estar montados en tensión, es decir, reunidos por sus polos de nombre contrario. Para responder á las diversas necesidades del electrodiagnóstico, conviene poder disponer de una diferencia de potencia que alcance á 50 ó 70 voltios en los límites de la batería. Con los acumuladores, cuya resistencia interior es débil, esta diferencia de potencial corresponde con bastante exactitud á la suma de las fuerzas electromotrices de los diversos elementos reunidos en tensión; siendo esta fuerza electromotriz de 2 voltios aproximadamente por cada elemento, serán suficientes de 25 á 35 acumuladores. Con las pilas, cuya resistencia interior nunca es despreciable y con frecuencia se eleva á proporciones bastante grandes, la diferencia de potencial en los límites de la batería no corresponde exactamente, cuando el cuerpo está dentro del circuito, á la suma de fuerzas electromotrices de los diversos elementos reunidos; por esto es conveniente, según la naturaleza de las pilas y sus dimensiones, poder disponer de 40, 50 y hasta 60 elementos.

En una instalación fija son preferibles los acumuladores, porque pueden cargarse fácilmente; pero por su gran peso no convienen para aparatos portátiles.

De entre las pilas, las del género Daniell (zinc, cobre y solución de sulfato de cobre), muy empleadas en otro tiempo, se han abandonado en la actualidad. Tienen el inconveniente de gastarse con circuito abierto; presentan una resistencia interior bastante considerable y exigen cuidados frecuentes, ya para renovar el sulfato de cobre, ya para quitar las sales parásitas que se forman.

Las pilas del género Leclanché (zinc, carbón, bióxido de manganeso y solución de clorhidrato amónico ó de cloruro de zinc), que no se desgastan con circuito abierto, son muy preferibles, sobre todo cuando se excitan con una solución de cloruro de zinc; en estas condiciones, no se forman sales parásitas, el líquido no se evapora sino muy lentamente y duran largo tiempo. Teniendo que proporcionar un gasto débil, su consistencia es bastante regular. Para las instalaciones fijas, es preferible tomar elementos suficientemente grandes (vasos de 8 á 10 centímetros de lado, por ejemplo). Las baterías portátiles están constituidas por pequeños elemen-

tos, que forman aparatos bastante buenos, pero algo pesados (fig. 139). Deben transportarse por esto con precaución para evitar que el líquido oxidante se derrame sobre los hilos de comunicación, que se corroerían rápidamente. La fuerza electromotriz de estas pilas es de 1,45 voltios aproximadamente; cuando son recién cargadas, su resistencia interior es bastante débil, pero luego aumenta notablemente. Para satisfacer las diversas necesidades del electrodiagnóstico, se requiere una batería de 40 á 50 elementos; una batería de 25 á 30 elementos basta en muchos casos, pero á menudo es insuficiente para el examen de los nervios y de

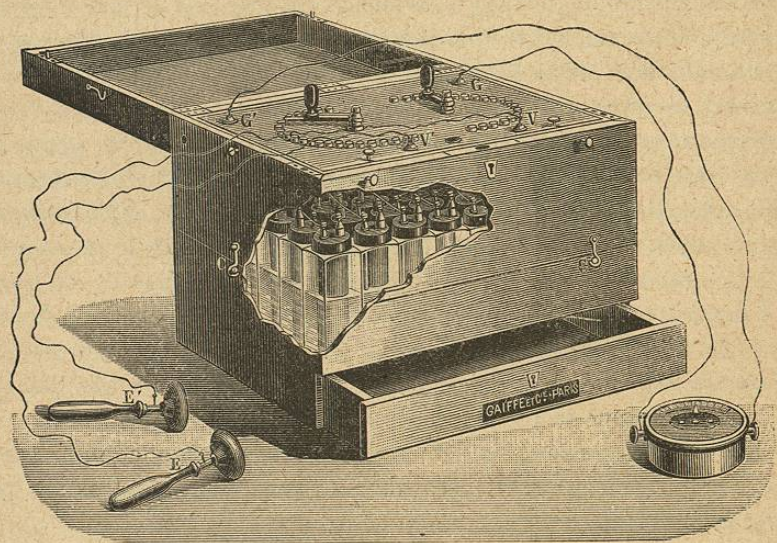


Fig. 139.—Batería de pilas de bióxido de manganeso y cloruro de zinc, con colector circular doble

los músculos de las manos y de los pies, y también cuando la resistencia de otras partes del cuerpo es bastante elevada.

Las pilas de de Lalande y Chaperon (zinc, cobre, óxido de cobre y solución de potasa), tienen una fuerza electromotriz débil, 0,8 voltios á 0,9 voltios por elemento, y necesitan baterías compuestas de mayor número de elementos.

Las pilas Junius (zinc, carbón y bióxido de manganeso, solución de potasa ó de sosa), tienen como las precedentes la ventaja de no gastarse con circuito abierto; tienen una fuerza electromotriz de 1,6 voltios aproximadamente y pueden dar una corriente que permanezca bastante constante, aun con un gasto bastante elevado. Son buenas pilas que podrían

utilizarse con ventaja, cuando menos para las instalaciones fijas, pues hasta el presente ignoramos que existan elementos bastante pequeños para poder constituir baterías portátiles.

Las pilas de bisulfato de mercurio son muy empleadas en electroterapia y en electrodiagnóstico; tienen el inconveniente de gastarse con circuito abierto, pero mediante una disposición sencilla se pueden sumergir fácilmente los zincs y los carbones en el líquido excitador en el

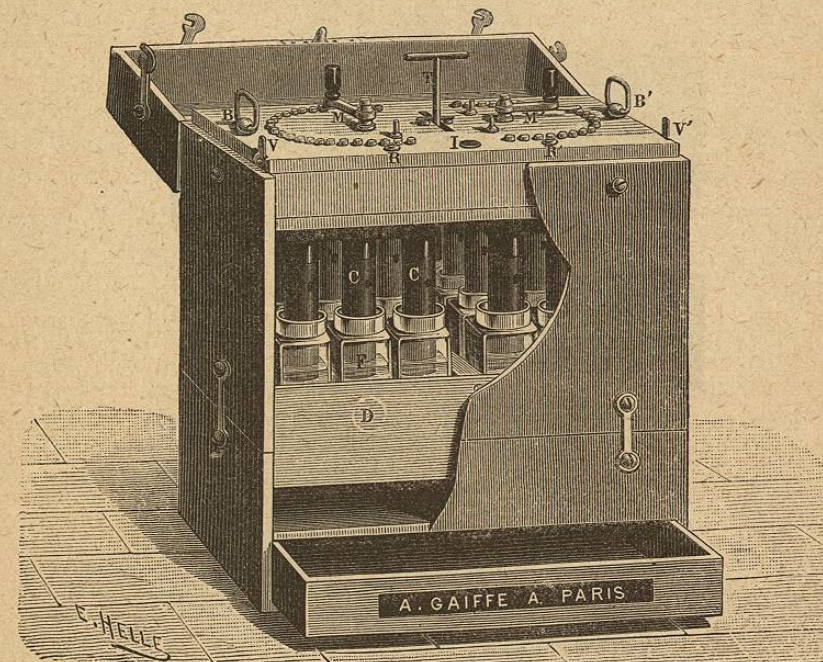


Fig. 140. —Batería de pilas de bisulfato de mercurio, con colector circular doble

momento de emplearlos, y retirarlos en seguida. Tienen una fuerza electromotriz de 1,5 voltios aproximadamente y una resistencia interior bastante débil; pero tienen el inconveniente de polarizarse sensiblemente, de modo que la diferencia de potencial en los límites de la batería disminuye notablemente del principio al fin de una exploración. Conviene tener una batería de unos 40 elementos, pues las de 25 á 30 no bastan para todos los casos. A pesar de los inconvenientes de que hemos hablado, estas pilas constituyen buenas baterías portátiles (figs. 140 y 141), utilizables en el gabinete de consulta; permiten el empleo de elementos pequeños, con lo cual resultan de poco peso, fácilmente transportables, fáciles de limpiar y de recomponer.

Las pilas de cloruro de plata (fig. 142) ofrecen algunas ventajas para los aparatos portátiles; son ligeras, pueden cerrarse herméticamente y resultan, por lo tanto, de fácil transporte; pero tienen el inconveniente, cuando están algún tiempo sin servir, de dar lugar á la formación de sales que aumentan considerablemente la resistencia interior de la pila; al propio tiempo tienen escasa fuerza electromotriz, 1,01 voltio por elemento, y, por consiguiente, deben reunirse en número bastante considerable

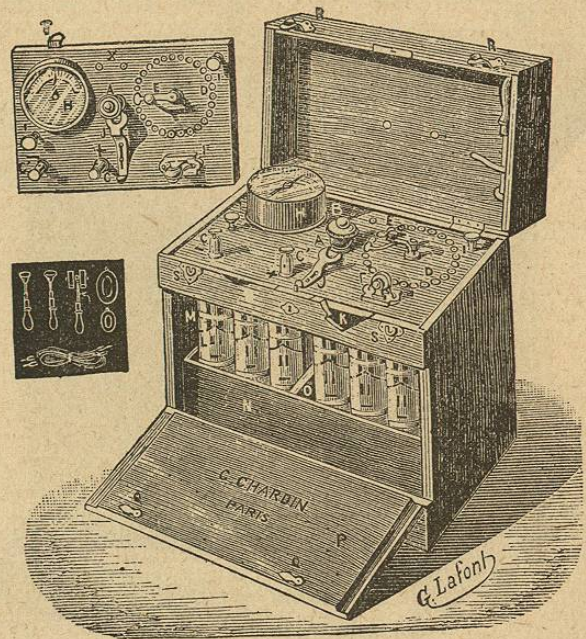


Fig. 141. — Batería voltaica, compuesta de pilas de bisulfato de mercurio  
Modelo de flotadores de CHARDIN

para formar una batería que satisfaga todas las necesidades; además, su precio de compra y composturas es bastante elevado.

**Manera de graduar las corrientes voltaicas.** — Las corrientes voltaicas pueden graduarse por distintos procedimientos; en efecto, teniendo presente la fórmula de Ohm:  $I = \frac{E}{R}$ , vemos que puede hacerse variar I, haciendo variar E ó variando R. Se aumentará, por ejemplo, la intensidad, ó bien aumentando la fuerza electromotriz ó disminuyendo la resistencia; é, inversamente, se disminuirá la intensidad disminuyendo la fuerza electromotriz ó aumentando la resistencia. Se podrá también aumentar la intensidad aumentando la fuerza electro-

motriz y disminuyendo al propio tiempo la resistencia, y al revés, para disminuir la intensidad, podrá obrarse á la vez en sentido contrario sobre la fuerza electromotriz y sobre la resistencia.

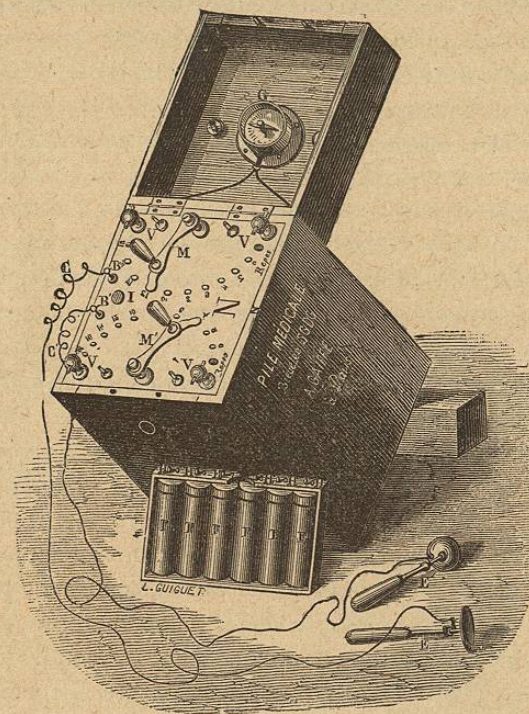


Fig. 142. — Batería de pilas de cloruro de plata

**Colector.** — Para hacer variar la fuerza electromotriz, se emplea comúnmente el colector de elementos (fig. 143), aparato dispuesto para

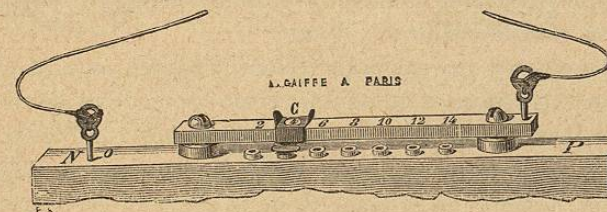


Fig. 143. — Colector rectilíneo simple

intercalar en el circuito, sin otra sacudida que la que resulta del paso de un elemento al elemento próximo, un número gradualmente creciente ó gradualmente decreciente de elementos, aumentando de este modo la