

fuerza electromotriz en el primer caso, y disminuyéndola en el segundo. El empleo del colector, que se usa con frecuencia, es un buen procedimiento cuando la resistencia exterior del circuito es bastante acentuada, cuando, por ejemplo, la resistencia de las regiones del cuerpo que se explora es considerable. Pero cuando esta resistencia es escasa, el paso de un elemento al otro hace variar la intensidad dentro de límites demasiado extensos. Puede obviarse este inconveniente añadiendo al circuito exterior una resistencia apropiada, escogida convenientemente, 5,000 á 10,000 ohms, por ejemplo; en estas condiciones, el paso de uno á otro elemento, en lugar de hacer variar la intensidad de uno ó varios miliamperios á la vez, no hace variarla más que de décimas de miliamperios. Conviene recordar, sin embargo, que la intercalación de una resistencia semejante en el circuito exterior tiene una notable influencia sobre las manifestaciones de la excitabilidad de los nervios y de los músculos¹, y que esta influencia es tanto más considerable cuanto la selfinducción de la resistencia intercalada es mayor².

Reostato en tensión. — Para graduar la intensidad variando la resistencia, se emplean aparatos llamados *reostatos*. Se toma una fuerza electromotriz fija, todos los elementos de la batería, por ejemplo, y, según que se quiera aumentar ó disminuir la intensidad, se disminuye ó aumenta la resistencia del reostato intercalado en tensión en el circuito. Conviene escoger, por las razones que hemos señalado, reostatos que tengan la menor selfinducción posible. Por este mismo hecho, los reostatos con carretes de hilos metálicos, como se construyen generalmente, no deben apenas utilizarse; además, como no tengan una disposición muy complicada, no permiten una graduación fácil y regular de la corriente.

Son preferibles los reostatos de grafito, el de Lewandowski principalmente; sin embargo, este último apenas puede emplearse más que en una instalación fija. Podrían también utilizarse reostatos construídos con lápices Comté, como ha indicado Weiss³.

Pero los reostatos que nos parecen más prácticos para el objeto que nos ocupa, son los reostatos de líquido, como los modelos de Bergonié y el de Bordier (figs. 144 y 145) y el modelo de Dubois (de Berna). Aun con estos reostatos, cuando se toma toda la fuerza electromotriz de la batería, 50 ó 60 voltios, ó menos, la graduación de la corriente no se hace siempre según una progresión suficientemente sensible, si se han de explorar

¹ HUET, *Société française d'Electrothérapie*, Noviembre de 1895, y *Archives d'Electricité médicale*, Diciembre de 1895.

² DUBOIS (de Berna), *Archives de Physiologie*, Octubre de 1897, y *Archives d'Electricité médicale*, Enero de 1898.

³ WEISS, *Archives d'Electricité médicale*, 1893, pág. 275.

regiones del cuerpo que tengan escasa resistencia. También conviene poder tomar en estos casos sólo una parte de la fuerza electromotriz total de la batería, la cuarta, la mitad, ó las tres cuartas partes, por ejemplo, según la resistencia de las regiones que se han de explorar. Estos reostatos tienen también el inconveniente de no ser fácilmente transportables,

y de complicar la instrumentación para las exploraciones que se han de efectuar fuera del gabinete; por esto preferimos la graduación con los colectores, colocándonos en las condiciones que hemos expuesto.

Reductor de potencial. — Otra manera de graduar las corrientes voltaicas consiste en el empleo de un aparato llamado reductor de potencial (fig. 146). Está basado en el mismo principio que el potenciómetro de Clark, ó que el

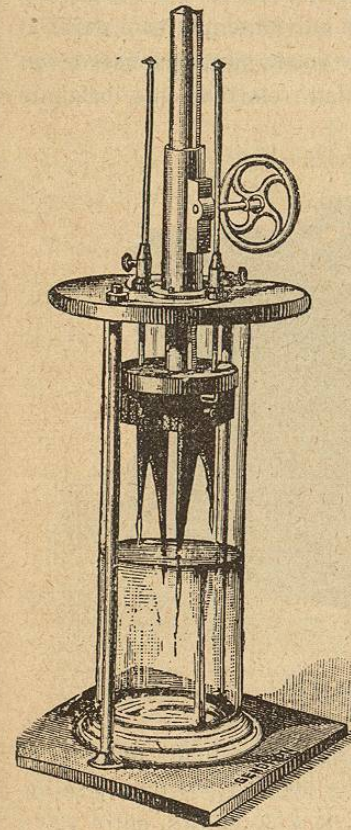


Fig. 144. — Reostato de líquido de Bergonié

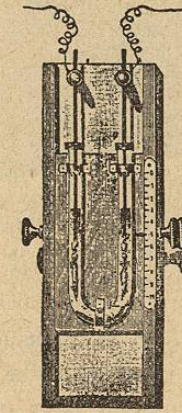


Fig. 145. — Reostato de líquido con tubo en U, modelo pequeño de Bordier

aparato comúnmente empleado en fisiología con el nombre de reocordio.

La corriente producida por toda la batería atraviesa un circuito de una resistencia de varios centenares de ohms (generalmente de 500 á 1,500 ohms); de la parte del circuito que comprende esta resistencia, se toma la corriente en desviación y es conducida á las regiones del cuerpo que deben ser exploradas (fig. 147, I). Según las leyes que rigen las

corrientes derivadas, la diferencia de potencial á nivel de los puntos de unión de las ramas de derivación que van á parar al cuerpo, es tanto más débil cuanto menor es la resistencia del circuito entre estos dos puntos de unión; aumenta progresivamente á medida que se aumenta la resistencia comprendida entre los puntos de unión de las dos ramas de la desviación. Este procedimiento permite graduar fácilmente, y según una progresión regular y muy sensible, la intensidad de la corriente que va á parar al cuerpo. Necesita un manantial eléctrico que pueda proporcionar de un modo constante una cantidad de electricidad relativamente bastante

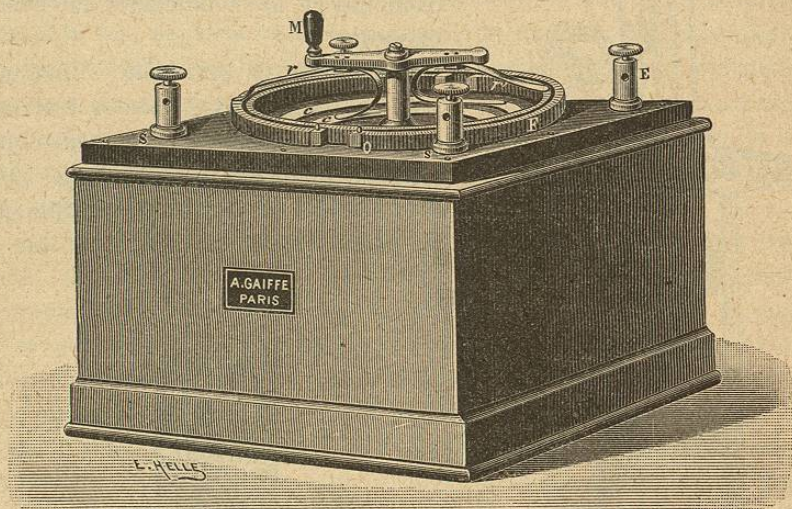


Fig. 146. — Reductor de potencial

elevada; en efecto, la intensidad que atraviesa el circuito del reductor de potencial, cuya resistencia es generalmente de 500 á 1,500 ohms, se encuentra comprendida, para un manantial de 50 á 60 voltios, entre 120 y 35 miliamperios; á ésta se añade la intensidad que atraviesa el cuerpo, siempre mucho más débil, puesto que está ordinariamente comprendida entre algunas décimas de miliamperio y unos veinte miliamperios. En este caso, son muy preferibles los acumuladores como manantial eléctrico, en cuyo caso basta dar al reductor de potencial una resistencia de 500 ohms. No obstante, pueden emplearse también las pilas, pero á condición de que puedan proporcionar la fuerza citada sin polarización muy acentuada y sin un desgaste demasiado rápido. Las pilas modelo Leclanché, de superficie depolarizante bastante grande, son las más comúnmente empleadas; pero es preciso dar al reductor de potencial una resis-

tencia mayor que para los acumuladores, 1,500 ohms por ejemplo. Por el contrario, no conviene el reductor de potencial para los aparatos portátiles compuestos de pilas del modelo Leclanché, de pequeñas dimensiones; puede emplearse para los aparatos portátiles de bisulfato de mercurio; pero éstos se polarizan muy rápidamente en aquellas condiciones y se desgastan con mucha facilidad.

Este procedimiento de graduación de las corrientes voltaicas es el que nosotros preferimos; no deja por eso de tener sus inconvenientes, ya

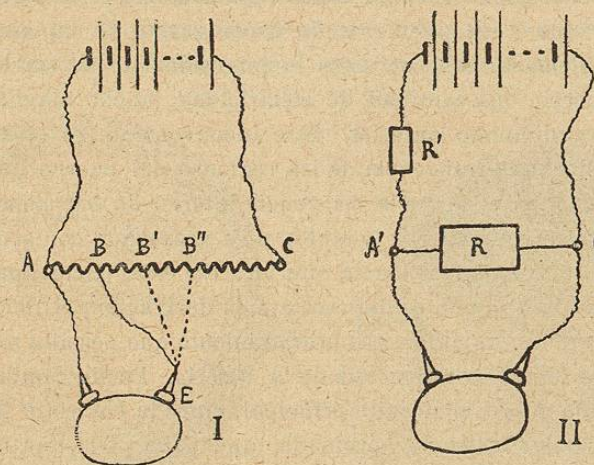


Fig. 147. — I. Representación esquemática del reductor de potencial; — A C, circuito de resistencia del reductor de potencial, atravesado de un modo continuo por la corriente que procede de la batería; — B, B', B'', diferentes posiciones dadas á la rama de derivación EB, para aumentar la intensidad de la corriente que ha de atravesar el cuerpo; — BC, B'C, B''C, partes variables del circuito de resistencia del reductor de potencial, atravesadas por la corriente que va de la batería al cuerpo.

II. Representación esquemática del reostato en derivación R, entre los dos puntos A' y C'. En R', resistencia que muchas veces conviene añadir en tensión entre la batería y las derivaciones.

que la corriente que va á parar al cuerpo ha de recorrer casi siempre (fig. 147, I) un circuito cuya resistencia, y sobre todo la selfinducción, no pueden despreciarse, condiciones que, como hemos visto (pág. 456), tienen una marcada influencia sobre las manifestaciones de la excitabilidad de los nervios y los músculos.

Reostato en derivación. — Pueden también graduarse las corrientes voltaicas por un procedimiento algo distinto. Consiste en intercalar un reostato en derivación entre los dos conductores que llevan la corriente de la batería al cuerpo (fig. 147, II). Según la ley de las corrientes derivadas, la intensidad de la corriente que atraviesa el cuerpo es tanto más

débil cuanto menor es la resistencia del reostato en derivación, é inversamente.

En conjunto, este procedimiento está fundado en los mismos principios que el anterior; sólo se distingue en que la manera de hacer variar la resistencia en derivación entre los dos conductores que van á parar al cuerpo es diferente. No tiene, como aquél, el inconveniente de hacer atravesar á la corriente que va á parar al cuerpo un circuito de resistencia y de selfinducción variables. Necesita, para que resulte práctico, un reostato en el cual pueda hacerse variar regularmente y sin sacudidas la resistencia, y tiene el inconveniente de hacer gastar al manantial eléctrico empleado, cuando debe ser poca la intensidad de la corriente que atraviese el cuerpo, una cantidad de electricidad mucho mayor todavía que en el procedimiento anterior. Este inconveniente es tanto mayor cuanto más débil es la resistencia de las regiones del cuerpo que deben explorarse, ó cuanto menor es la resistencia interior de los elementos de la batería voltaica; resulta, por lo tanto, muy acentuado con acumuladores ó con pilas de escasa resistencia interior. En estas condiciones, conviene poder asociar, al empleo del reostato en derivación, el del colector de elementos ó el de cualquier otro procedimiento que permita tomar sólo una parte de la fuerza electromotriz de la batería. Puede también colocarse en tensión sobre el circuito principal, entre la batería y las ramas de derivación, una resistencia apropiada, que debe presentar la menor selfinducción posible, y que, una vez elegida, pueda permanecer invariable.

Medición de las corrientes voltaicas. — Las corrientes voltaicas empleadas en electrodiagnóstico pueden medirse más fácilmente y de un modo más preciso que las corrientes farádicas. Con un galvanómetro graduado para conocer la intensidad de la corriente, llamado también amperímetro, ó mejor miliamperímetro en las condiciones en que nos encontramos (figs. 148 y 149), puede conocerse fácilmente la intensidad de la corriente que atraviesa el cuerpo.

En estos últimos veinte años ha progresado grandemente la construcción de los galvanómetros. Hoy ya apenas se emplean los antiguos galvanómetros de aguja imantada, que debía orientarse en la dirección del meridiano magnético, y cuyas indicaciones variaban de un lugar á otro ó eran inexactas, cuando á corta distancia del aparato se encontraban grandes masas de hierro. Además, en los nuevos galvanómetros se ha obtenido una gran aperiodicidad, esto es, que las oscilaciones de la aguja indicadora han quedado reducidas al mínimo, lo cual permite leer casi inmediatamente la intensidad señalada por el instrumento. La mayor parte de

estos galvanómetros derivan del tipo establecido por Deprez y d'Arsonval. En muchos, la lectura de la intensidad puede hacerse tanto, si el instrumento descansa horizontalmente como si se encuentra en posición vertical ó en cualquier posición intermedia, disposición ventajosa por la comodidad de las observaciones. La aguja marca siempre el cero cuando no atraviesa al galvanómetro ninguna corriente. Con los modelos ordinarios, es fácil obtener una sensibilidad suficiente que permite medir la intensidad por décimas de miliamperio; pero en estas condiciones, para responder á todas las necesidades del electrodiagnóstico, conviene muchas veces que el galvanómetro vaya provisto de un *shunt*. El galvanómetro de modelo corriente, que nosotros usamos comúnmente, está

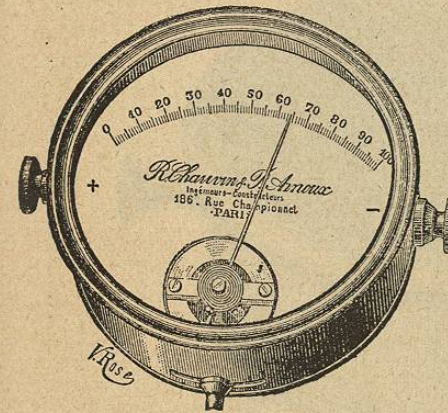


Fig. 148. — Miliamperímetro aperiódico de Chardin y Arnoux

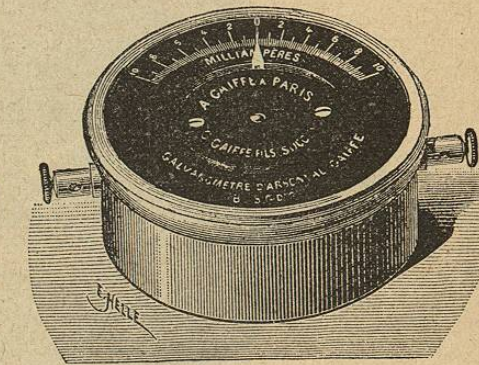


Fig. 149. — Miliamperímetro aperiódico de Gaiffe

dividido en 10 miliamperios; la escala es bastante extensa para comprender 100 divisiones, por consiguiente cada división corresponde á una décima de miliamperio. Añadiendo un *shunt* pueden multiplicarse estas indicaciones por 2, de modo que se pueden medir 20 miliamperios con una sensibilidad de dos décimas de miliamperio por división. Todavía podría escogerse un *shunt* que multiplicara por 5 las indicaciones de la aguja del galvanómetro, de modo que podrían medirse hasta 50 miliamperios con una sensibilidad de medio miliamperio por división.

Al medir las corrientes voltaicas, generalmente se limita la operación á evaluar la intensidad, cosa que puede hacerse fácilmente como acabamos de ver. La medición de la intensidad da puntos de comparación importantes entre una y otra observación. Sin embargo, no basta para dar por sí sola una medida completa de la acción fisiológica de la corriente

sobre la excitabilidad de los nervios y los músculos. Existe otro factor que también importaría tener en cuenta: el tiempo empleado por la corriente para alcanzar la intensidad señalada, tiempo siempre muy corto pero variable según diversas condiciones. Efectivamente, un mismo nervio ó un mismo músculo no se encuentra excitado de igual manera que una corriente de una misma intensidad, si cambian otras condiciones, si, por ejemplo, no se sostiene constante la resistencia que deba vencer la corriente; esto depende de que la duración del estado variable de la onda eléctrica se encuentra modificada en estas nuevas condiciones; el mismo efecto tiene lugar, por idénticas razones, bajo la influencia de la self-

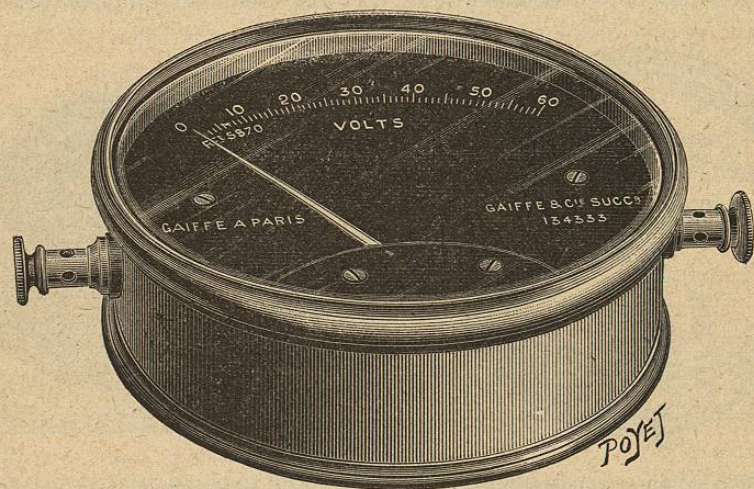


Fig. 150. — Voltímetro

inducción que puede desarrollarse en el circuito recorrido por la corriente. Pero si es fácil conocer la intensidad de la corriente, faltan desgraciadamente procedimientos prácticos que permitan apreciarla en función de tiempo durante el período de estado variable y, en este caso, debemos limitarnos á la simple medición de la intensidad.

Por regla general, se descuidan los otros factores de la corriente, la resistencia y la diferencia de potencial. Por lo demás, su medición es mucho más complicada que la de la intensidad. En lo que concierne á la resistencia, sería conveniente muchas veces conocer la que opone el cuerpo; pero si puede tenerse una idea aproximada de la misma, según la fuerza electromotriz empleada y la resistencia de las demás partes del circuito, es muy difícil medirla exactamente, como tendremos ocasión de ver luego.

Para la diferencia de potencial, la medición puede hacerse con un

voltímetro. Este aparato, en razón de la resistencia siempre bastante elevada del cuerpo, deberá ser muy resistente; debe colocarse en derivación á nivel de los puntos cuya diferencia de potencial quiera conocerse; en algunos casos, por ejemplo, puede medirse la diferencia de potencial á nivel de los electrodos aplicados sobre la piel; pero no insistiremos más sobre estas cuestiones, que sólo tienen un interés secundario para el objeto que nos ocupa ¹.

DE ALGUNOS APARATOS ACCESORIOS

Interruptores. — Como indica su nombre, los *interruptores* son aparatos destinados á interrumpir la corriente y á restablecerla. Las ba-

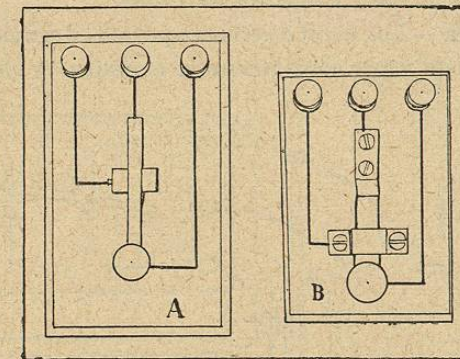


Fig. 151. — Interruptores

A, llave de Morse; — B, pedal interruptor de dos direcciones

terías voltaicas están muchas veces provistas de interruptores dispuestos para este objeto; estos interruptores resultan á veces defectuosos, por no permitir siempre abrir y cerrar convenientemente la corriente para practicar las exploraciones electrodiagnósticas. Lo mismo sucede frecuentemente con los mangos interruptores, y aún más, el empleo de éstos tiene otros inconvenientes; el esfuerzo necesario para actuar sobre el resorte frecuentemente da por resultado imprimir á los músculos subyacentes dislocaciones más ó menos acentuadas, que embrollan cuando se trata de observar las excitaciones producidas por la corriente.

¹ Conviene tener presente, sin embargo, que, según Dubois (de Berna), la medición de los voltios es más importante que la medición de la intensidad para determinar la excitabilidad eléctrica de un nervio ó de un músculo (*C. R. de l'Académie des sciences*, 12 Julio de 1897 y 20 Junio de 1898; *Archives de physiologie*, Octubre de 1897; *Archives d'électricité médicale*, Enero de 1898). Véase, además, R. CORNAZ, *Emploi du voltmètre en électro-diagnostic* (*Archives d'électricité médicale*, Octubre y Noviembre de 1898).