

„3.º Cuando las galerías en que se han de poner los órganos de transmisión, como cables, tubos ó cadenas, sean sinuosas, y sobre todo, cuando no se disponga para instalar la transmisión sino de una serie de galerías y falsos pozos enlazados en ángulo recto.,,

Podríamos multiplicar los ejemplos de esta nueva aplicación de los poderosos generadores eléctricos transformados en motores, aplicación que ha sido posible merced á la intervención de las máquinas de Gramme de corrientes continuas. Para esto bastarían recordar cuanto han podido admirar los visitantes del Palacio de la Industria durante la magnífica Exposición de Electricidad. Allí trabajaba sin descanso una multitud de máquinas y artefactos de toda clase, tornos, máquinas de cepillar madera, de tejer, de bordar, de coser, etc., movidas por una fuerza invisible. Mas acerca de este punto deberíamos ocuparnos de otra cuestión que se relaciona con la de la transmisión de la fuerza y de la cual trataremos cuando hayamos descrito los numerosos aparatos del alumbrado eléctrico; nos referimos á la distribución de la electricidad. Añadamos, sin embargo, desde luego que algunos experimentos recientes, hechos en Baviera en la línea de Munich á Miesbach, han confirmado los cálculos de M. Marcelo Deprez. Se ha efectuado con una pérdida de menos de 40 por 100 la transmisión de la fuerza entre dos máquinas Gramme idénticas, enlazadas con un hilo conductor de hierro galvanizado de 4,5 milímetros de diámetro. La distancia entre ambas estaciones es de 57 kilómetros.

## CAPÍTULO XII

### LA LUZ ELÉCTRICA

#### I

##### REGULADORES DE LAS LÁMPARAS FOTO-ELÉCTRICAS

La luz eléctrica, esa luz que brota entre los dos conos de carbón en que terminan los reóforos de una pila poderosa ó de una gran máquina de inducción, es, después de la del sol, la más deslumbradora de cuantas ha acertado á producir artificialmente el ingenio humano. Por esto se la ha utilizado en un gran número de aplicaciones científicas, industriales y militares, y hoy empieza ya á servir para el alumbrado público de las plazas y calles de las grandes ciudades, para los trabajos que no conviene interrumpir de noche, para las construcciones submarinas, las obras de las galerías de minas, los reconocimientos militares nocturnos, la marina, los faros, para los efectos del decorado en las funciones teatrales, y en fin, para los establecimientos públicos y casas particulares. En la mayoría de estos diferentes casos, el mejor éxito ha coronado las tentativas hechas, aunque no sin necesitar estudios especiales y la solución de dificultades particulares.

La producción del arco voltaico no es el único medio encontrado para obtener una luz bastante intensa á fin de emplearla en el alumbrado. Cuando se interpone en el circuito de una corriente alguna substancia de conductibilidad relativa bastante débil ó que ofrezca gran resistencia, como una barrita de carbón, un alambre de metal poco

fusible, como platino ó iridio, resulta una elevación de temperatura que pone á la substancia en cuestión en estado incandescente y puede mantenerla en él bastante tiempo para que se pueda aprovechar en el alumbrado la luz que procede de ella. Hanse originado de aquí dos clases de aparatos para el alumbrado eléctrico: los que utilizan el arco voltaico, y los que se valen de la luz producida por incandescencia. Empezaremos por la descripción de los aparatos de la primera clase, que son también los más antiguos.

Una de las principales dificultades del empleo del *arco voltaico* está en su discontinuidad. Sábese en efecto que cuando brota el haz luminoso entre los dos conos de carbón, la corriente transporta de uno á otro partículas de materia sumamente tenues; uno de los carbones parece crecer á costa del otro; pero en definitiva, la distancia entre ambas puntas va aumentando á causa de la combustión, y á medida que se embotan, la corriente se debilita, la intensidad de la luz decrece, y al cabo de cierto tiempo acaba por extinguirse. En caso de que la corriente empleada sea la de una pila voltaica ó de una máquina generatriz de corrientes continuas, es decir, que conserve constantemente el mismo sentido, el desgaste de los conos de carbón está en la proporción de 1 á 2, siendo el carbón positivo el que se desgasta más pronto. Si la máquina empleada es una de inducción, en que la corriente cambia de sentido á cada revolución, cada carbón resulta ser alternativamente positivo y negativo, siendo igual en ambos el desgaste. De todos modos, se comprende la necesidad de mantener las puntas de los dos conos á constante distancia, si se ha de conseguir un foco de luz continua. Esto se ha logrado mediante los aparatos llamados *reguladores*.

El principio de los reguladores de la luz eléctrica es la corriente misma; la fuerza eléctrica es precisamente la encargada de acercar los carbones, de mantenerlos á distancia conveniente. Para ello se hace pasar la corriente por las espiras de la bobina de un electro-imán y una armadura de hierro dulce se pone en contacto con sus polos cuando la corriente es de suficiente intensidad, es decir, mientras las puntas de los carbones están bastante próximas para producir un arco luminoso intenso. En este caso, la armadura está en relación con un mecanismo motor, con un aparato de relojería engranado á ella, aparato que no funciona, ó mejor dicho, que no puede acercar las varillas que llevan los dos conos de carbón, los cuales se desgastan poco á poco, su separación aumenta, crece la resistencia al paso de la corriente y la intensidad de ésta disminuye. Un muelle antagonista, que mantiene la armadura, acaba por prevalecer sobre la atracción del electro-imán; el contacto cesa y el movimiento de la armadura hace que el aparato de relojería se ponga en marcha, funcionando de modo que acerca entre sí los dos conos en la medida conveniente. Entonces la corriente recobra poco á poco su intensidad, síguese un nuevo contacto de la armadura, parálizase el movimiento, y de esta suerte continúa moviéndose y deteniéndose éste indefinidamente.

Comprendido ya el principio en que están basados los reguladores—cuya primera idea y realización debemos á Foucault,—se comprenderá también sin dificultad el mecanismo y el modo de funcionar más usados de estos aparatos.

Describamos desde luego el *regulador Duboscq*, discurrido para utilizar las corrientes continuas suministradas por las pilas.

La figura 440 representa este regulador.

*c* y *c'* son las dos barritas de carbón entre cuyas puntas brota el arco luminoso. La corriente que da lugar á la producción de la luz parte del polo positivo de la pila, entra por el tornillo *R*, recorre el hilo *g*, la bobina del electro-imán *BB*, la varilla *T*, pasa



de  $c$  á  $c'$ , y de allí, por las varillas  $T'$  y  $S$ , sale por el tornillo  $R'$  que está en comunicación con el polo negativo de la pila. En  $K$  hay un contacto móvil, puesto enfrente del núcleo de hierro dulce del electro-imán, cuyos polos lo atraen cuando la corriente conserva suficiente intensidad, ó lo que es lo mismo, cuando los carbones están á la distancia conveniente. Dicho contacto descansa entonces sobre el brazo horizontal de la palanca acodada  $L$ , movable alrededor de  $F'$ ; el brazo vertical de esta palanca engrana, por medio de otra más corta  $lm$ , con una rueda dentada que lleva el regulador  $g$  del mecanismo de relojería, y por consiguiente, este mecanismo no marcha mientras subsiste el contacto.

Pero el desgaste de los carbones y la gran separación de éstos, que es su consecuencia, debilita la corriente; el muelle antagonista  $s$  vence la presión del contacto  $K$ , lo aparta de los polos del electro-imán, las palancas  $L$  y  $lm$  sueltan el regulador  $g$ , y las ruedas  $pp'$  se ponen en movimiento: las dos barras dentadas  $S$  y  $T$  marchan en sentido contrario, los carbones  $c$  y  $c'$  se acercan, y recobrando la corriente y el arco luminoso su anterior intensidad, se establece de nuevo el contacto y se detiene la marcha de las ruedas dentadas. Y así indefinidamente.

La rueda dentada que hace salir la barra  $T$  es de doble radio que la que hace bajar la  $S$ , por lo cual el carbón positivo anda doble camino que el negativo: de este modo el arco luminoso permanece á una altura constante.

Veamos ahora los reguladores *Foucault* y *Serrin*, ambos usados en las aplicaciones industriales de la luz eléctrica. La figura 441 representa el primero de estos aparatos.

Las barras dentadas  $H$  y  $D$  que llevan los carbones son poco más ó menos como las del regulador *Dubosq*, sólo que las ruedas dentadas que las ponen en movimiento pueden girar en dos sentidos opuestos, porque están en relación con un mecanismo doble de relojería, uno de los cuales se halla sujeto mientras el otro anda. De este modo los co-

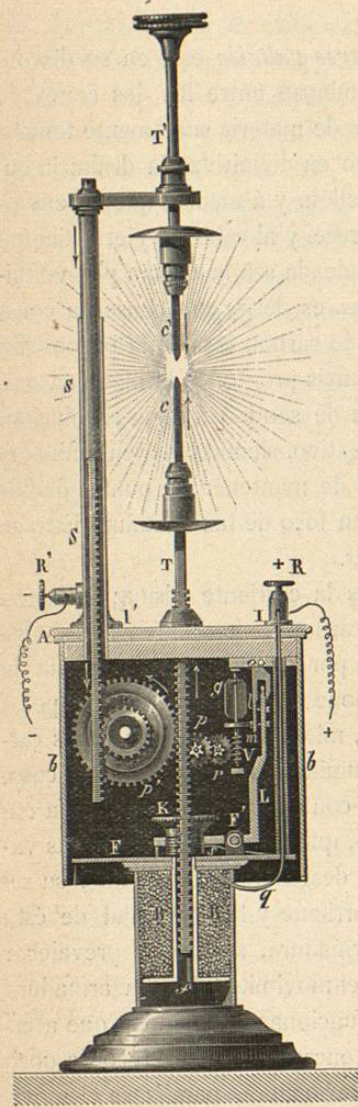


Fig. 440.—Regulador Dubosq

nos de carbón pueden acercarse ó alejarse uno de otro. Este retroceso automático de los carbones evita que se los tenga que arreglar con la mano, y precave también su contacto accidental, del cual resultaría la extinción del arco luminoso.

Los dos aparatos de relojería están provistos de dos volantes ó reguladores de aletas  $oo'$ , en cada uno de los cuales actúa alternativamente la cabeza  $t$  de una palanca  $T$ , movida por la armadura del electro-imán  $E$ . Cuando el volante  $o$  está sujeto al aparato de relojería correspondiente se detiene, pero entonces  $o'$  está libre y su mecanismo motor en marcha. El movimiento contrario de la armadura y de la palanca  $T$

produce un efecto distinto. Digamos ahora en qué circunstancias y en virtud de qué mecanismo se efectúan estos movimientos contrarios.

$F$  es la armadura que atraen los polos del electro-imán  $E$  si la intensidad de la corriente, que depende de la distancia entre los carbones, es suficiente para vencer la

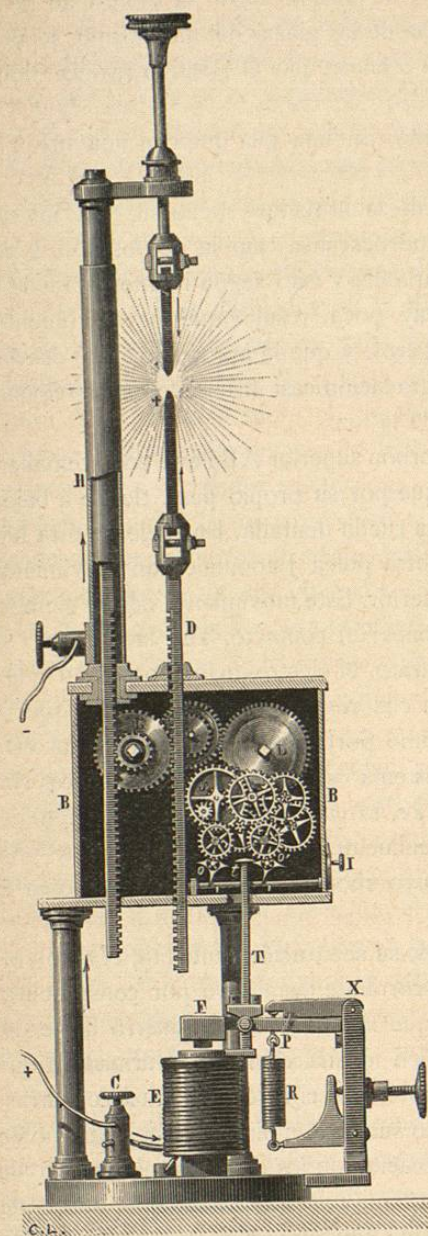


Fig. 441.—Regulador Foucault

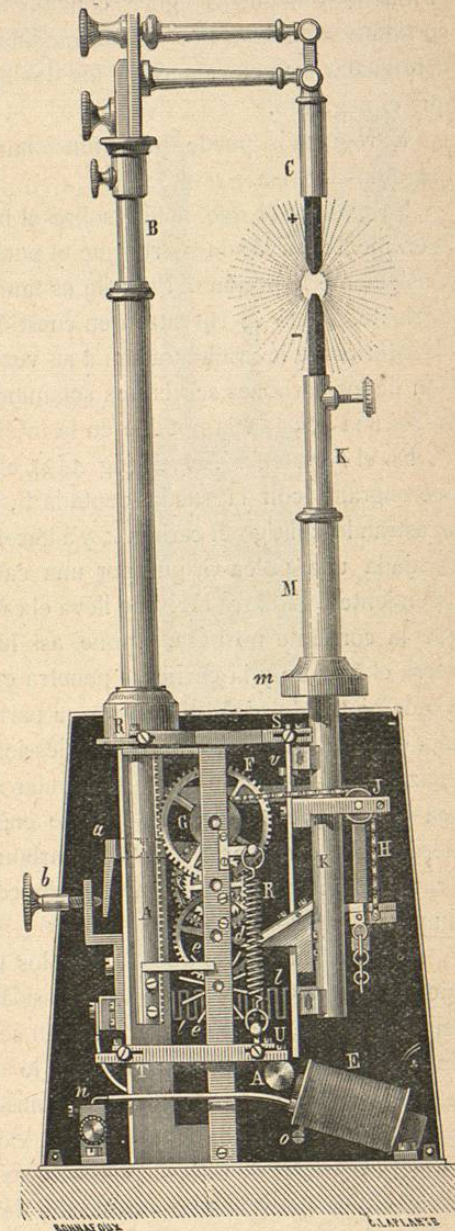


Fig. 442.—Regulador Serrin

acción del muelle antagonista  $R$ . Este no obra directamente en el brazo  $P$  de la palanca  $F$ , sino en otra palanca situada sobre la anterior y movable en  $X$ . Cuando la corriente tiene su intensidad normal, la varilla  $T$  está vertical y los dos aparatos de relojería sujetos é inmóviles. Pero si se debilita la corriente,  $F$  se aparta de los polos, el brazo de la palanca  $T$  se inclina á la derecha, y el volante  $o'$  es el único que queda sujeto, poniéndose entonces en movimiento el mecanismo de la izquierda y haciendo



que los carbones se acerquen. La corriente recobra progresivamente su fuerza, la palanca marcha en sentido contrario, y si la intensidad traspasa cierto límite, es decir, si los carbones se acercan más de lo necesario, entonces echa á andar el mecanismo que produce el retroceso mientras el otro queda detenido. Con un tornillo que actúa sobre el muelle R se puede regular convenientemente su tensión, según la intensidad de la corriente empleada. Por último, modificando una de las piezas del mecanismo, se pueden igualar las velocidades de los dos carbones ó hacer que el positivo avance doble que el negativo.

El regulador puede, pues, funcionar lo mismo con una pila que con una máquina magneto-eléctrica.

La palanca X que actúa sobre el brazo P de la armadura tiene su cara inferior ligeramente curva, de suerte que el punto en que descansa cambia de posición, y por consiguiente la acción del muelle es también variable, y esto según la intensidad de la corriente. Como la curvatura en cuestión es muy poca, resulta que los movimientos oscilatorios de la armadura son á su vez muy ligeros, y que la aproximación ó desviación de los carbones se verifica solamente por gradación casi insensible, proporcionando así una constancia notable en la intensidad de la luz.

En el *regulador Serrin* (fig. 442), el portacarbón superior AB lleva una cremallera que engrana con la rueda dentada F, barra que por su propio peso tiende á bajar, arrastrando consigo el carbón c, y á hacer girar la rueda dentada. En el eje de ésta hay encajada una polea G, que por una cadena y otra polea J comunica un movimiento ascendente á la barra KK que lleva el carbón inferior. Este movimiento ocurre siempre que la corriente no pasa, y pone así los carbones en contacto. Tan luego como se cierra el circuito y la corriente penetra en el aparato, el electro-imán E atrae un cilindro de hierro dulce A, el cual forma parte de un cuadrilátero oscilante TUSR que se baja con la armadura, y hace que descienda el tubo portacarbón KK con el cual está enlazado: una pieza de forma triangular d, del sistema oscilante, tropieza entonces con una de las papeletas del molinete de engranaje ee, lo cual produce la detención del mecanismo de relojería. Los dos carbones se encuentran entonces separados, y se forma instantáneamente el arco voltaico, en cuyo momento empieza á funcionar la lámpara.

Mas consumiéndose poco á poco los carbones, su separación aumenta; el arco voltaico crece en dimensiones, y la intensidad de la corriente disminuye por consecuencia del aumento de la resistencia. De aquí se sigue que la imanación del hierro dulce del electro-imán es mucho menor, como lo es también la atracción de la armadura que cede á la acción de los muelles antagonistas. El sistema oscilante sube entonces, arrastra consigo hacia arriba el trinquete d, y quedando suelto el molinete, el mecanismo de relojería funciona de nuevo. Siguese otra aproximación de los carbones, el aumento de intensidad de la corriente, la atracción de la armadura, y así indefinidamente hasta que el desgaste de los carbones sea tan considerable que haya precisión de renovarlos. De este modo se consigue que el funcionamiento de la lámpara y la duración de la luz producida sean continuos, y que sólo dependan de la mejor elección de la longitud de los carbones, calculada para el tiempo que se quiera asignar al alumbrado.

La corriente llega por un tornillo al tubo KK, y por una placa l de forma ondulada penetra en la bobina del electro-imán, y de aquí va al botón n que comunica con el polo negativo de la pila ó con la máquina magneto-eléctrica empleada.

Añadamos que los diámetros de la rueda F y de la polea G están calculados de

modo que su relación es la misma que la de los caminos recorridos por los dos carbones, caminos desiguales, por cuanto también lo es el desgaste de aquéllos, y que importa mantener el punto luminoso á una altura constante.

La casa Siemens y Halske, de Berlín, construye un regulador ideado por M. Hafner Alteneck para funcionar con su máquina magneto-eléctrica. Este sistema, muy usado en Prusia, está representado en la figura 443. Los dos portacarbones, ambos móviles, están unidos por las cremalleras de sus barras y por una rueda dentada que engrana en una y otra. La barra A hace descender por su peso el carbón positivo al mismo tiempo que sube el negativo. En virtud de este movimiento de aproximación de los polos, la intensidad de la corriente aumenta; el electro-imán E atrae una armadura M, que es prolongación de una palanca L acodada alrededor de Y. El extremo de la varilla L pone en movimiento un trinquete de detención Q, el cual actúa por medio de la rueda I sobre el mecanismo de relojería, y ocasiona la separación de las puntas de carbón. En el mismo instante se establece un contacto en X; la corriente sufre una derivación que quita fuerza al electro-imán y ocasiona la vuelta de la armadura á su primitiva posición. La palanca recobra también la suya; cesa el contacto en X, hay otra nueva atracción, y así sucesivamente. En resumen, por la acción del peso del portacarbón positivo sobre las ruedas, los carbones se acercan, se ponen en contacto y se enrojecen; el electro-imán entra en actividad y la acción de la armadura y de la palanca ocasiona el movimiento en sentido inverso; el arco nace, crece con el desgaste de los carbones, y tan luego como la separación entre éstos es excesiva y la debilidad de la corriente hace que cese la acción del electro-imán, ocurre el movimiento inverso, es decir, la aproximación de los carbones. Por lo demás, mediante unos tornillos y unos muelles

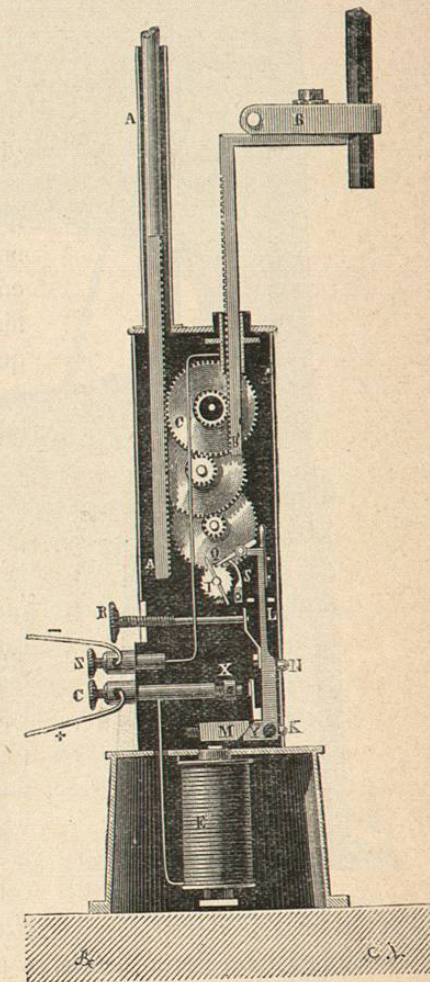


Fig. 443.—Regulador Siemens

adecuados se puede equilibrar y regularizar este doble movimiento, habiendo además otros que sirven para que se muevan simultáneamente los dos carbones, de modo que cambie de lugar el punto luminoso sin que se apague la luz.

Como aparatos reguladores fundados en la acción de los electro-imanés son también dignos de mención los de H. Fontaine, Hiram Maxim, Lontin, Gramme, Burgin y Mersanne. Por esta enumeración, sobrado incompleta, se ve cuán numerosos son los sistemas que tienen por objeto producir la luz eléctrica, ó mejor dicho, el arco voltaico. Sin embargo, sólo nos hemos ocupado de una de las clases de reguladores que debíamos proponernos describir. Y en efecto, los reguladores de que acabamos de tratar están basados en las variaciones de intensidad de la corriente que da el arco voltaico, varia-



ciones que actúan sobre un electro-imán cuya armadura pone en movimiento las ruedas que regulan la distancia de las puntas de los carbones. En otros reguladores, las variaciones de intensidad obran sobre un solenoide, siendo este el principio del aparato que ideó M. Archereau en 1848. El carbón superior estaba fijo, y la acción de un contrapeso debidamente calculado tendía á remontar el carbón inferior á medida que se desgastaban sus puntas; mas, por otra parte, el carbón inferior ó negativo descansaba en un cilindro de hierro y cobre por mitad colocado en un solenoide cruzado por la corriente. Este solenoide mantenía separados los carbones, atrayendo la varilla de hierro. Este sistema adolece de un inconveniente, cual es el de que el punto luminoso no conserva una posición fija en el espacio, por lo cual se le ha desechado.

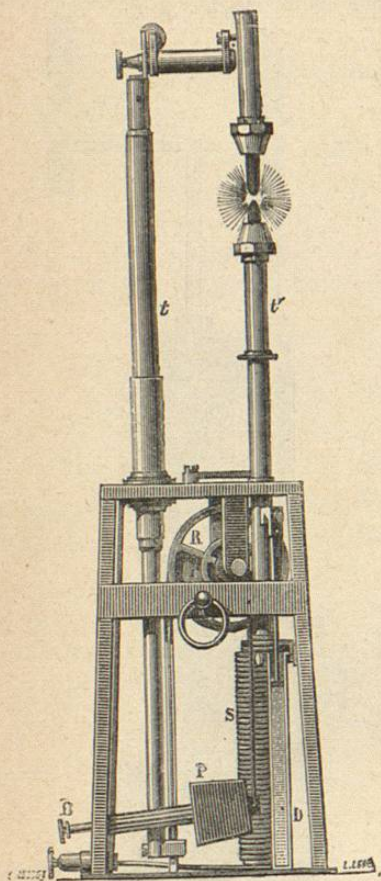


Fig. 444.—Regulador Jaspar

En el regulador Jaspar (fig. 444), lo propio que en el sistema Archereau, la acción de un solenoide es la que produce y mantiene la separación entre los carbones. Pero el carbón positivo no está fijo; tiende á descender por el peso de la varilla que lo soporta; ésta tira por su extremo inferior de una cuerda metida en la garganta de una polea que tiende á girar en sentido contrario al de las agujas de un reloj. Otra polea, de diámetro la mitad menor, gira solidariamente con la primera, y por medio de una cuerda adaptada al portacarbón negativo, propende á hacerlo subir en una cantidad que viene á ser la mitad de la que ha bajado el carbón positivo, de suerte que la posición del punto luminoso no varía. Por lo demás, la distancia entre los dos carbones se gradúa, según hemos dicho, por la acción del solenoide sobre la barra de hierro dulce del carbón negativo. El equilibrio entre los dos movimientos opuestos que tienden, el uno á acercar y el otro á separar los carbones, se obtiene con un contrapeso puesto en una palanca casi horizontal y que se mueve á lo largo de ella por medio de otra palanca. Por lo demás, se puede colocar el mecanismo como se quiera y según las necesidades, encima ó debajo del punto luminoso.

El regulador Gaiffe tiene sus dos portacarbones móviles, como en los reguladores Foucault y Serrín, y el punto luminoso fijo; pero la acción magnética de una bobina sobre la barra de hierro dulce del portacarbón negativo es la que origina la separación de las puntas y las mantiene así después de la producción del arco.

La lámpara Carré, representada en la figura 446, es, como dice Du Moncel, de quien tomamos su descripción, un perfeccionamiento ingenioso de los reguladores Archereau y Gaiffe. "En efecto, dice, así como en estos reguladores, la acción electromagnética está basada en los efectos atractivos de los solenoides; pero estos efectos resultan muy amplificadas por una disposición ingeniosa, produciendo la acción mecánica, como en los reguladores de Serrín, Foucault, etc., un mecanismo de relojería que pone en movimiento dos barras dentadas D, E, adaptadas á los portacarbones, movi-

dos por un trinquete puesto en acción por el sistema electromagnético. Este sistema se compone de dos bobinas BB' de eje ligeramente curvo, y en las cuales penetran los extremos de un cilindro de hierro dulce AA' encorvado en forma de S y centrado en C. Merced á un doble sistema de muelles antagonistas  $rr'$ , que obedecen á un sistema extensor dependiente de un tornillo de gradación V, se puede regular convenientemente la fuerza opuesta á la atracción de las bobinas, y una varilla  $t$ , adaptada á la barra



Fig. 445.—Lámpara Jaspar

magnética, ejerce una reacción sobre el trinquete de detención del mecanismo de relojería, cuyas ruedas hacen avanzar las dos barras dentadas en la proporción conveniente para mantener fijo el punto luminoso. La corriente que proporciona el arco voltaico atraviesa las dos bobinas, y según su mayor ó menor intensidad, atrae más ó menos la barra de hierro al interior de las bobinas, ocasionando en el trinquete de detención un movimiento bastante marcado para dar suelta al aparato de relojería, de lo cual resulta la aproximación de los carbones. "La principal ventaja del regulador Carré está en el movimiento de desviación de los carbones que se produce sin oscilaciones, lo cual consiste en que la marcha de la pieza móvil del sistema electromagnético es de bastante