

tores no pueden marcar más que minutos, y no segundos y mucho menos fracciones de segundo. Si, valiéndose de un mecanismo más complicado, se intentara resolver el problema por lo que respecta á los segundos, es indudable que no se conseguiría: el gas comprimido no circularía con la regularidad necesaria por tubos de cierta longitud. Lo importante y lo que es suficiente en la práctica es que los relojes receptores estén arreglados al minuto con respecto á un reloj exacto, y que no adelanten ni atrasen.

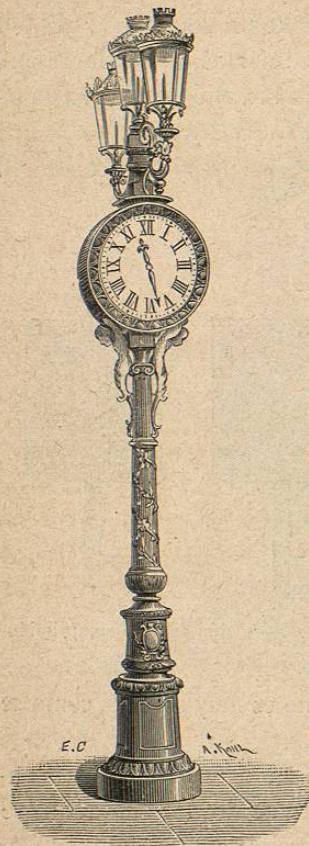


Fig. 231.—Vista exterior de un reloj receptor de los bulevares

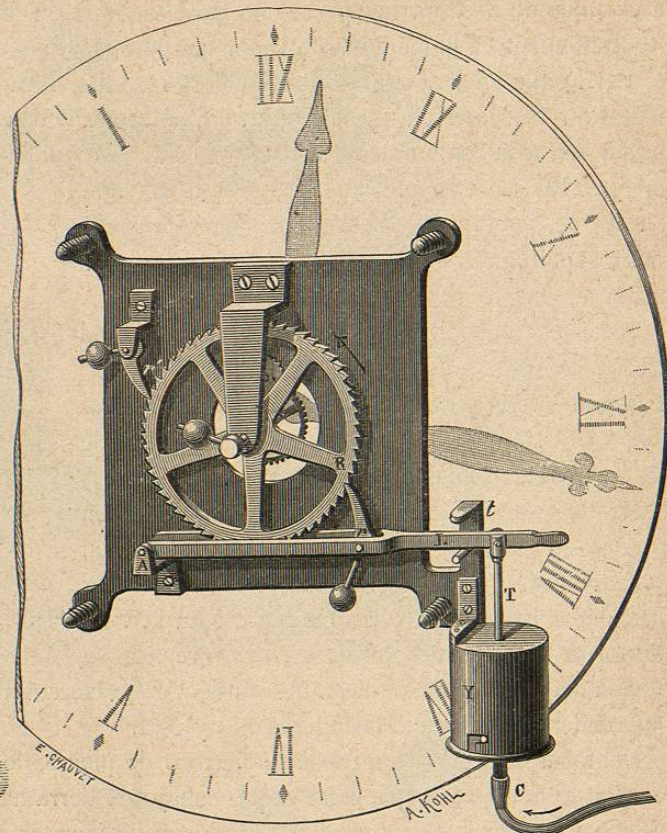


Fig. 232.—Mecanismo del reloj receptor

También se puede plantear de otro modo la cuestión de la precisión de los relojes neumáticos. Suponiendo que la canalización se extienda á 1, 2 ó 3 kilómetros alrededor del taller central, ¿todos los relojes receptores andarán simultáneamente? ¿Marcarán el mismo minuto? Seguramente que no. Si el aire comprimido circulara con una velocidad de 20 metros por segundo, necesitaría 50 segundos para transmitir su presión á 1 kilómetro, y 100, 150 segundos á 2 y 3 kilómetros. Así es que puede haber uno, dos ó tres minutos de diferencia entre las horas de diferentes cuadrantes y la del Observatorio.

Por consiguiente, los relojes neumáticos no podrán suplir la transmisión de la hora por la electricidad que en el interior de una ciudad la puede marcar con una exactitud de una pequeña fracción de segundo. Mas para los usos sociales no se requiere tan absoluta precisión. La regularidad, la constancia, la uniformidad de la hora con uno ó dos minutos de diferencia, y sobre todo la baratura que resulta de la sencillez de los aparatos, son las cualidades que dan verdadera importancia á esta nueva aplicación del aire comprimido.

## CAPITULO VII

## LOS GLOBOS.—LA NAVEGACIÓN AÉREA

## I

## APLICACIÓN DEL PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES Á LA ASCENSIÓN VERTICAL DE LOS CUERPOS EN LA ATMÓSFERA

Todo cuerpo sumergido en un fluido pierde una parte de su peso igual al del fluido desalojado. Este principio, cuyo descubrimiento se remonta á Arquímedes, como es sabido, se puede aplicar á los gases lo propio que á los líquidos, y he aquí por qué muchos cuerpos leves, como el humo, los vapores, las nubes, etc., se elevan y quedan suspendidos en el aire en vez de precipitarse á la superficie del suelo, como se precipitarían en un planeta que careciese de envoltura gaseosa ó atmósfera.

Para que tenga efecto esta ascensión, basta que la ligereza específica del cuerpo sea menor que la de la porción de aire en el cual está sumergido. El aire pesa  $1^{\text{kg}},29$  á la superficie del suelo á 0 grados de temperatura y con una presión de  $0^{\text{m}},79$ , es decir, que el peso de un metro cúbico de aire es entonces de  $1^{\text{kg}},29$ . En las mismas circunstancias físicas, un metro cúbico de gas hidrógeno tiene una densidad quince veces menor: sólo pesa  $0^{\text{kg}},09$ . Supongamos este volumen de gas encerrado en una envoltura impermeable;

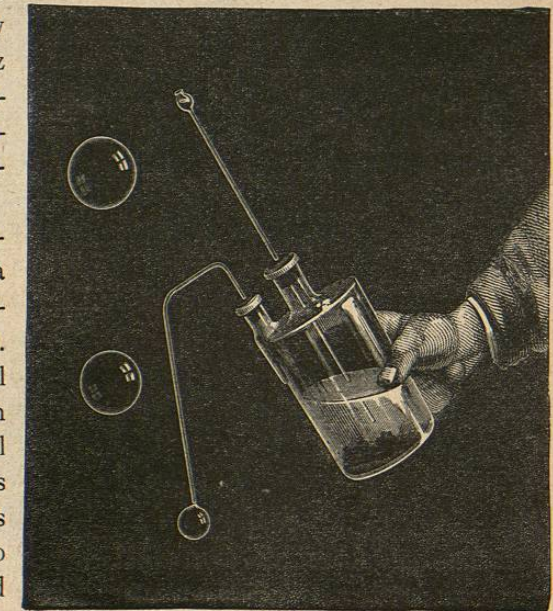


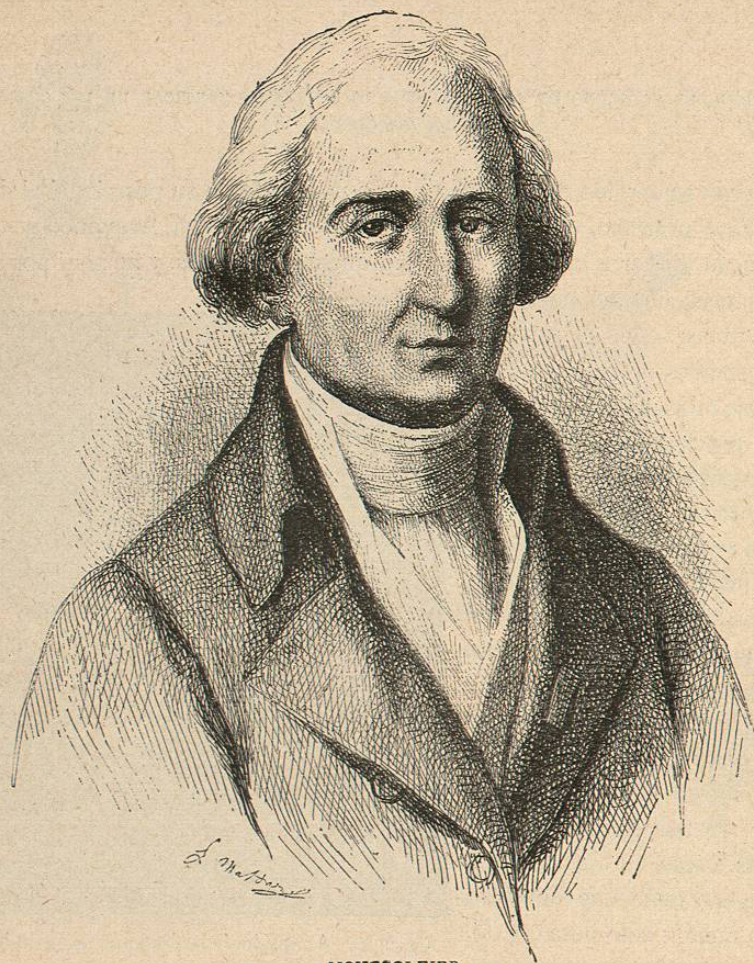
Fig. 233.—Ascensión de las burbujas de jabón henchidas de gas hidrógeno

la pérdida de peso que experimentará en el aire será  $1^{\text{kg}},29$ , y como el peso del gas no pasa de  $0^{\text{kg}},09$ , será levantado en sentido vertical con una fuerza igual á la diferencia de estos pesos, esto es, de  $1^{\text{kg}},19$ . Una parte de este empuje ó fuerza ascensional se empleará en equilibrar el peso de la envoltura sólida y el resto servirá para elevar el conjunto á cierta altura en la atmósfera. Como las capas de ésta tienen una densidad que disminuye con la altura, la fuerza ascensional irá disminuyendo progresivamente hasta que resulte nula. Al llegar á este punto, el globo cesará de elevarse, y si continúa moviéndose será por efecto de las corrientes aéreas que pueda haber en la región de la atmósfera á que ha llegado.

Esta es, en resumen, la teoría de la aerostación, comprendida y aplicada por primera vez con éxito, en 1783, por José Montgolfier. Verdad es que mucho tiempo antes la idea de elevarse y sostenerse en el aire había sugerido numerosos proyectos más ó

menos quiméricos, que en su mayoría sólo existieron en la imaginación de sus autores; y sus escasas tentativas de realización fracasaron por no conocerse bien las leyes de la mecánica y de la física.

José Montgolfier, que probablemente conocería los experimentos de Black, Cavendish y Cavallo sobre la ascensión de las vejigas y burbujas de jabón henchidas de gas hidrógeno (fig. 233), concibió la idea de imitar en grande escala dichos experimentos



MONTGOLFIER

y de utilizarlos para explorar las regiones atmosféricas. Primeramente hizo globos de seda ó de papel que, llenos de hidrógeno, se remontaron hasta cierta altura, tal como había previsto, si bien para caer al poco rato, pues el gas se escapaba á través de su envoltura permeable. Entonces sustituyó al hidrógeno el aire caliente, cuya densidad, mucho mayor que la de este gas, es todavía menor que la del aire frío exterior, y cuya producción es más fácil y económica. El 5 de julio de 1783 hizo Montgolfier en Annonay su primer experimento en grande escala ante los diputados provinciales del Vivarais y una considerable muchedumbre, remontando, entre los aplausos entusiastas de los espectadores y á una altura vertical de mil toesas (2 kilómetros), un globo abierto por la parte inferior, por cuya abertura penetraba en él el aire calentado por un brasero puesto en un cesto de alambre.

A los tres meses de hecho el experimento de Annonay, que tan grande eco tuvo, se

le reprodujo en París, aunque de un modo algo distinto. El físico Charles, que ignoraba, por no haberla hecho pública Montgolfier, la clase de gas que le había servido para henchir su globo, tuvo la idea de valerse del gas hidrógeno. Para construir la envoltura adoptó el tafetán, haciéndolo impermeable con un barniz compuesto de caucho disuelto en esencia de trementina hirviendo. Obtenía el hidrógeno por medio de la reacción del ácido sulfúrico sobre el hierro; mas hubo de invertir muchos días en producir la cantidad de gas necesaria para el henchimiento del globo. Por último, el 27 de agosto de 1783, el *Globo* (que así se llamó el primer aerostato lleno de gas hidrógeno) se elevó en el campo de Marte, en presencia de una inmensa multitud, y fué á caer á los tres cuartos de hora en Gonesse, cerca de París. Del primer empuje subió á una altura vertical de unos 1,000 metros, y luego desapareció oculto tras una nube para reaparecer durante un claro á mucha mayor altura y eclipsarse de nuevo entre las nubes.

No nos incumbe trazar la historia de las ascensiones aerostáticas, que se reprodujeron con mucha frecuencia á fines del siglo pasado y á principios del actual; pero hemos debido hacer mención de los dos primeros experimentos, no tan sólo por la celebridad que alcanzaron y el entusiasmo que produjeron, sino también porque uno y otro caracterizan dos diferentes modos de ascensión y dos sistemas de globos que se distinguen dando el nombre de *montgolfieras* á los globos que están llenos de aire caliente y el de *aerostatos* á los que están henchidos de gas hidrógeno.

Tan brillante aplicación de los principios de la hidrostática y de los nuevos descubrimientos en física y en química, recibió casi de golpe todo su desarrollo, por más que aun hoy día estemos todavía muy lejos de haber sacado de ella todo el partido posible.

Tanto Montgolfier como Charles se contentaron en sus primeros experimentos con remontar los globos solos; pero no tardó en ponerse en práctica la idea de utilizarlos para llevar consigo viajeros que explorasen las regiones atmosféricas. Y en efecto, el primer viaje aéreo se realizó en el mismo año de 1783. El 21 de noviembre, un joven naturalista y físico llamado Pilâtre de Rozier, acompañado del marqués de Arlandes, después de hacer algunas pruebas con un globo cautivo, se elevó en una montgolfiera hasta un kilómetro de altura (fig. 234), y los dos viajeros descendieron sanos y salvos á dos leguas de su punto de partida, después de haber cruzado todo París. El 1.º de diciembre de 1783 efectuóse otra memorable ascensión, remontándose desde el Jardín de las Tullerías un globo lleno de hidrógeno, de 26 pies de diámetro, provisto de lastre y de una válvula en su parte superior: al principio subió hasta unas 300 toesas: Charles

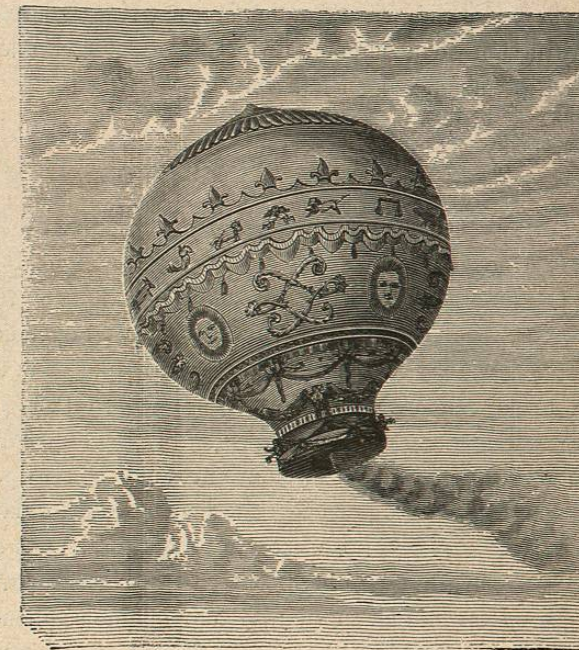


Fig. 234.—Primera ascensión aerostática de Pilâtre de Rozier y de Arlandes el 21 de noviembre de 1783

y Robert iban en su barquilla, y habiendo bajado el segundo, el primero volvió á partir solo elevándose á más de 1,500 toesas (el barómetro marcaba entonces 18 pulgadas y 10 líneas). Después de estos primeros y victoriosos ensayos de la conquista de las regiones aéreas, multiplicáronse las ascensiones y los viajes, no sin que ocurrieran algunas catástrofes terribles, entre las cuales debemos citar la de que fué víctima el desgraciado y atrevido Pilâtre de Rozier, el cual pereció desastrosamente por haber caído de su globo al querer pasar de Francia á Inglaterra, imitando la travesía aerostática del Canal de la Mancha que Blanchard y Jeffrius efectuaron en enero de 1785 desde la costa de Dover á la de Calais.

En breve nos ocuparemos sucesivamente de las ascensiones que han tenido por objeto la exploración científica del aire; pero antes daremos algunos detalles acerca de la construcción y henchimiento de los globos, así como de las varias maniobras practicadas en sus excursiones por los aeronautas.

## II

## LAS MONTGOLFIERAS Y LOS GLOBOS. — CONSTRUCCIÓN Y HENCHIMIENTO

Las montgolfieras y los aerostatos tienen por lo regular la forma de un globo casi esférico, terminado por su parte inferior en un apéndice cilíndrico ó cónico. Entre unas y otros media sin embargo la diferencia de que en la montgolfiera dicho apéndice tiene una ancha abertura que sirve para introducir en ella el aire calentado por el brasero, al paso que en el globo lleno de gas hidrógeno el apéndice remata en punta, dejando tan sólo un estrecho orificio, lo suficientemente abierto para que en caso de dilatación el gas pueda escaparse por él. Por lo demás, esta forma es la que tomaría naturalmente la envoltura de tela por efecto de la presión del gas elástico en ella contenido, si dicha envoltura fuera extensible por igual en todas sus partes.

La envoltura en cuestión se compone de segmentos de tela cosidos unos con otros y reunidos así como los meridianos de una esfera; importa sobre manera que no tenga ninguna grieta, que ni siquiera queden abiertos los agujerillos que hacen las agujas, y que la tela sea de un tejido muy tupido, lo mas impermeable que sea posible, para impedir las fugas de gas, que en breve disminuirían la fuerza ascensional. Montgolfier empleó en su primer experimento tela forrada de papel, cosida sobre una red de bramante; en su segunda prueba, la tela era de jerga, forrada interior y exteriormente de papel muy doble. Ya hemos dicho que el globo de Charles era de seda con un baño de caucho. Los señores Barral y Bixio hicieron impermeable el globo que les sirvió para sus dos exploraciones de 1850 dándole un baño de aceite de linaza espesado con litargirio. Por último, hay otro medio excelente que consiste en interponer una capa de caucho entre dos tiras de tafetán.

El globo está cubierto en todo su hemisferio superior de una red que se separa de él un poco más abajo de su ecuador; todas las cuerdas de esta red se reúnen debajo del globo en un aro ó círculo de madera muy dura que á su vez sirve para suspender de él la barquilla (figs. 236 y 240). Gracias á esta disposición, la carga resulta repartida con uniformidad en toda la superficie del globo envuelta por la red, dando la indispensable estabilidad á la barquilla y á los aeronautas.

Para henchir una montgolfiera, basta poner un brasero debajo de la abertura de la cubierta y quemar en él algunas materias combustibles; el aire calentado se recon-

centra en la envoltura, y poco á poco su fuerza elástica distiende las paredes de aquélla, haciéndola adquirir la forma esferoidal.

Cuando Montgolfier hizo sus primeros experimentos creyó que la electricidad entraba por algo en el fenómeno de la ascensión, mientras que la verdadera causa de ésta era la ligereza específica del aire caliente, según el principio de Arquímedes. Así es que se creía favorecer la producción del fluido empleando por combustible paja desmenuzada y lana humedecida. De Saussure demostró fácilmente que el gas producido no tenía más virtud sino la del aire caliente, y que la electricidad no tenía nada que ver con él.

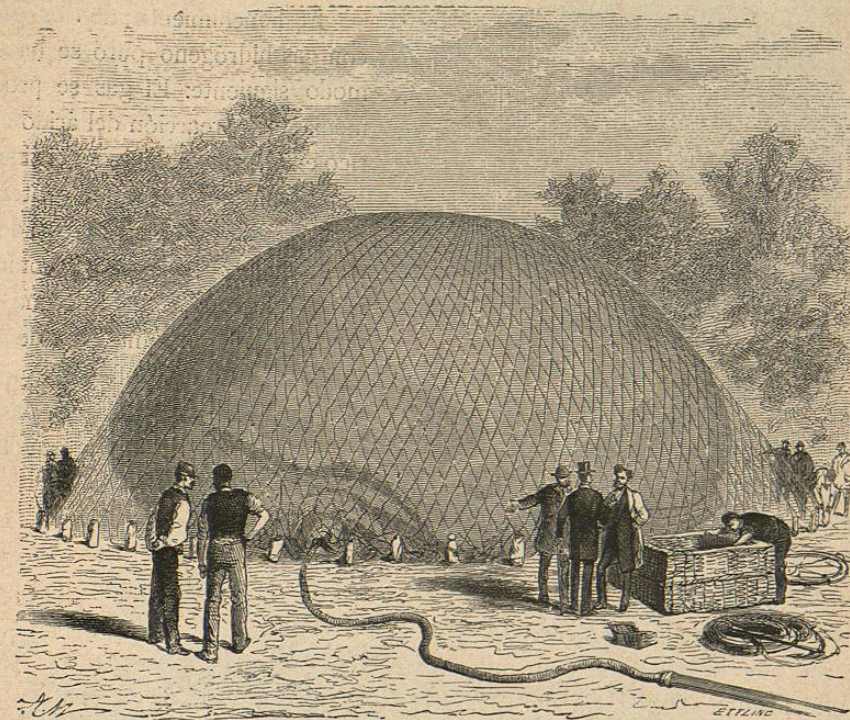


Fig. 235. — Henchimiento de un globo con hidrógeno

Los aerostatos, ó globos henchidos con hidrógeno, son por lo común preferidos á las montgolfieras, aunque cuestan mucho más. La necesidad de llevar materias combustibles, el peligro de un incendio, y sobre todo, la inferioridad de la fuerza de ascensión, mucho menor á igualdad de volumen, son los motivos de esta preferencia (1).

Sin embargo, se ha perfeccionado ya la construcción de las montgolfieras, sustitui-

(1) El peso de un metro cúbico de aire á 760 milímetros de presión es

de 1,293 gramos á	0 grados
de 1,247 — á	10 —
de 945 — á	100 —
de 278 — á	1,000 —

Por lo tanto, la fuerza ascensional del aire caliente, que es tan sólo de 46 gramos por metro cúbico á 10 grados, y de 348 á 100, llega á 1,015 gramos á 1,000 grados. A 0 grados el impulso del hidrógeno puro es de 1,203 gramos; á 10 grados es de 1,160. Como es muy difícil conservar la temperatura del aire de una montgolfiera á un grado tan alto, y como la del aire exterior suele ser menos de 0°, resulta de aquí que la fuerza ascensional es también mucho menor que la de un globo lleno de hidrógeno puro.

yendo el molesto y voluminoso combustible de la paja ó de la lana con una esponja empapada de espíritu de vino. El aeronauta Godard ha adaptado al brasero una chimenea tapada con tela metálica que

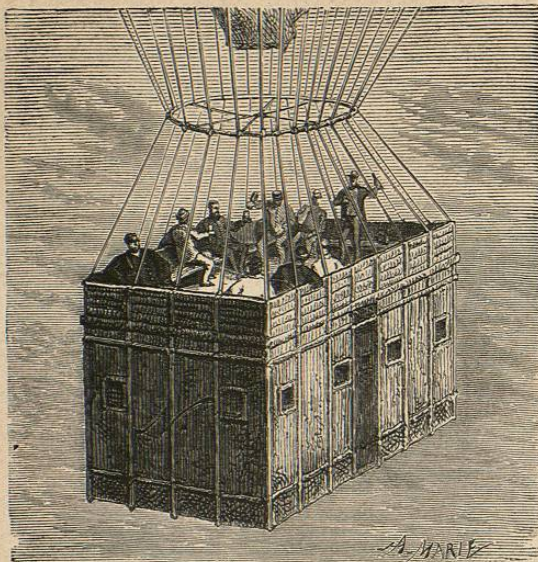


Fig. 236.—Barquilla del Gigante

preserva al globo del riesgo de un incendio. El uso de las lámparas de petróleo permitiría quizás regular, activar ó rebajar la temperatura como se quisiera, y por consiguiente subir ó bajar á voluntad del aeronauta.

El henchimiento de los globos con gas hidrógeno puro se hace del modo siguiente: El gas se produce mediante la reacción del ácido sulfúrico en el agua, el hierro ó el zinc (1). Estas sustancias están contenidas en una serie de toneles colocados de modo que el gas se recoge, conforme se va formando, debajo de una campana invertida en una cuba de agua, análoga á los gasómetros. Desde allí, y después de purificarse al pasar al

través del agua, penetra el gas por un tubo en el apéndice inferior de la envoltura, y el globo se hincha poco á poco por efecto de la fuerza elástica del gas. En lugar de hidrógeno puro, se hace uso con más frecuencia del gas del alumbrado, que es un carburo de hidrógeno. Verdad es que la densidad de este gas es mucho mayor, puesto que llega á 0,63 de la del aire (2), y que por lo tanto la fuerza ascensional es bastante menor; pero la ventaja de obtener fácilmente en las ciudades una cantidad de gas á menudo muy considerable lo recomienda por muchos conceptos. El aeronauta inglés Green decarburaba por un método especial el gas del alumbrado, con objeto de conseguir otro más ligero. M. Glaisher recomienda con el mismo objeto el gas que resulta al terminar las operaciones de destilación. En su ascensión del 30 de junio de 1862 obtuvo así un gas cuya

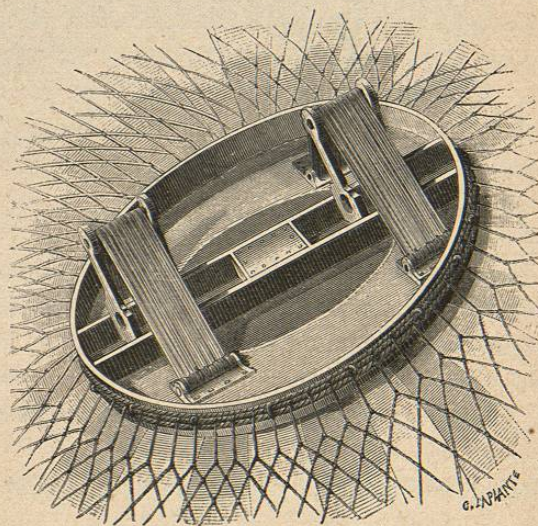


Fig. 237.—Válvula del Emprendedor

(1) El globo de que se sirvieron en 1850 los señores Barral y Bixio había sido henchido con hidrógeno puro producido por la reacción del ácido clorhídrico en agua y hierro. El lavado del gas es cosa importante para que no conserve ningún ácido capaz de aminorar la solidez de la tela del globo.

(2) A 0 grados y 760 milímetros de presión, la fuerza ascensional del gas del alumbrado es de 693 gramos por metro cúbico, y á 10 grados no pasa de 670 gramos.

densidad había bajado á 0,36 próximamente, y que le proporcionaba una fuerza ascensional de 830 gramos por metro cúbico, ó sean los dos tercios de la del hidrógeno puro.

Digamos ahora sucintamente cómo y en virtud de qué maniobras el aeronauta sube ó baja á su albedrío: no hablaremos en este momento de la dirección de los globos, porque todo movimiento en sentido horizontal depende tan sólo de la corriente aérea que arrastra al globo con una velocidad casi igual á la de la masa de aire misma; con los aparatos ordinarios, la dirección de los globos es enteramente ajena á la intervención del aeronauta, que se limita á subir ó bajar verticalmente hasta encontrar una capa de

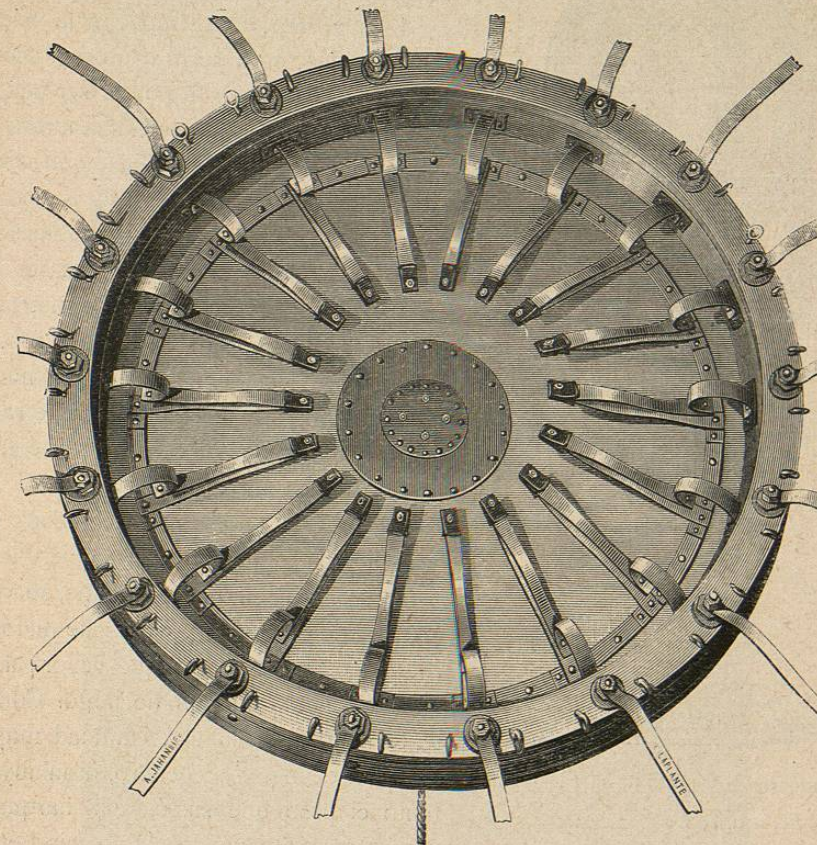


Fig. 238.—Válvula del Polo Norte

aire animada de un movimiento que vaya en la misma dirección que él se propone seguir.

Si el aeronauta viaja en una montgolfiera, avivando el fuego y elevando así la temperatura del aire contenido en el interior, disminuye su densidad y por lo mismo aumenta en igual grado la fuerza ascensional del aparato. En cambio, amortiguando el fuego ó dejándole apagar, produce un efecto contrario, y el aparato tiende á bajar.

En los globos henchidos con hidrógeno no se emplean los mismos medios. Cuando el aeronauta quiere subir no puede aumentar la fuerza ascensional sino á expensas de la carga de la barquilla: le es preciso arrojar lastre, el cual suele consistir en saquillos llenos de arena que va desparramando poco á poco, sin riesgo de las personas que pudieran hallarse debajo. Pero el lastre es un recurso muy limitado que se agota pronto, y en muchas ascensiones la necesidad de disminuir la rapidez de la caída ó del descenso ha obligado á arrojar todos los objetos de peso, como víveres, ropas, instrumentos, etc.