

## CHAPITRE X

### APPAREILS DE SURETÉ

La chaudière est munie d'un certain nombre d'appareils destinés à assurer la sécurité et le contrôle de son fonctionnement.

La sécurité est assurée par les soupapes de sûreté et les bouchons fusibles. Le contrôle est donné par les indicateurs de niveau de l'eau et les manomètres.

Ces appareils sont prescrits par le Décret du 2 avril 1926 portant règlement d'administration publique sur les appareils à vapeur (articles 9 à 15).

#### 1<sup>o</sup> Soupape de sûreté.

Le rôle des soupapes de sûreté est de limiter la pression de la vapeur à une valeur fixée d'après l'épreuve hydraulique et appelée timbre.

Il ne faut pas que cette pression en prenant des valeurs excessives crée un taux de fatigue trop grand des tôles de la chaudière et risque ainsi de les détériorer ou de les rompre.

D'après l'article 9 du décret du 2 avril 1926, il doit y avoir au moins deux soupapes sur une chaudière de locomotive et une seule doit suffire à empêcher en toutes circonstances la pression effective de la vapeur de dépasser de plus d'un dixième la pression du timbre.

Le diamètre d'une soupape qui doit satisfaire à cette condition se calcule par la formule administrative :

$$d = 2,64 \sqrt{\frac{S}{p - 0,588}}$$

dans laquelle :

d = diamètre en centimètres.

S = surface totale de chauffe en mètres carrés.

p = pression du timbre en kg/cm<sup>2</sup>.

On distingue les soupapes à leviers et ressorts, les soupapes à charge directe (Coale, Consolidated, Muffled et Pop, Adam, Lethuillier-Pinel) et les soupapes à deux temps Lethuillier-Pinel.

Sur les anciennes machines les soupapes étaient placées au-dessus du dôme, sur les machines modernes elles sont situées sur le ciel de la boîte à feu.

#### a) Soupape à levier et ressorts.

Ce type de soupape ne se trouve que sur d'anciennes machines (120 A, 121 B, 121 C, 030 A, 030 B, 030 F, 030 TB, 030 TC, 030 TE, 030 TG). Elle est montée sur le dôme de prise de vapeur (fig. 170).

Lorsque la pression dépasse la limite admise, la vapeur soulève la soupape S en bronze

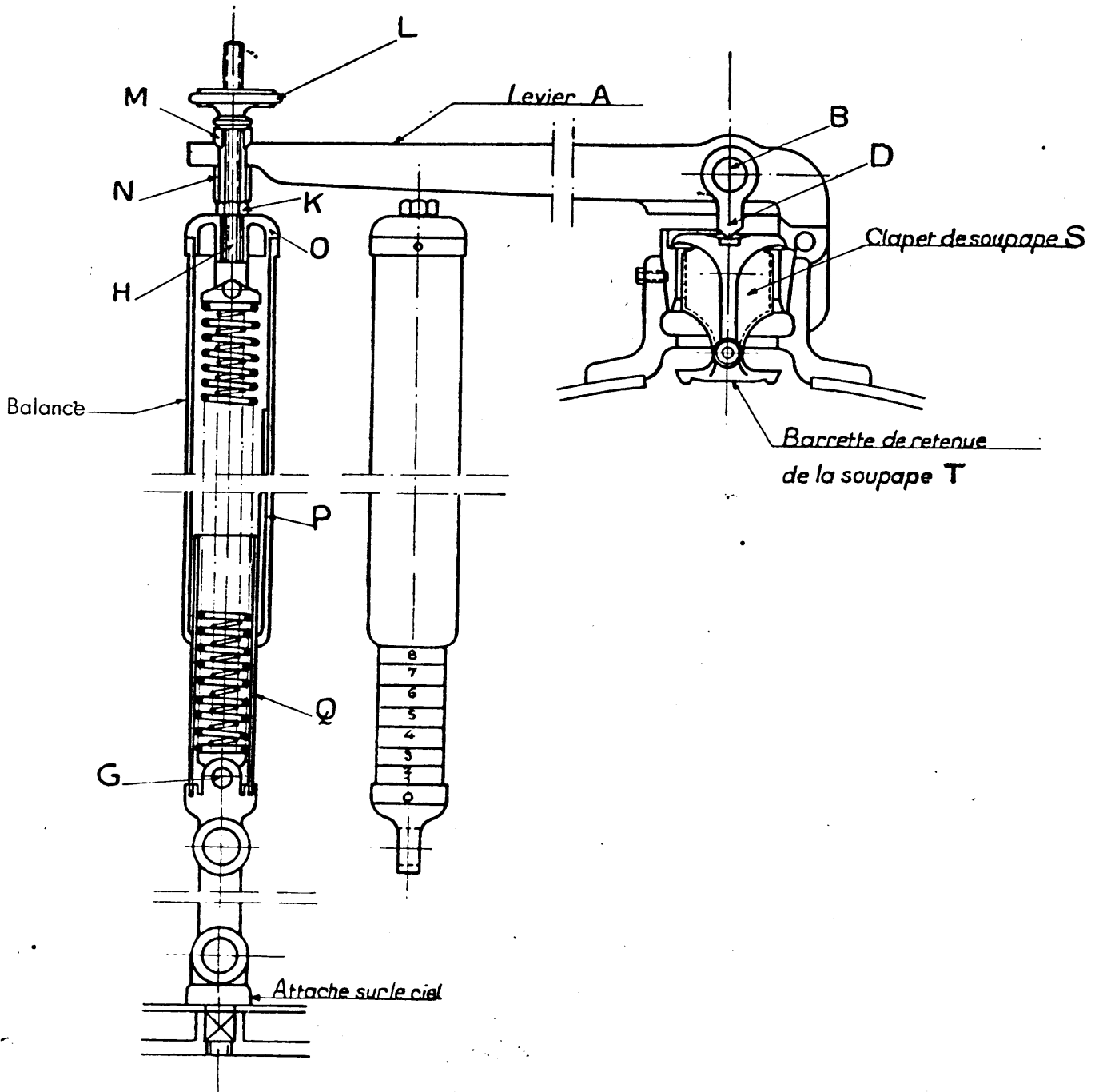


FIG. 170

qui est normalement appuyée sur un siège plan en bronze. Pour pouvoir s'échapper la vapeur doit exercer la pression suffisante surmontant l'effort antagoniste qui est transmis par le levier A articulé autour de l'axe B et qui maintient la soupape en place par l'intermédiaire d'un pointeau D qui repose sur un grain en acier. L'effort antagoniste que transmet le levier A vient d'un appareil, appelé balance.

La balance est constituée par deux tubes en laiton P et Q coulissant l'un dans l'autre

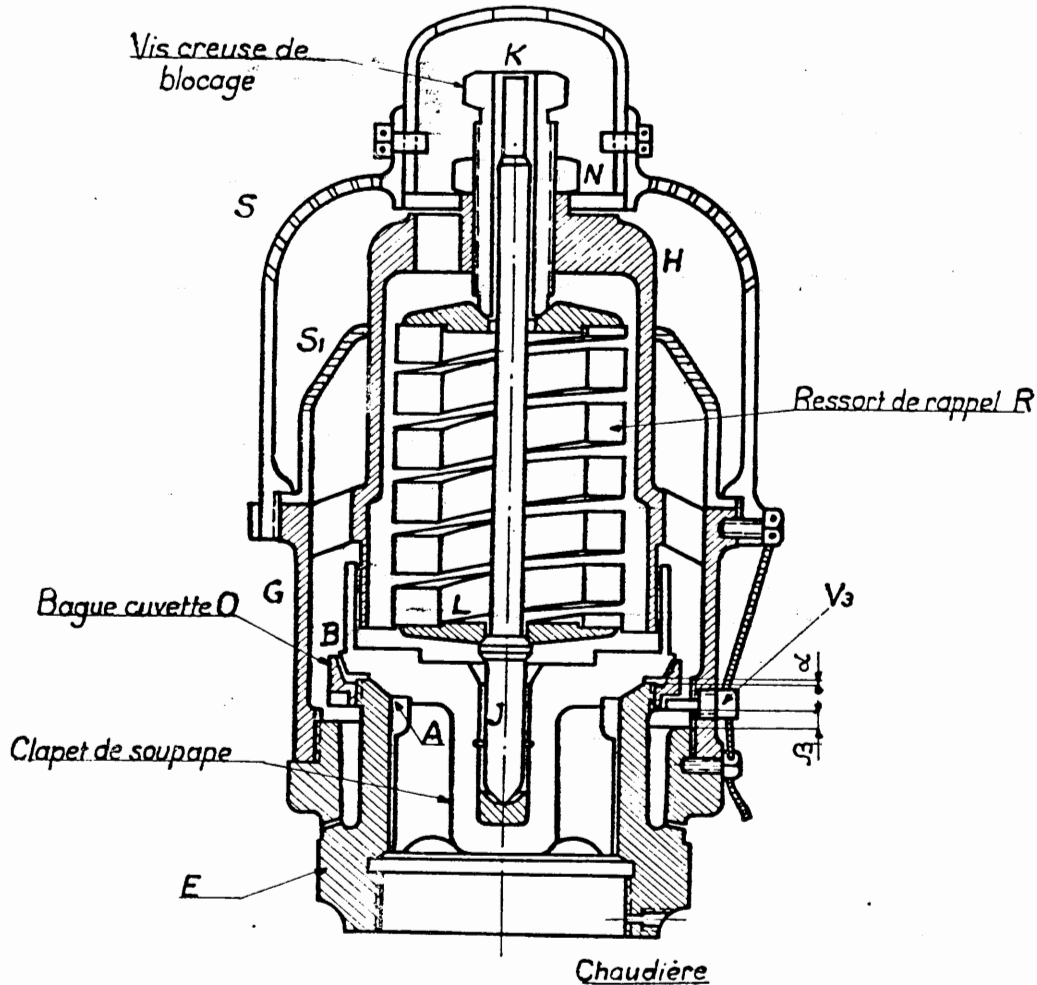


FIG. 171

sans tourner. L'un des deux tubes Q est accroché à un point fixe de la chaudière par un système d'axes et bielle G. L'autre tube P est accroché par un chapeau O, une tige filetée H, des écrous K et L et une rondelle hémisphérique M à l'extrémité du levier A. Un ressort antagoniste travaillant à l'extension est lié par axes, chapes et tête, d'une part à la bielle de liaison au point fixe G et d'autre part à la tige filetée H. C'est la tension initiale du ressort multipliée par le rapport des bras de levier A qui détermine l'effort d'application de la soupape S sur son siège et, par conséquent, la pression limite dans la chaudière.

La soupape possède une barrette T articulée autour d'un axe. Cette barrette empêche

la soupape d'être projetée au loin par la pression en cas de rupture d'un axe ou du levier A.  
Le fourreau inférieur Q porte une graduation. La division en face de laquelle se trouve l'arête inférieure du fourreau P lorsque la soupape est en place indique la pression limitée dans la chaudière. Une douille N est mise entre l'écrou K et le levier A au

*Vue extérieure de la soupape Coale*

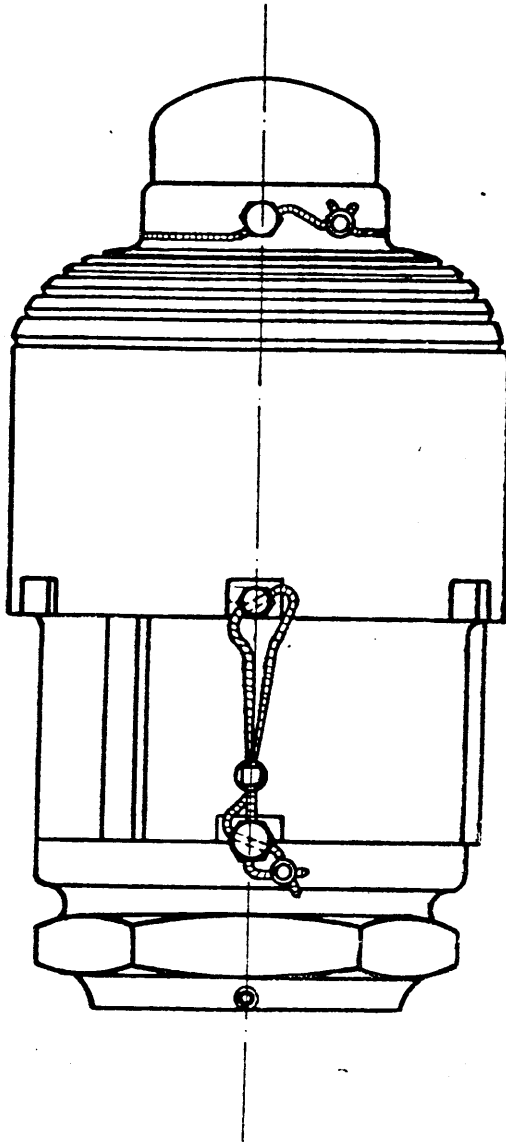


FIG. 172

tour de la tige filetée H; sa longueur est réglée de telle façon que l'on n'ait qu'à serrer l'écrou L à fond et bloquer la douille entre le levier A et l'écrou K pour obtenir le serrage convenable du ressort R après que l'écrou K a lui-même été bloqué contre le chapeau O.

Dans cette soupape, dès qu'elle commence à se soulever il se produit au droit du siège, par suite de l'écoulement de la vapeur une chute de pression; en même temps la tension du ressort augmente, ajoutant avec une raideur ou frottement des articulations une certaine résistance à un soulèvement plus grand. Il peut ne pas dépasser une fraction de millimètre, il empêche les soupapes d'évacuer à l'atmosphère le surcroît de vapeur qui se forme et la surpression dans la chaudière peut dépasser de 2 à 3 kg. le timbre. La soupape se soulève finalement à son débit maximum, la chute de pression de la vapeur sous le clapet est plus faible, d'autre part la surface du clapet sur laquelle elle agit s'augmente de celle de la portée et la fermeture s'effectue à une pression de  $3/4$  de kg. environ au-dessous du timbre.

**b) Soupape Coale (fig. 171 et 172).**

Ce type de soupape est celui unifié par la S.N.C.F. Elle est appliquée sur son siège E par une portée conique A. Elle reçoit sa force d'application par une tige de poussée J qui porte au fond de la soupape sur un grain. La tige porte un plateau L qui reçoit la poussée du ressort antagoniste R qui s'appuie lui-même à sa partie supérieure sur un plateau maintenu par la vis creuse K. Cette vis creuse est vissée dans le bâti H et bloquée à longueur convenable par le contre-écrou N. Le bâti H est solidaire du bâti G qui est lui-même vissé sur le siège E.

Pour obvier au premier inconvénient signalé de la soupape décrite précédemment (retard important à l'ouverture) on a imaginé des dispositifs variés. Les soupapes Coale, Consolidated, Mufflet et Pop, comportent un clapet à rebord annulaire extérieur et un orifice d'échappement de la vapeur réglable.

La vapeur, en s'échappant, soulève le clapet A et passe entre le siège et la portée puis

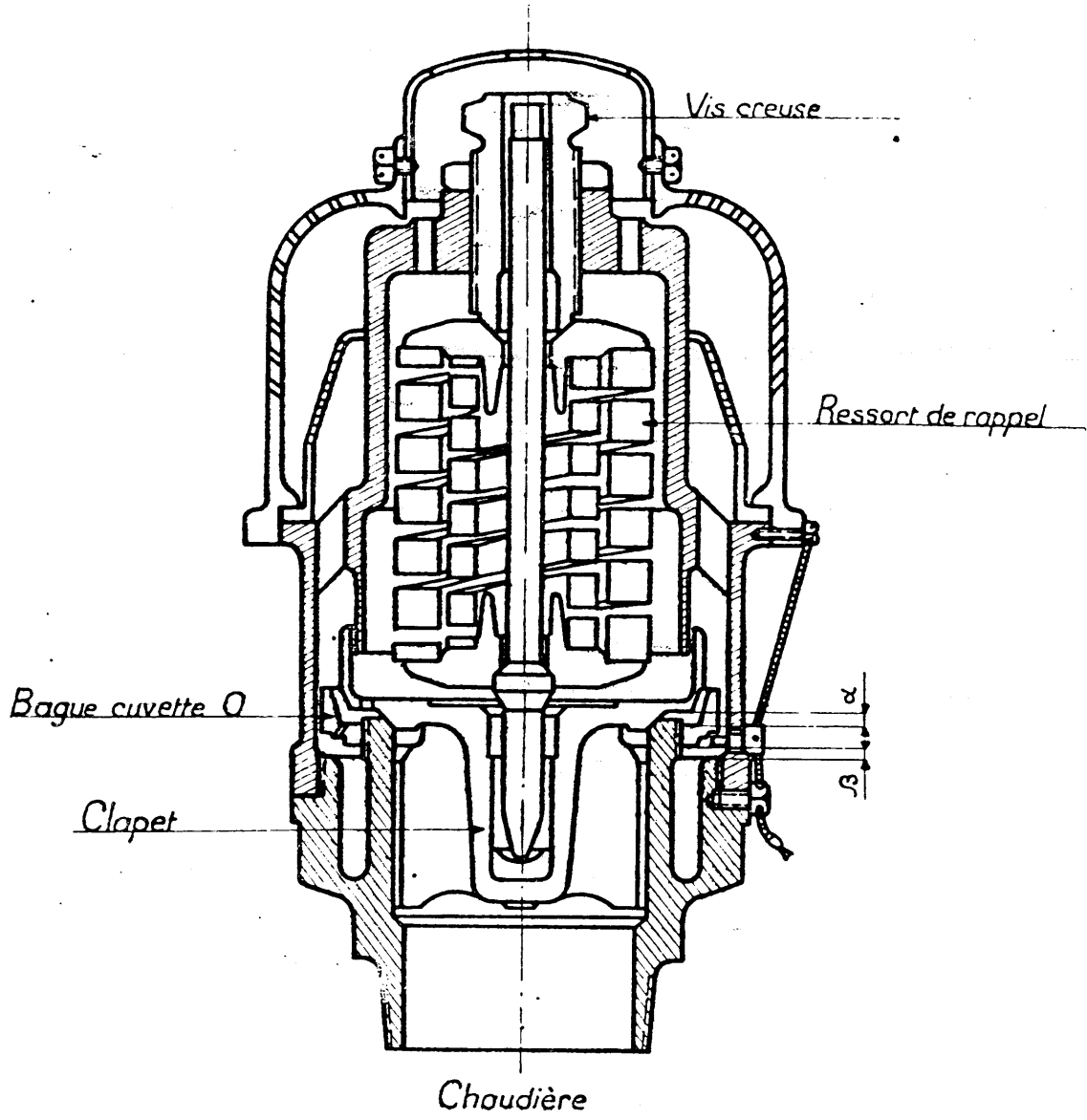


FIG. 173

entre la bague cuvette O et le disque chanfreiné B qui fait partie du clapet. On peut étrangler plus ou moins ce passage en réglant le niveau de la bague cuvette O munie de dents pour la bloquer avec la vis V<sub>3</sub>. Ainsi on augmente ou diminue l'effort supplémentaire de soulèvement du clapet dû à la force vive de la vapeur agissant sur le disque chanfreiné B. C'est le moyen dont on dispose pour régler l'écart entre la pression de soulèvement et celle de retombée de clapet. Plus ce passage est étroit, plus cet écart est grand. La force vive de la vapeur qui fuit maintient le clapet soulevé jusqu'à ce que la pression soit tombée à une valeur suffisamment

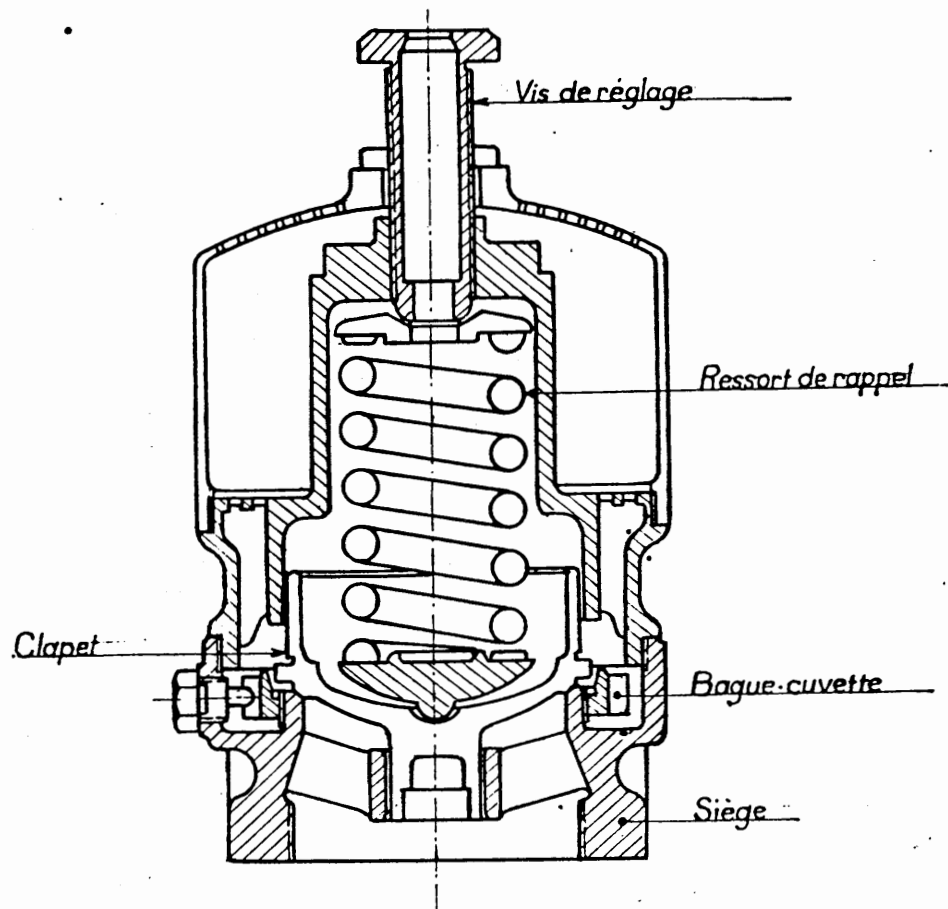


FIG. 174

basse pour que l'excès de l'effort de rappel du ressort sur l'action statique de la vapeur à cette pression réduite dépasse l'action dynamique due à la force vive.

Avec ce type de soupape on peut réduire la surpression à la levée à moins d'un kg. mais on n'empêche pas le retard à la fermeture qui est cependant réduit à 1/8 de kg. environ.

Les cloches S et S<sub>1</sub> munies de fentes atténueront le bruit de fuite de la vapeur. Le siège de la soupape est vissé dans un renfort rivé sur la tôle de chaudière ou par goujons et joints lenticulaire d'étanchéité.

On voit que le tout étant enfermé dans un bâti, le clapet ne risque pas d'être projeté en cas de rupture de pièces.

c) **Soupapes Consolidated** (fig. 173), **Muffled** (fig. 174), **Pop** (fig. 175).

Le fonctionnement de ces soupapes est le même que celui de la soupape Coale. Elles possèdent toutes la bague cuvette qui permet de régler l'effet dynamique de la vapeur pendant

sa fuite et de régler ainsi l'écart entre la pression de levée et de retombée du clapet. Elles ne diffèrent que par des points de détail (ressorts doubles, cloche unique, sans cloche, etc.).

d) **Soupape Adam.**

La soupape Adam (*fig. 176*) comporte un clapet C avec gorge annulaire concentrique au siège.

Ce clapet repose sur un siège conique. Il est appliqué par l'effet d'une tige de pression J

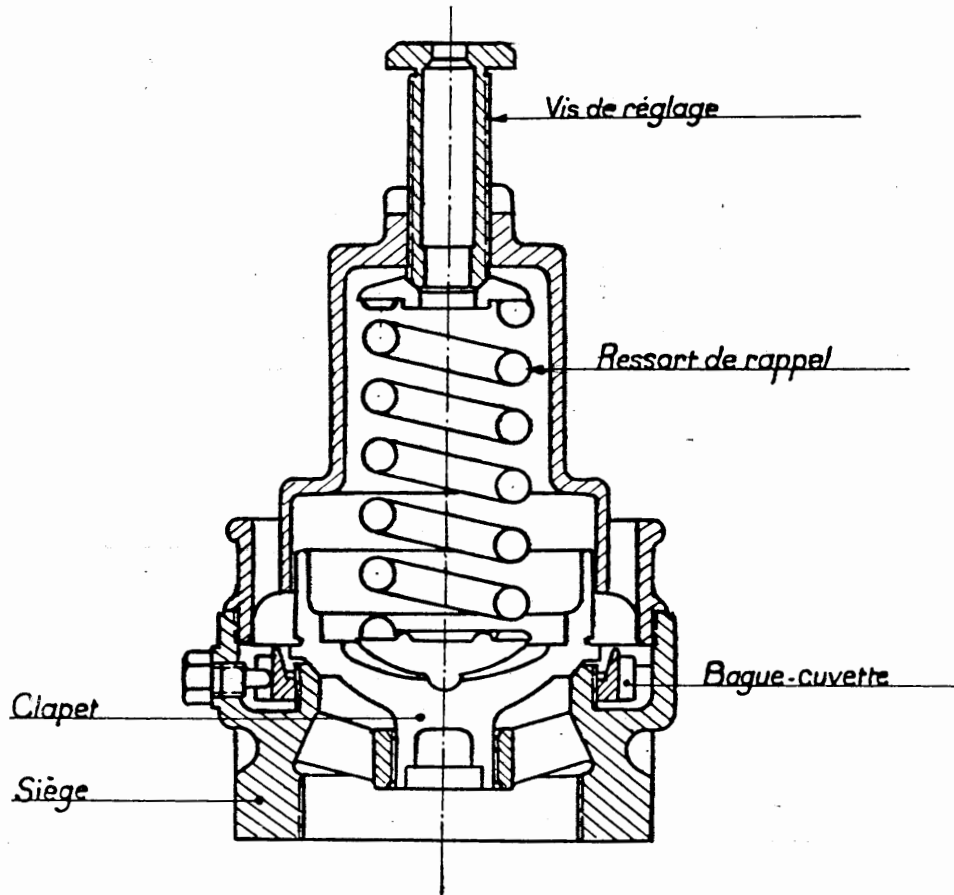


FIG. 175

appuyant au fond du clapet sur un grain D. La tige est poussée vers le bas par un plateau E reposant sur une collerette de la tige de pression et recevant la poussée du ressort antagoniste I qui prend appui à l'autre extrémité sur un plateau supérieur qui est buté contre une vis creuse F. Cette vis creuse est vissée au centre d'une table triangulaire soutenue par trois colonnettes K vissées sur le siège inférieur A du clapet. Une rondelle G intercalée entre la tête de la vis F et la table H limite l'écrasement du ressort I; son épaisseur doit donc être réglée pour que la tension du ressort I équilibre la pression du timbre sous le clapet C. On

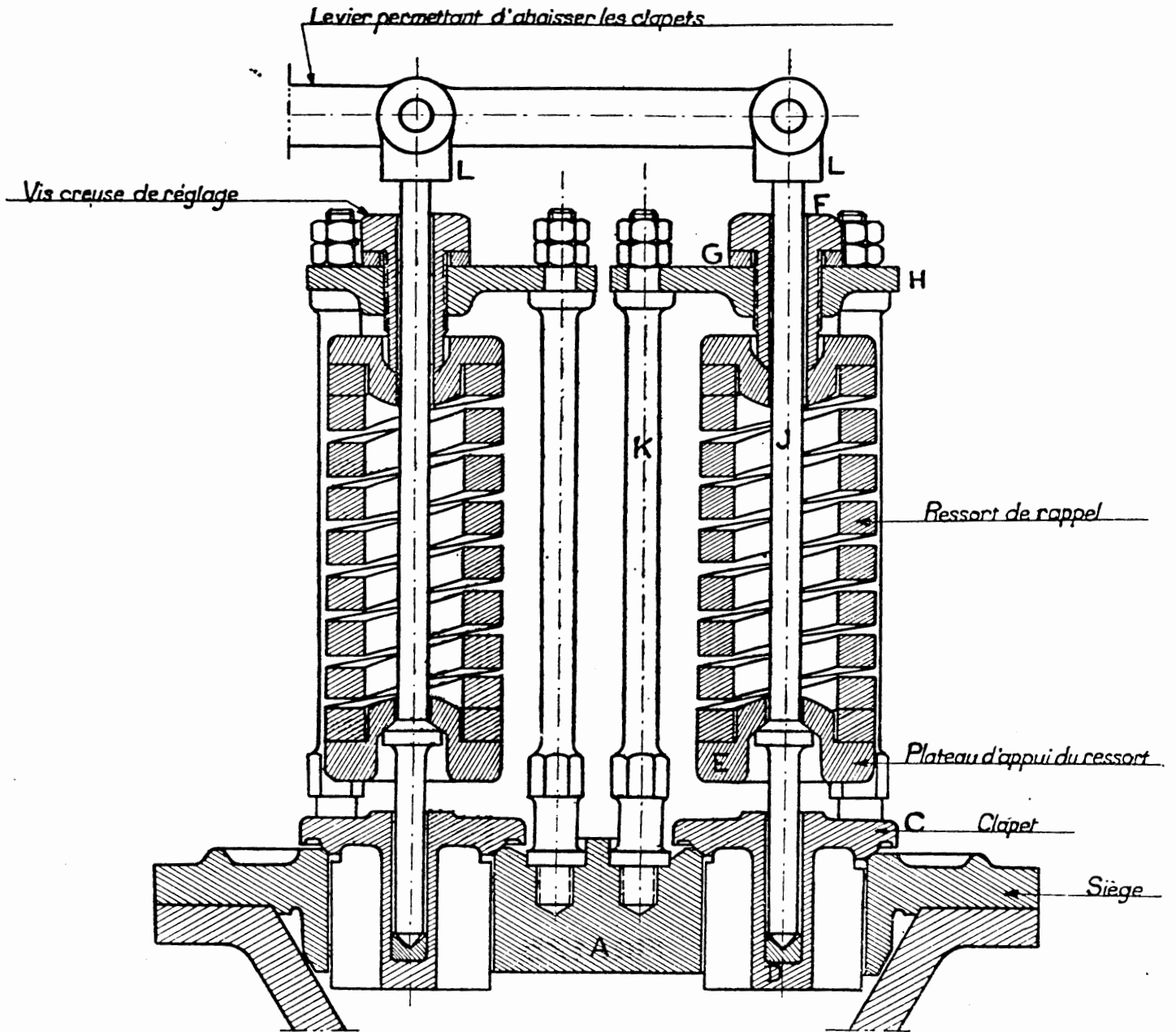


FIG. 176



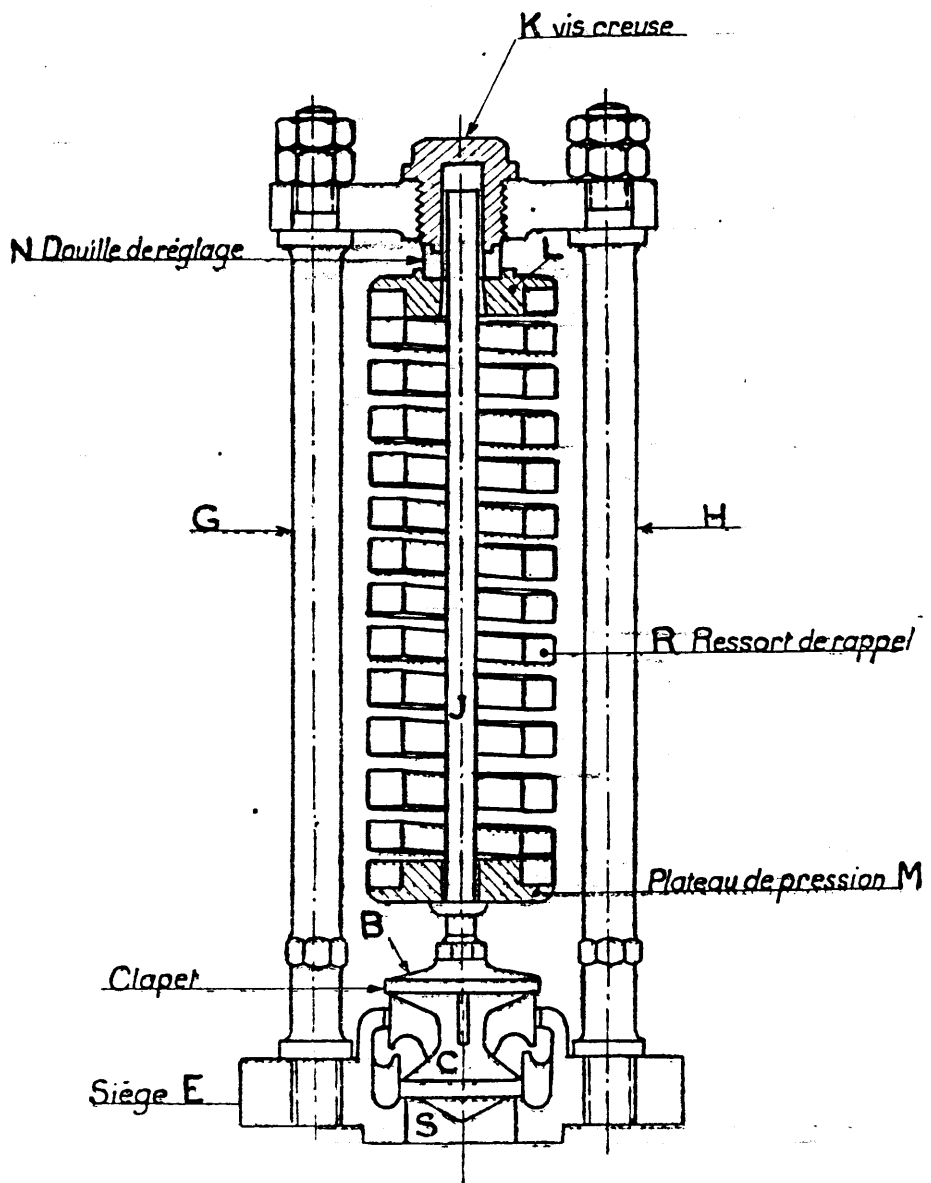


FIG. 177

la conjuge parfois avec la seconde par un levier commandé de l'abri et articulé sur les deux tiges de pression J qui portent chacune une chape L. Ce levier permet la fermeture à la main lorsque la fermeture tarde trop. Si l'effort exercé est trop grand, l'autre soupape se soulève et l'ensemble ne peut être calé par le mécanicien.

Les soupapes Adam sont appliquées aux machines 050 TA, 221 A, 230 B et 230 G.

**e) Soupape Lethuillier et Pinel (fig. 177).**

Dans cette soupape on retrouve la double action de la vapeur, celle statique due à la pression sur le fond S (fig. 177) puis celle dynamique due à la vitesse de fuite de la vapeur dont une partie après avoir passé entre le siège E et le noyau C du clapet vient frapper sous le disque B.

Cette disposition augmente la levée de la soupape pour une pression donnée et maintient la soupape encore ouverte lorsque la pression est descendue légèrement au-dessous de la valeur qui a provoqué l'ouverture. Pour que la fermeture se fasse, il faut que l'action antagoniste du ressort, qui est réglée pour équilibrer la pression du timbre sous le fond S, dépasse le total de l'action statique et de l'action dynamique. Il faut donc que cette action statique soit inférieure à ce qu'elle est au moment de l'ouverture où il n'y a pas encore d'action dynamique (l'écart entre la pression à l'ouverture et la pression à la fermeture est de 400 gr/cm<sup>2</sup> environ).

Dans cette soupape, l'action dynamique de la vapeur n'est pas réglable comme avec la soupape Coale.

Le ressort est coincé entre les deux plateaux M et L. Le plateau M transmet sa réaction par la tige de pression J qui appuie sur la soupape et qui est guidée en haut par la vis creuse K située dans la traverse I elle-même reliée au siège E par les deux colonnettes G et H.

Le réglage est fait par la détermination de la longueur de la douille N située entre la vis creuse K et le plateau L.

Si le ressort R se rompt la tige J vient buter contre le fond de la vis creuse K ce qui empêche la projection de la soupape.

**f) Soupape à deux temps Lethuillier et Pinel.**

Les soupapes précédentes sont construites de façon que le débit de vapeur équilibre la production de la chaudière. Pour cela, lorsque la soupape a commencé à se lever sous l'action de la pression, la vapeur qui fuit augmente la levée et par suite le débit. La soupape ne retombe sur son siège que lorsque la pression est descendue à une valeur nettement inférieure à celle qui l'a fait lever. Dès que la pression dépasse un peu le timbre, il y a tout de suite une perte importante de vapeur due au fonctionnement de la soupape et, pour l'éviter, on a tendance à utiliser la chaudière avec une pression inférieure à celle du timbre, ce qui est nuisible au rendement du moteur.

On a donc été amené à imaginer un dispositif de soupape qui évite cet inconvénient tout en satisfaisant les prescriptions de sécurité du décret, c'est-à-dire ne pas laisser la pression dépasser de plus d'un dixième la limite du timbre.

La soupape à deux temps se lève dès que la pression dans la chaudière atteint celle du timbre; mais elle se lève très peu et ne laisse partir qu'un mince filet de vapeur. Elle ne s'ouvre complètement que si la pression dépasse nettement celle du timbre (200 à 500 gr.) et avant que cette surpression atteigne le dixième du timbre.

On obtient ce résultat sur une soupape quelconque en réglant la tension de son ressort principal de rappel pour une pression comprise entre le timbre et celui-ci majoré du dixième. Puis on ajoute un ressort qui équilibre la différence entre l'action du ressort de rappel et l'action de la vapeur sous la soupape lorsque sa pression est au timbre. On obtient ainsi un système élastique de rappel qui équilibre juste la pression du timbre sur la soupape. Mais ce deuxième ressort antagoniste n'agit que pendant une partie de la course de levée de la soupape (le dixième environ); une butée arrête son action dès que la soupape est légèrement soulevée. A partir de ce léger soulèvement, la soupape n'est plus soumise qu'à l'action du ressort de

rappel réglé pour une pression supérieure à celle du timbre, Tant que la pression de la chaudière ne dépasse que légèrement celle du timbre le débit de la soupape reste faible et le chauffeur a le temps d'agir pour éviter une ouverture en grand de la soupape et une perte impor-

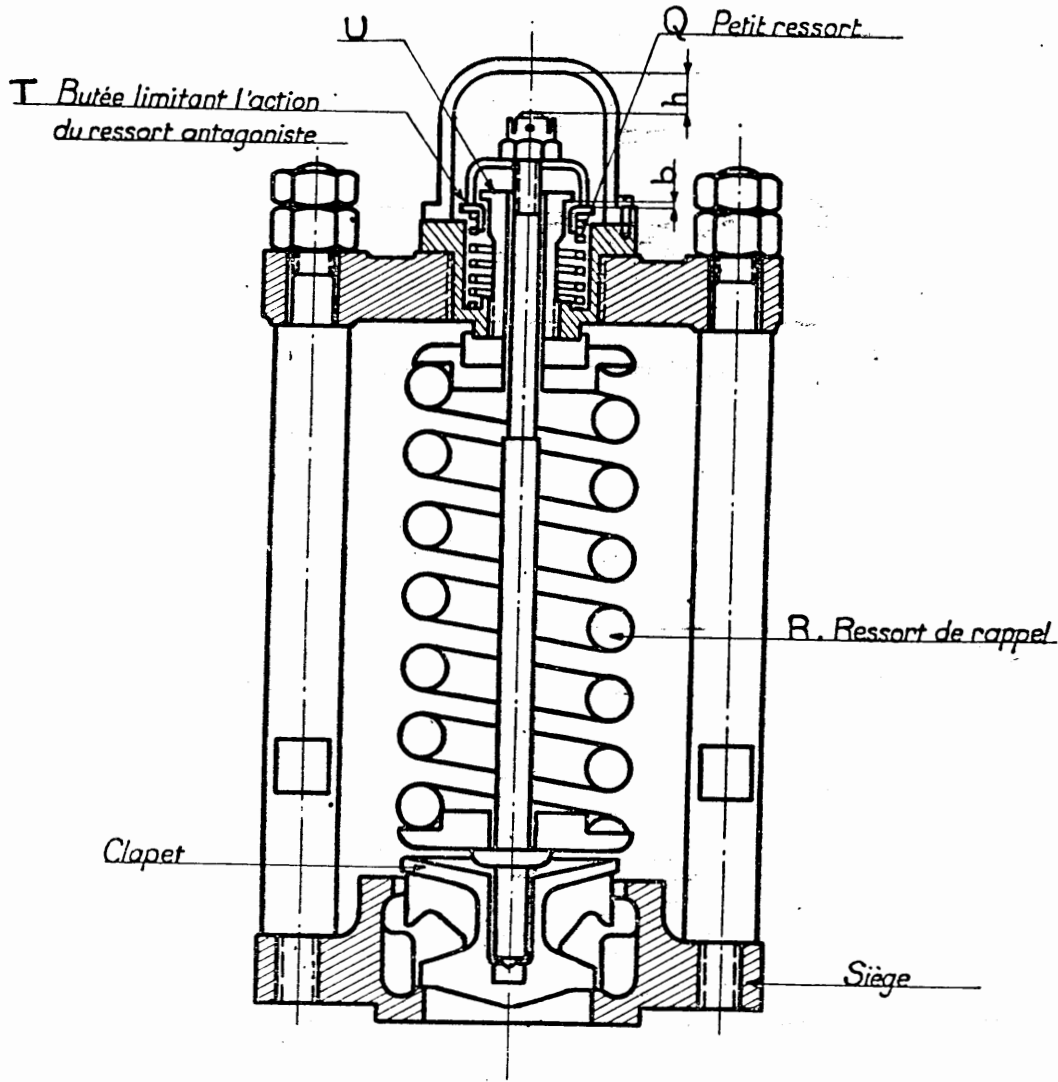


FIG. 178

tante de vapeur donc de charbon brûlé. On peut donc marcher au timbre sans craindre d'avoir des pertes importantes par la levée des soupapes. La fermeture se fait comme pour les autres soupapes à 300 gr. environ au-dessous du timbre.

La figure 178 montre comment est modifiée la soupape ordinaire Lethullier Pinel. On ajoute à la soupape normale le dispositif nécessaire pour le montage du ressort Q qui ne

s'oppose à l'action du ressort R que pendant la course b avant que la pièce T ne vienne buter contre la pièce U.

Les soupapes à deux temps sont appliquées à quelques Pacific 231 D à J.

### 2° Bouchons fusibles

Les bouchons fusibles tiennent lieu de l'appareil sonore entrant en action lorsque l'eau est descendue au-dessous d'un certain niveau, imposé par l'article 15 du décret du 2 avril 1926 pour les chaudières à foyer intérieur.

Leur rôle est aussi celui d'empêcher la détérioration des tôles du foyer lorsque le niveau de l'eau est descendu trop bas et laisse le ciel à sec soumis à l'action chauffante du feu sans

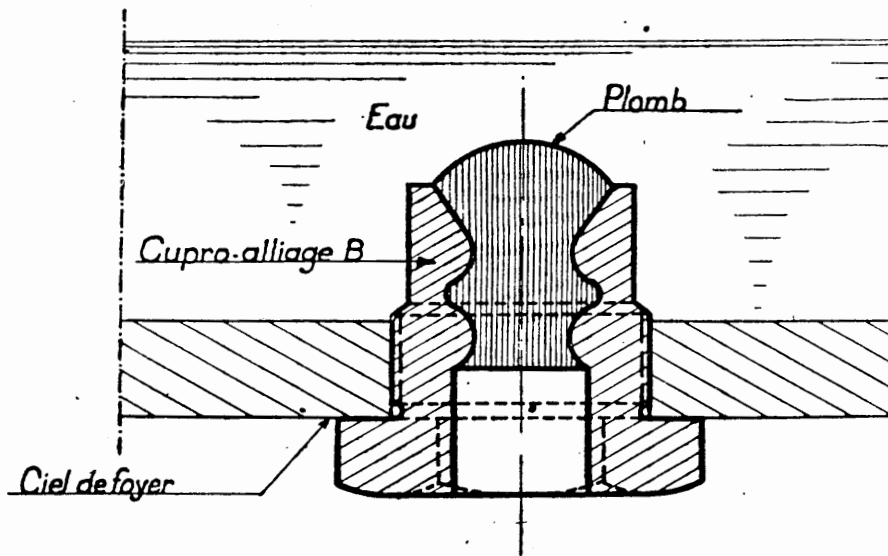


FIG. 179

refroidissement. Dans ce cas, en effet, les tôles arriveraient à une très haute température à laquelle leur résistance est faible et elles finiraient par céder à la pression de la vapeur. La fusion du plomb de garnissage qui se produit vers 326° laisse échapper la vapeur dans le foyer, ce qui avertit le chauffeur. Il ne reste plus à ce dernier qu'à jeter le feu très rapidement.

Les bouchons fusibles sont d'un modèle unifié par la S.N.C.F. qui a édicté des règles pour leur fabrication, leur visite, leur remplacement, leur comptabilité dans les dépôts. Ils sont constitués par une douille en bronze B<sub>1</sub> (fig. 179) qui est remplie de plomb à l'intérieur.

Ces bouchons sont vissés dans des trous taraudés dans le ciel de foyer. Il y en a, en général, deux dans chaque foyer; ceux à chambre de combustion en ont trois.

### 3° Indicateurs de niveau

Les indicateurs de niveau renseignent le personnel de conduite sur la hauteur de l'eau dans la chaudière. Grâce à eux il est possible de régler l'alimentation d'eau en fonction de la consommation de vapeur de façon que le niveau de l'eau au-dessus du point le plus élevé du ciel de foyer soit toujours au moins à 60 mm. Ils sont disposés de manière à ce que la limite

inférieure de visibilité du niveau correspond en palier à une hauteur de 100 mm. d'eau au-dessus du point le plus élevé du ciel (120 mm. pour les 241-A), l'écart de 40 mm. avec le niveau réglementaire tenant compte de l'erreur d'interprétation qui pourrait être faite lorsque

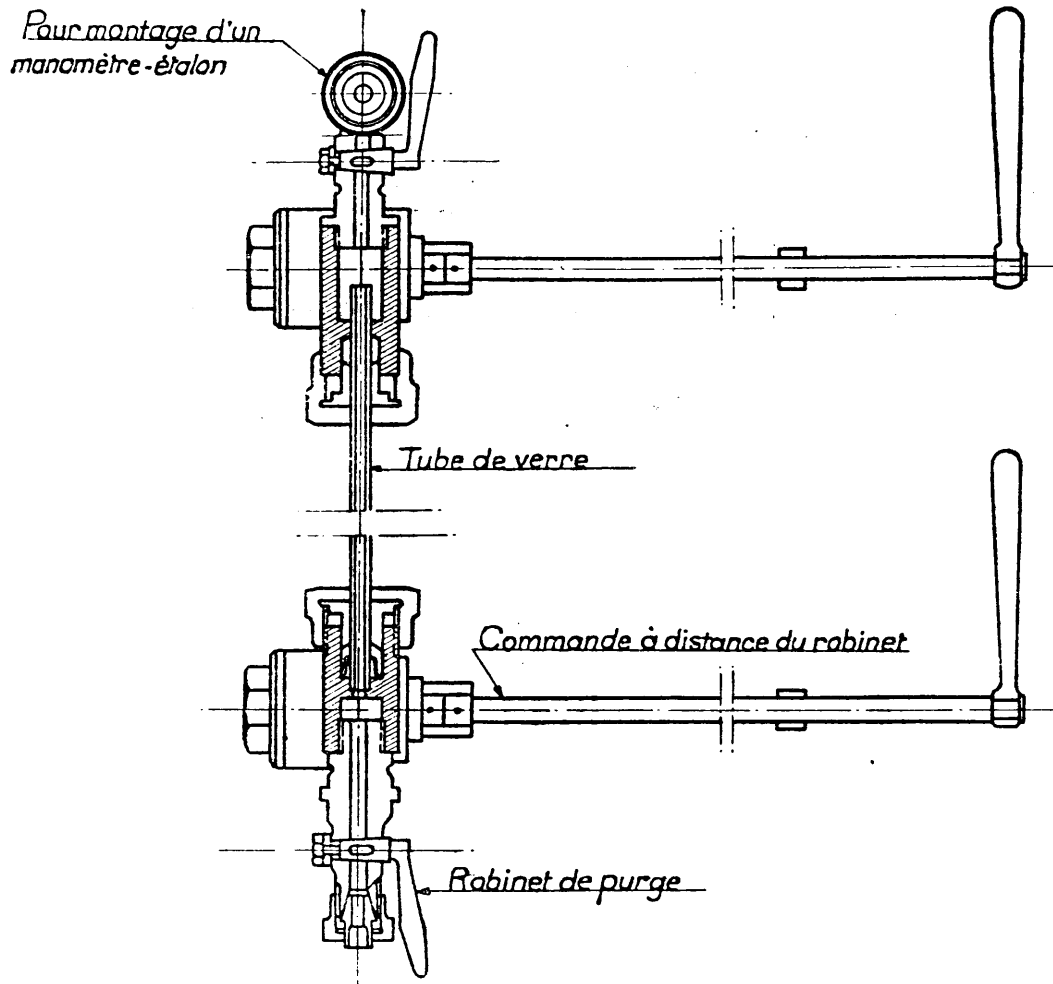


FIG. 180

la machine est en rampe. Le « niveau minimum » est indiqué sur la façade arrière par un trait sur une plaque en laiton.

Il existe deux types d'appareils pour indiquer le niveau de l'eau : le tube de niveau et le robinet de jauge.

Le décret du 2 avril 1926 (article 15) impose l'emploi simultané sur chaque chaudière de deux indicateurs de niveau et il faut que l'un d'eux au moins soit à niveau visible.

Les chaudières de locomotives ont toutes les deux types d'indicateurs de niveau.

Il existe plusieurs types d'indicateurs à niveau visible. Cela tient à ce que l'on a progressivement cherché à rendre ces appareils sûrs et sans danger en cas de bris de la glace.

**a) Indicateur à tube de verre.**

Cet indicateur (*fig. 180*) se compose d'un tube de verre tenu entre deux montures qui mettent le tube en communication avec la chaudière. La monture inférieure traverse la plaque arrière de boîte à feu au-dessous du niveau de l'eau, la monture supérieure est au-dessus de

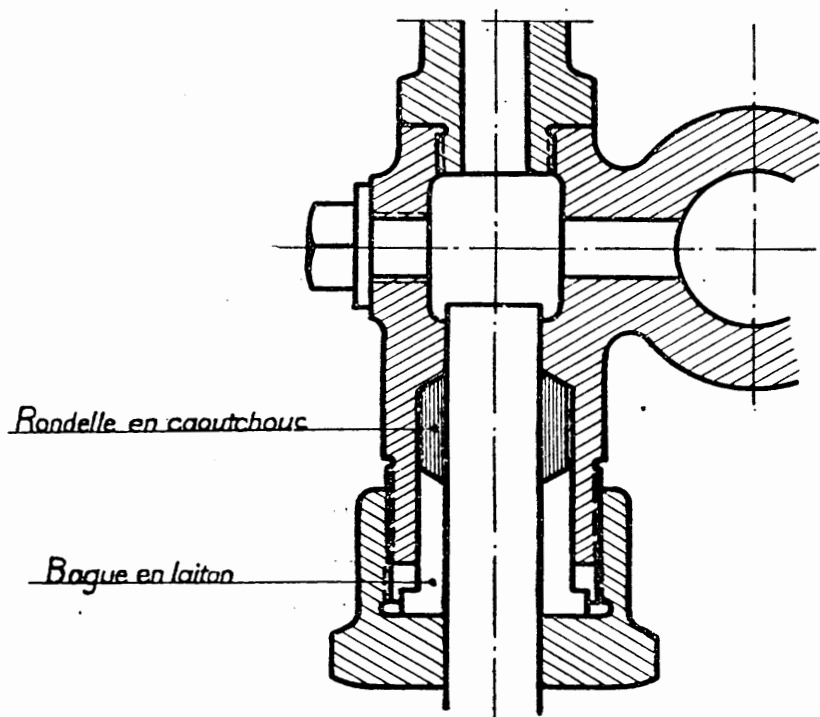


FIG. 181

ce niveau. Un robinet à boisseau et clé sur chaque monture permet d'isoler le tube en cas de rupture. Ils sont commandés à distance et parfois conjugués.

Le montage du tube dans sa monture (*fig. 181 et 182*) comporte des rondelles en caoutchouc serrées par une bague en laiton et un écrou. A la partie inférieure une rondelle en cuivre rouge de forme spéciale empêche la bague de caoutchouc de passer sous le tube et de l'obstruer (*fig. 182*).

Le tube est contenu dans un protecteur, genre Billé Dufaucompret, muni de verre armé; en cas de rupture le protecteur dévie les projections d'eau et vapeur et on peut fermer les robinets d'isolement par les commandes à distance sans se brûler.

**b) Indicateur à billes.**

L'indicateur à billes, système Chalou, possède également un tube de verre tenu dans des montures comme le précédent. Mais ces montures comportent, en outre, des billes qui sont

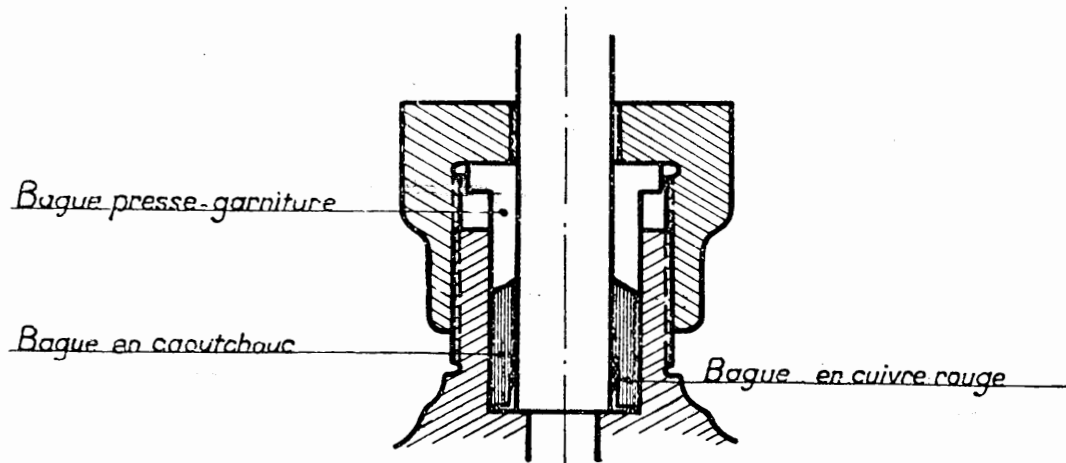


FIG. 182

poussées sur des sièges par la vapeur lorsque le tube se rompt. La fermeture est ainsi automatique (fig. 183). Cet indicateur est aussi placé dans un protecteur du même genre que le précédent.

c) **Niveau d'eau à gaine à glace Klinger.**

Cet appareil (fig. 184) se compose d'une glace épaisse (16 mm.) en verre dont la face côté eau est striée de rainures longitudinales pour faire apparaître l'eau en noir contrastant avec la vapeur incolore. Cette glace est serrée par des boulons d'acier avec interposition de deux joints en amiante entre les deux parties d'une gaine de bronze. La partie extérieure comprend une fenêtre permettant de voir la glace. La partie intérieure comprend le canal où se trouvent eau et vapeur et les tubulures de jonction avec les montures supérieure et

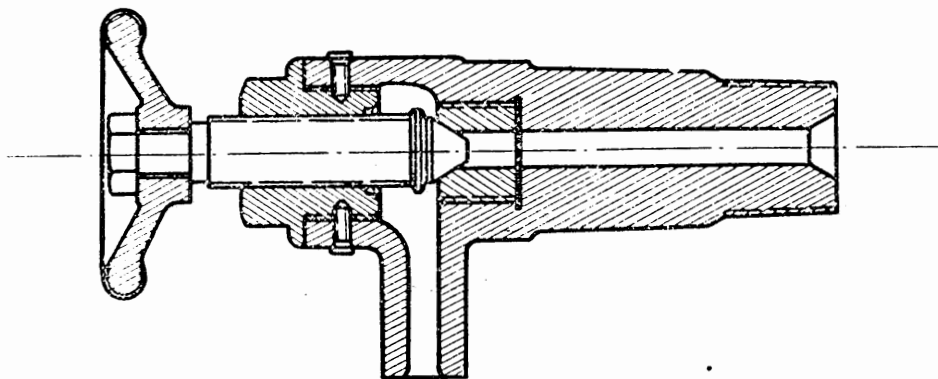
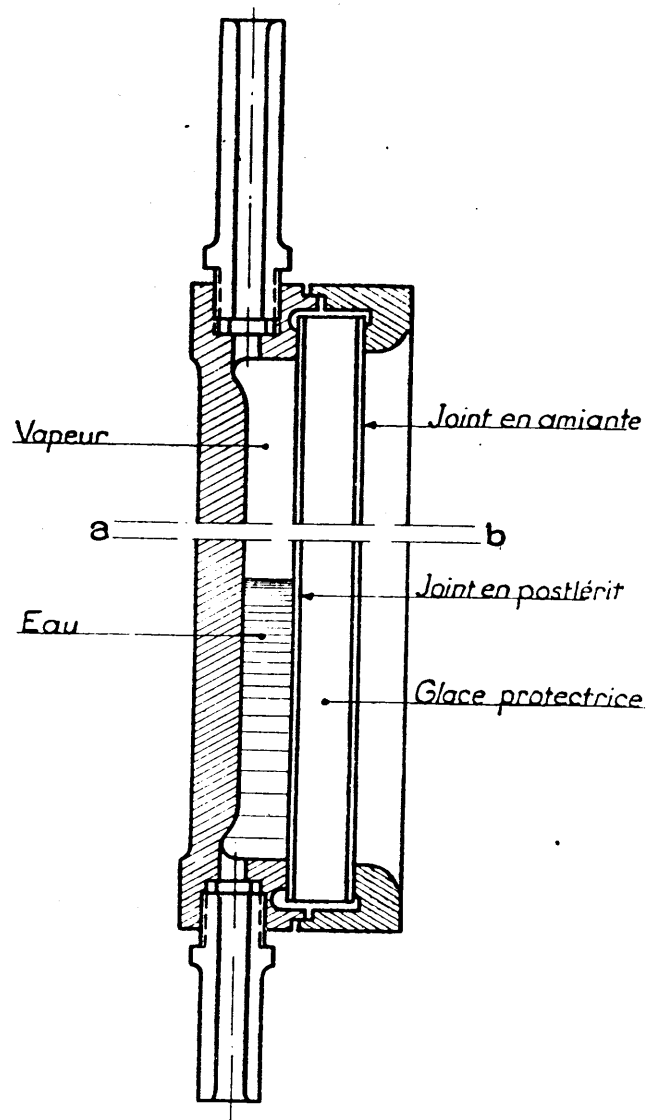


FIG. 185



Coupe a b

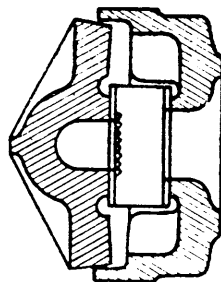


FIG. 184



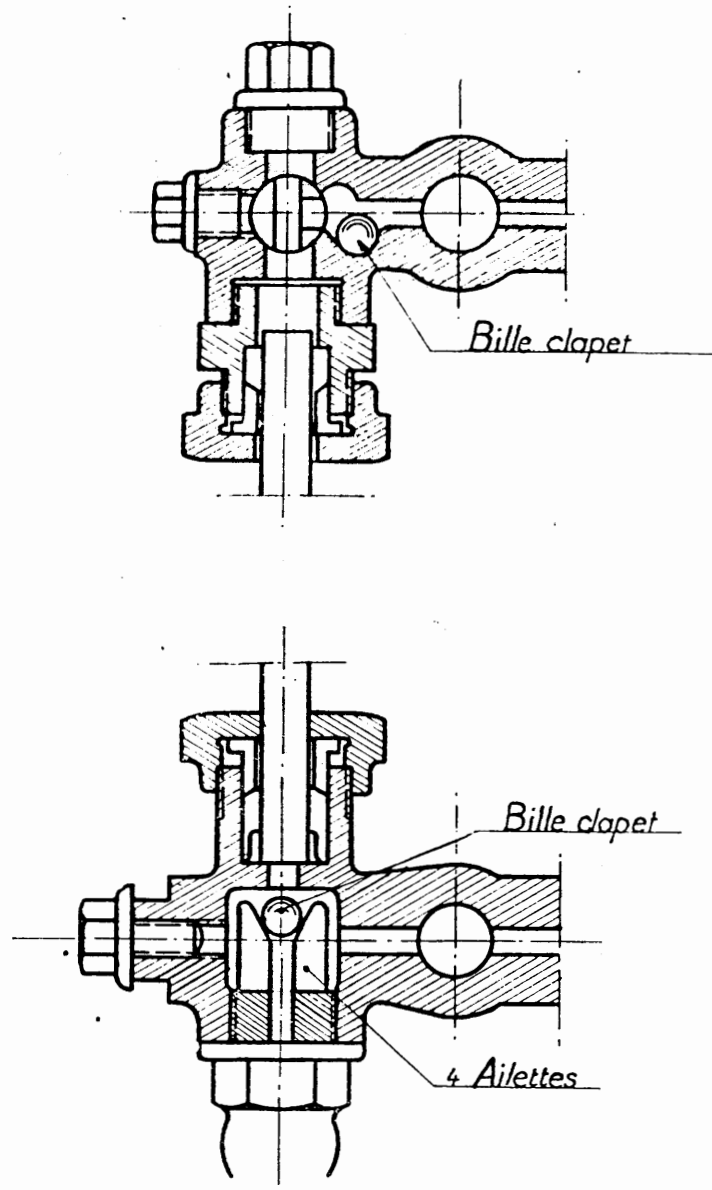


FIG. 183

inférieure en communication avec la chaudière. Des garnitures en amiante assurent l'étanchéité entre les tubulures de la gaine et les montures.

Chaque monture est munie d'un robinet permettant l'isolement de la chaudière. La monture inférieure porte, en outre, un robinet de purge.

Ce système d'indicateur a l'avantage d'assurer une bonne visibilité et d'éliminer le danger de rupture que présentait l'indicateur à tube de cristal.

Sur le niveau unifié une plaque indicatrice indique les hauteurs que doit avoir l'eau

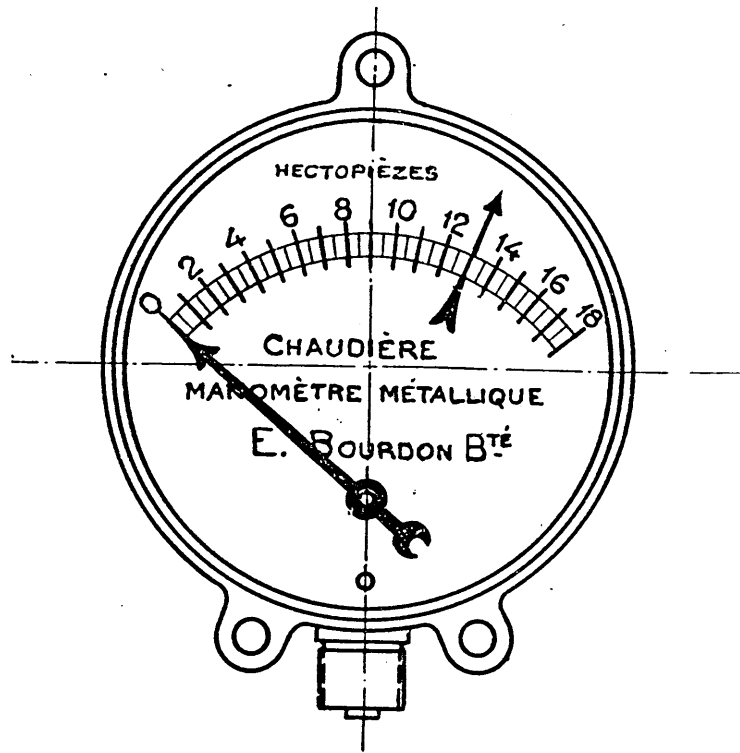


FIG. 186

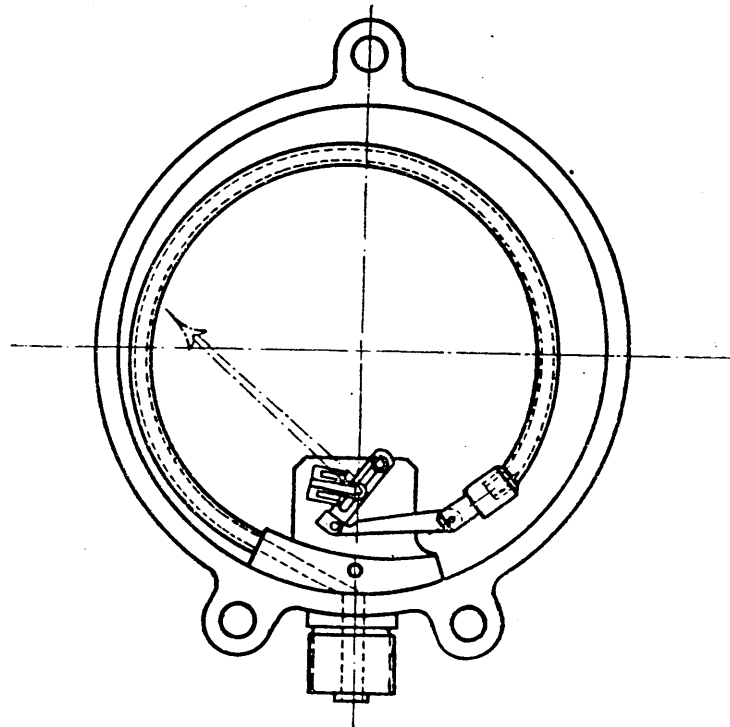


FIG. 187

en rampe de 5, 10, 15, 20, 25, 30 mm. (dans la marche cheminée en arrière, les indications doivent être interprétées en sens inverse).

#### d) Robinets de jauge.

Conformément aux stipulations de l'article 15 du décret du 2 avril 1926 la chaudière de locomotive qui ne comporte qu'un seul appareil à niveau visible doit posséder trois robinets de jauge.

Le robinet de jauge unifié (*fig. 185*), actuellement employé, est à pointeau. Il est vissé par filetage conique au pas de 2 mm. dans la plaque arrière de boîte à feu.

Il comporte un corps en bronze dans lequel sont rapportés un siège et un écrou de pointeau. La manœuvre du pointeau est faite par un volant.

Le robinet de jauge inférieur doit être placé à 60 mm. au minimum au-dessus de la partie supérieure du ciel de foyer. L'emplacement de ces robinets est parfois conditionné par les armatures et diverses pièces fixées à la plaque arrière et on ne peut pas les placer à volonté.

### 4<sup>o</sup> Manomètres

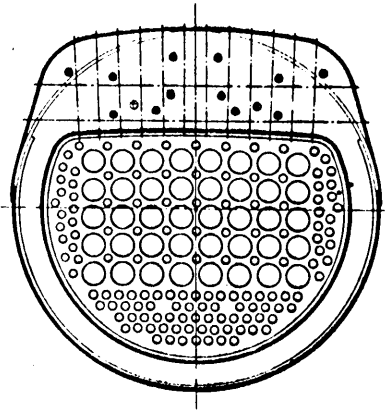
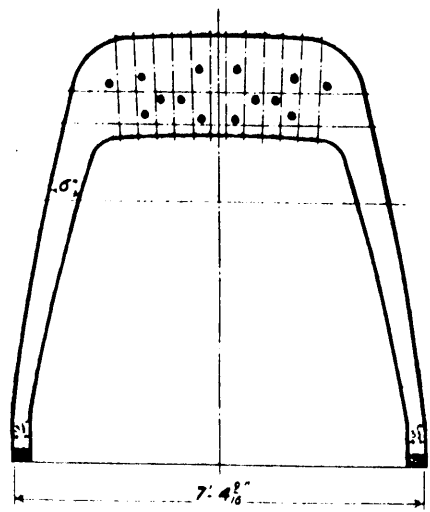
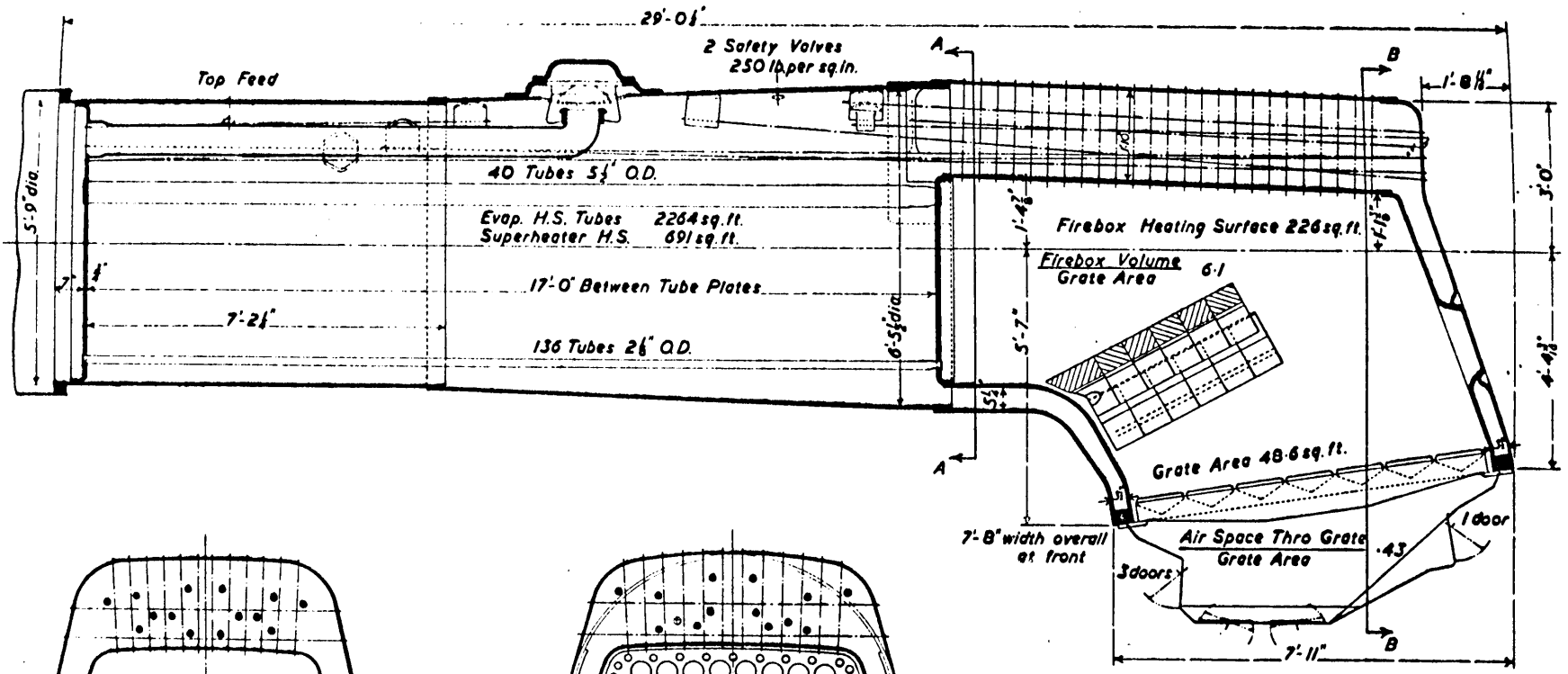
Le manomètre est un instrument destiné à faire connaître au personnel de conduite quelle est la pression qui règne effectivement à l'intérieur de la chaudière. Il lui permet ainsi de régler la conduite du feu en fonction de la puissance fournie par le moteur et pour maintenir la pression toujours au timbre.

Il est formé (*fig. 186*) par une boîte cylindrique en laiton. Cette boîte contient un cadran gradué en hectopièzes et une aiguille dont la pointe peut se déplacer le long de la graduation du cadran et s'arrête en face du chiffre qui correspond à la pression mesurée. Une flèche sur le cadran indique la pression à ne pas dépasser.

Un tuyau venu de la chaudière amène la pression dans un tube élastique de courbure et de section elliptiques situé à l'intérieur de la boîte en laiton (*fig. 187*). Sous l'effet de la pression le tube a tendance à se redresser pour prendre une courbure circulaire et son extrémité entraîne la rotation de l'aiguille autour de son axe jusqu'à ce que l'équilibre soit obtenu entre l'action due à la pression et la réaction élastique que le tube oppose à sa déformation.

Le tuyau qui amène la pression a une forme en U. L'eau s'y accumule par condensation et le tube manométrique n'est pas au contact direct de la vapeur. Grâce à cette disposition le matelas d'eau atténue les coups de béliers qui pourraient se produire dans le tube par l'ouverture brusque du robinet de prise de vapeur et qui fausseraient les indications de l'appareil.

Chaque chaudière est munie d'un ajutage pour montage d'un manomètre étalon (décret du 2/4/26, art. 11) (*fig. 180*).



**DIAGRAM OF BOILER**

B.R. Pacific 3 cylinders no 71000