

DEUXIEME PARTIE

La chaudière

Appareils et accessoires de la chaudière

La chaudière de la *hl* est du système des générateurs tubulaires à foyers intérieurs.

La chaudière comporte trois parties :

- 1) Le foyer avec grille intérieure ;
- 2) Le corps cylindrique contenant un faisceau de tubes à fumée ;
- 3) La boîte à fumée portant une cheminée.

Elle comprend comme accessoires : les appareils de sûreté servant à indiquer la pression de la vapeur et le niveau de l'eau dans la chaudière ; les appareils d'alimentation, de fumivoricité, de prise de vapeur et, parfois, un surchauffeur de vapeur.

Types de boîtes à feu de chaudières des *hl* de l'Etat Belge

1) Boîte à feu à berceau cylindrique et à consolidation du ciel par sommiers longitudinaux (FIG. 65), par sommiers transversaux (FIG. 66), par tirants verticaux (FIG. 67) et par tirants radiaux (FIG. 68) ;

2) Boîte à feu du type Belpaire. L'enveloppe extérieure est plane et parallèle au ciel du foyer et à consolidation par tirants (FIG. 69) ;

3) Boîte à feu à tubes d'eau du type Brotan (FIG. 70), appliquée à titre d'essai depuis 1908 sur deux *hl*, type 29.

Chacun des types de boîte à feu présente ses avantages et ses inconvénients. Cependant, c'est la boîte à feu à berceau cylindrique qui est la plus répandue et qui paraît préférable pour les grandes chaudières.

Elle est la plus rationnelle au point de vue de la résistance et de la facilité de construction.

Le foyer carré a une chambre de vapeur un peu plus grande que celui à berceau cylindrique, l'entraînement d'eau dans les cylindres est moins à craindre.

Armatures des ciels de foyer

Les foyers à berceau cylindrique (FIG. 67 et 68) des *hl* modernes sont, de même que les foyers carrés (FIG. 69), armés au moyen de tirants verticaux et transversaux en fer homogène.

De l'avis général, les tirants présentent sur les sommiers (FIG. 65 et 66) les avantages suivants :

Ils sont plus légers et de construction plus simple ; ils relient d'une façon plus sûre le ciel du foyer et l'enveloppe de boîte à feu ; l'entartrement du ciel de foyer est moindre ; la visite et le nettoyage en sont plus faciles. Cependant, les sommiers ont l'avantage de permettre une dilatation plus libre du foyer et de diminuer par conséquent les déformations de certaines parties du foyer. Pour faciliter la dilatation, dans les foyers armés avec des tirants, on emploie deux rangées de tirants à dilatation libre, les deux rangées les plus rapprochées de la plaque tubulaire (FIG. 71).

Foyers. — Les foyers sont en cuivre généralement. On a essayé des foyers totalement ou partiellement en tôle de fer homogène.

En ce qui concerne les foyers entièrement en tôles de fer homogène, d'une façon générale, les résultats ne furent pas satisfaisants, en raison des fissures qui se produisirent dans les régions entretoisées. On a essayé également des plaques tubulaires mixtes (FIG. 72). La partie qui reçoit les tubes est en fer homogène et la partie inférieure en cuivre. Les deux fractions de plaques sont réunies par une couture. Celle-ci se trouve un peu au-dessus de la voûte. Ces plaques mixtes ont donné de bons résultats, toutefois des fuites se sont produites à la couture et des rivets ont été remplacés.

Cette plaque n'offre aucune difficulté de chaudronnerie, il faut surtout bien soigner l'assemblage (la couture).

Entretoises. — Les faces avant, arrière et latérales de la caisse intérieure du foyer et de son enveloppe sont rendues solidaires par des entretoises vissées et rivées, espacées généralement de 90 à 100 m/m d'axe en axe. Leur diamètre varie entre 22 et 30 m/m ; lors d'un remplacement d'entretoises, il est susceptible d'être porté jusque 35 m/m par suite de l'agrandissement des trous par l'alésage et le retaroudage.

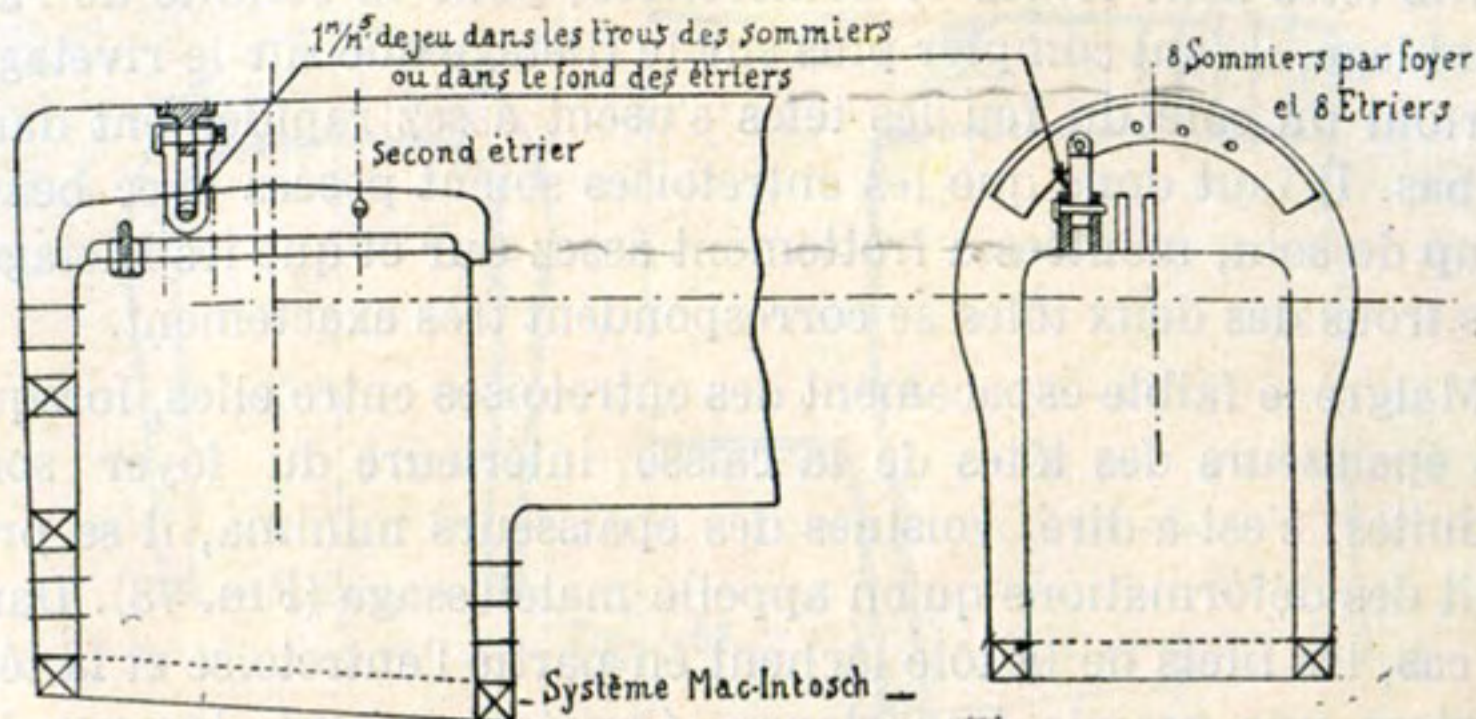


Fig 65.

Par suite du jeu de 1,5 ^m, la charge supportée par le ciel se répartit ainsi entre les étriers et les sommiers et par réaction sur les tôles verticales d'AV. et d'AR. du foyer. Les ruptures des étriers s'accusent par une flexion du ciel aux coutures horizontales au dessus de la tôle d'AR. de la boîte à feu. Des bris de brides ont été constatés, bris dus à un manque de soins dans le montage, insuffisance de jeu aux endroits indiqués par les flèches.

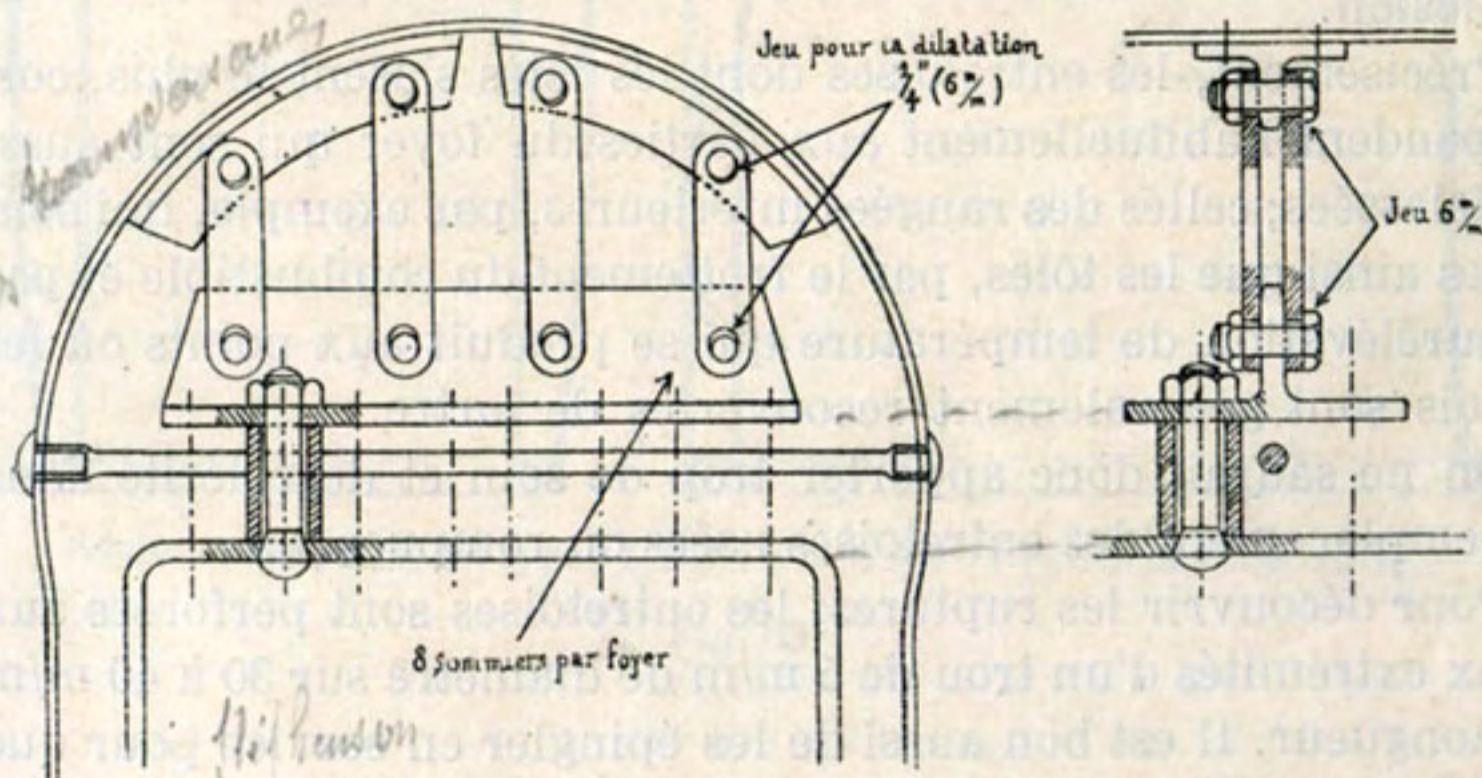
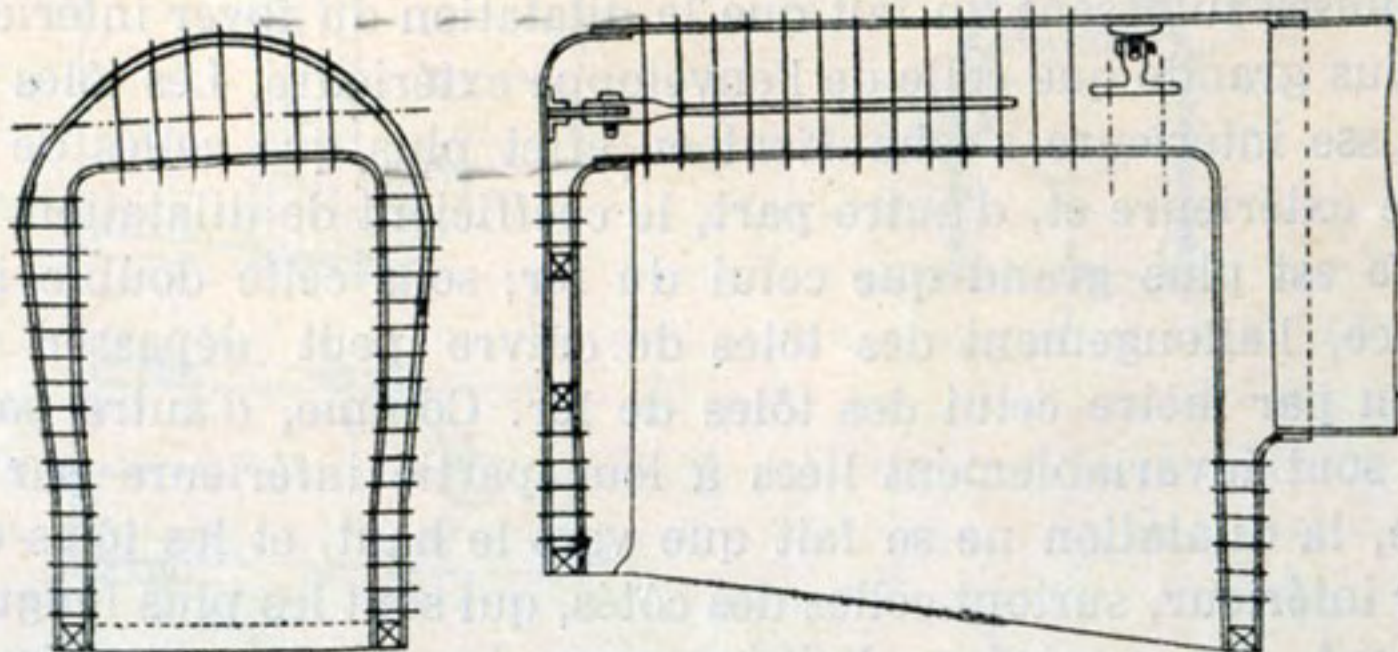


Fig. 66.



Système Flamme. Hl types 9-15-18-30-32-35.

Fig. 67.

Les têtes sont rivées et bouterollées; pour la solidité de l'assemblage, il faut compter plus sur le filetage que sur le rivetage, surtout du côté du feu les têtes s'usent assez rapidement dans le bas. Il faut donc que les entretoises soient posées avec beaucoup de soin, montées à frottement assez dur et que les filetages des trous des deux tôles se correspondent très exactement.

Malgré le faible espacement des entretoises entre elles, lorsque les épaisseurs des tôles de la caisse intérieure du foyer sont réduites, c'est-à-dire, voisines des épaisseurs minima, il se produit des déformations qu'on appelle matelassage (FIG. 73). Dans ce cas, les filets de la tôle lâchent en partie l'entretoise et la tête a alors une grande importance. Conséquemment, lorsque les tôles sont réduites, il faut compter plus sur la tête de l'entretoise que sur le filetage. S'il se trouvait dans une zone de tôle réduite et matelassée des entretoises dont les têtes seraient complètement rongées, il pourrait se produire, sous l'action d'une élévation momentanée de la pression au-dessus du timbre, une déchirure ou un arrachement de cette partie de tôle et par suite une explosion.

Précisément, les entretoises dont les têtes s'usent le plus, correspondent habituellement aux parties du foyer qui sont aussi matelassées; celles des rangées inférieures, par exemple, qui sont usées ainsi que les tôles, par le frottement du combustible et par la surélévation de température qui se produit aux points où les parois sont généralement recouvertes de tartre.

On ne saurait donc apporter trop de soin et de célérité dans le remplacement des entretoises usées ou rompues.

Pour découvrir les ruptures, les entretoises sont perforées aux deux extrémités d'un trou de 5 m/m de diamètre sur 30 à 40 m/m de longueur. Il est bon aussi de les épingleur en service pour que la rupture se trouve descellée dès qu'elle se produit.

Les ruptures sont dues principalement aux flexions que les entretoises subissent du fait que la dilatation du foyer intérieur est plus grande que celle de l'enveloppe extérieure. Les tôles de la caisse intérieure s'échauffent en effet plus que celles de la caisse extérieure et, d'autre part, le coefficient de dilatation du cuivre est plus grand que celui du fer; sous cette double influence, l'allongement des tôles de cuivre peut dépasser de 4 m/m par mètre celui des tôles de fer. Comme, d'autre part, elles sont invariablement liées à leur partie inférieure par le cadre, la dilatation ne se fait que vers le haut, et les tôles du foyer intérieur, surtout celles des côtés, qui sont les plus longues exercent des poussées dirigées vers les angles supérieurs (FIG. 74).

*Surans indiquées
à l'orientation facile des ventilation*

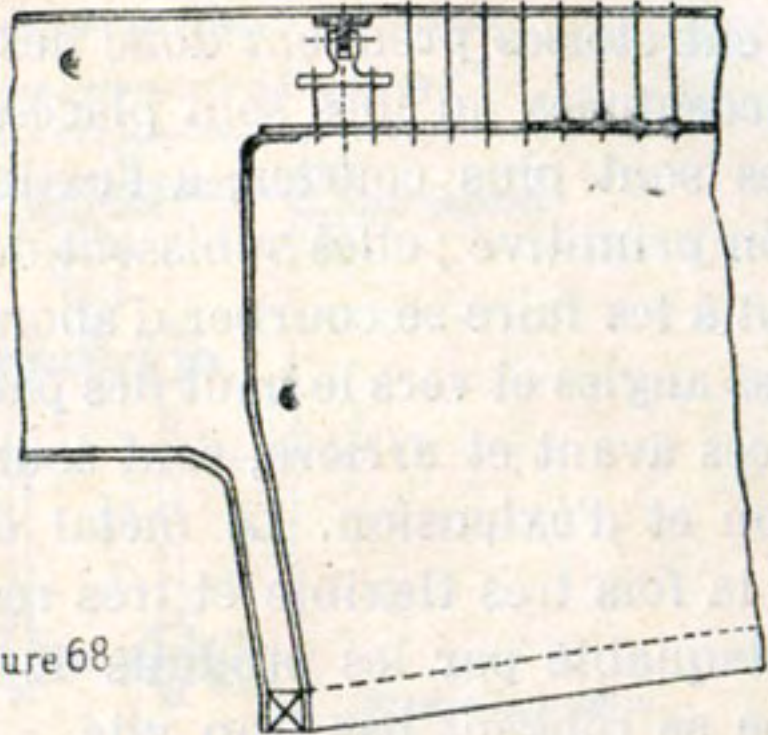
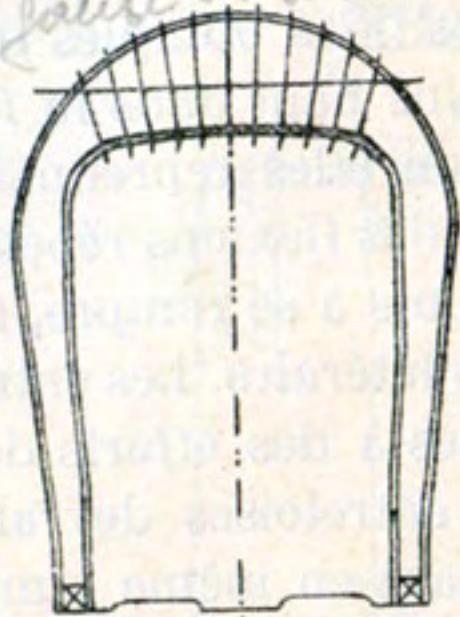
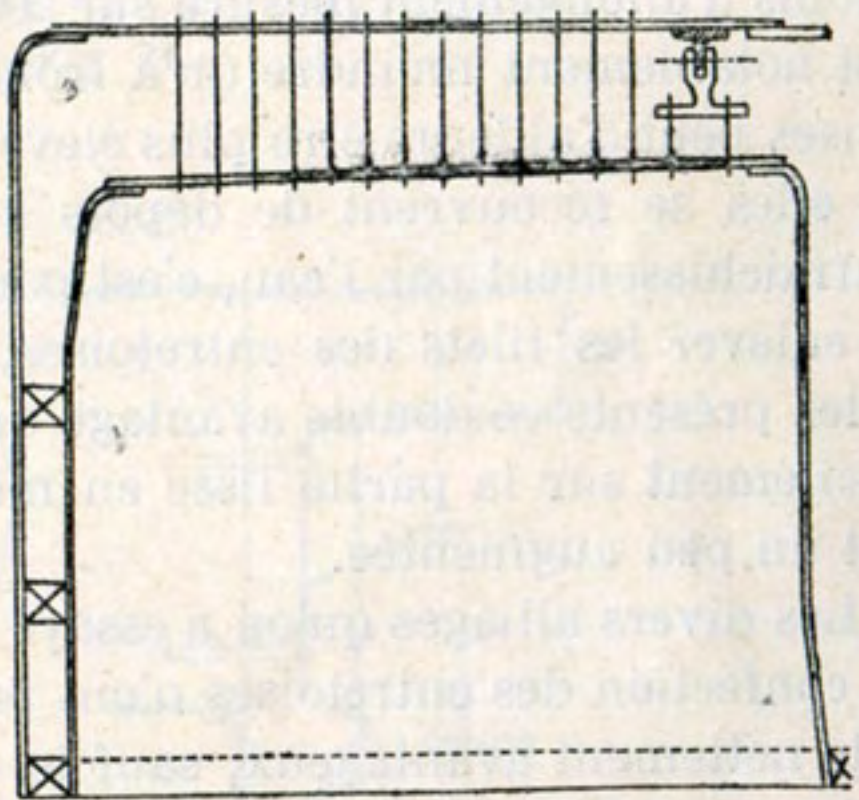
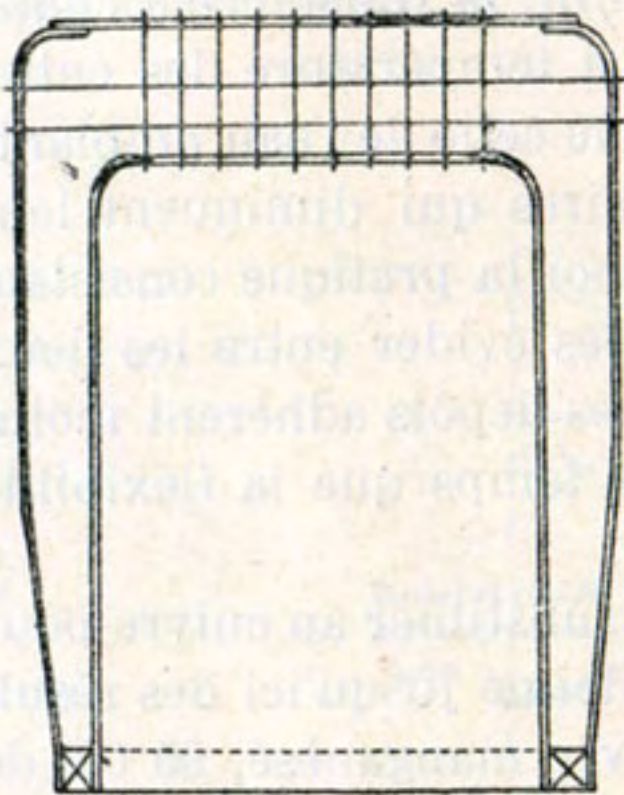


Figure 68

Système Flamme. Hl types 10 et 36.



Système Belpaire. Hl types 1-2-3 45 6-8. Atl 11-12-20-23-25-28-29-31.

Fig. 69.

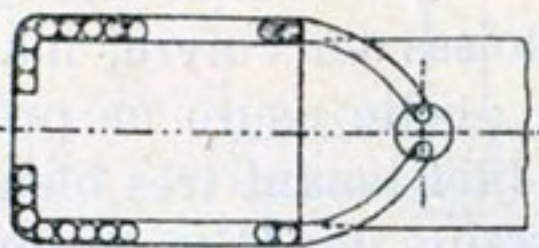
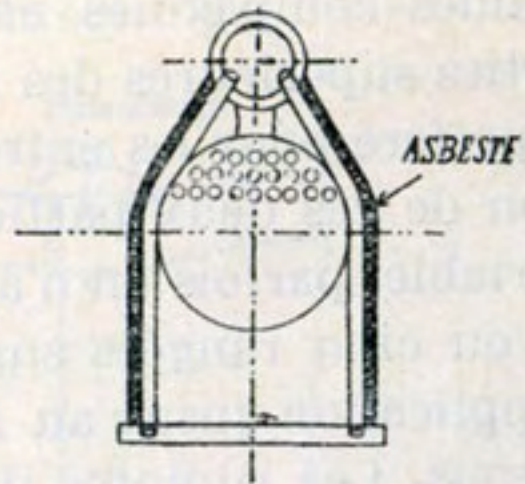
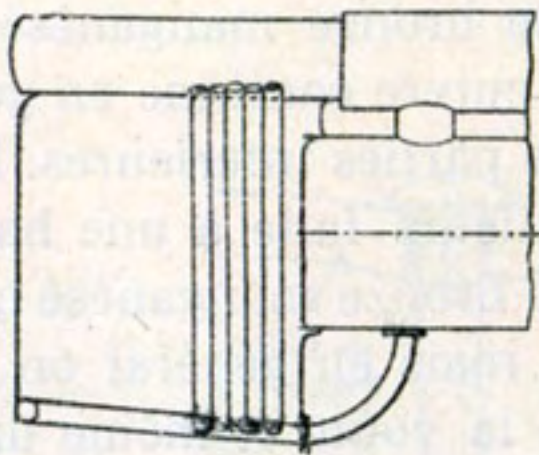


Fig. 70.

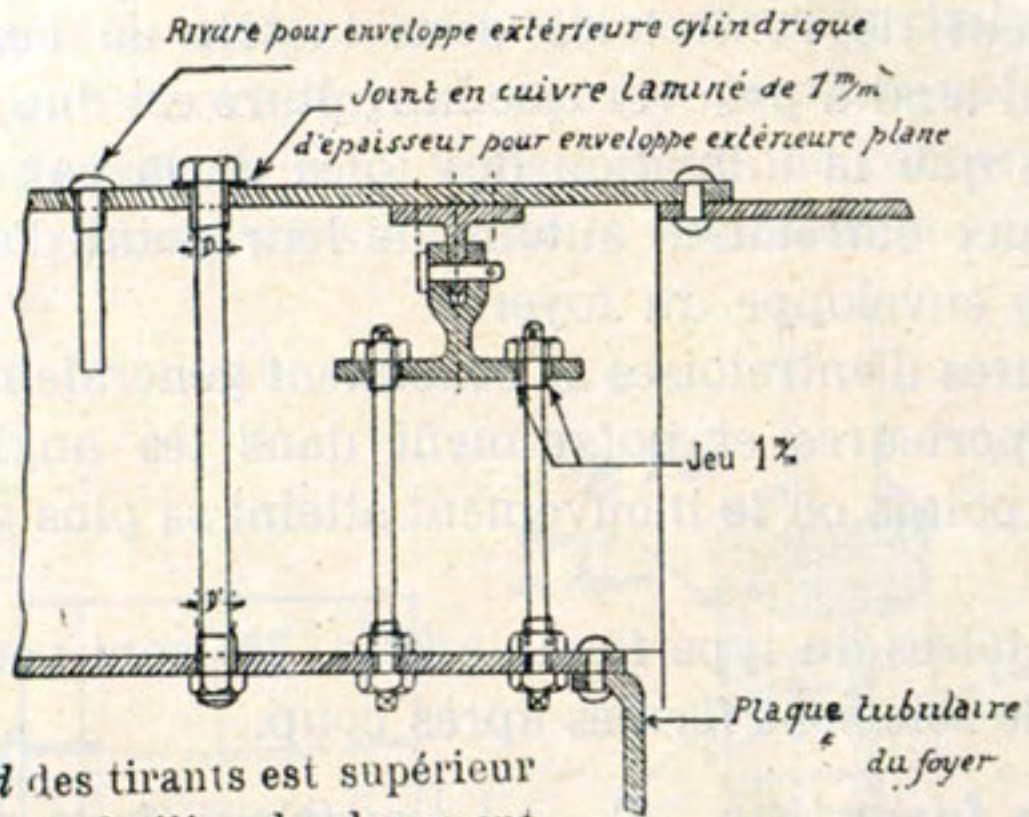
Les entretoises prennent donc des positions obliques d'autant plus accentuées qu'elles sont placées plus haut dans le foyer et qu'elles sont plus courtes; à l'extinction elles reprennent leur position primitive; elles subissent donc des flexions répétées qui tendent à les faire se courber d'abord, puis à se rompre, surtout dans les angles et vers le haut des parois latérales. Les entretoises des faces avant et arrière, sont soumises à des efforts de compression et d'extension. Le métal des entretoises devrait donc être à la fois très flexible et très résistant en même temps que peu attaquable par les produits de la combustion, afin que les têtes ne se rongent pas trop vite.

Généralement on emploie le cuivre, qui est flexible mais peu résistant; 24 à 25 kg. de résistance par m/m^2 à froid et 30 0/0 au moins d'allongement mesuré sur 200 m/m, la résistance à chaud est notablement moindre qu'à froid. La température des entretoises peut d'ailleurs être plus élevée que celle de l'eau ambiante si elles se recouvrent de dépôts calcaires qui diminuent leur rafraîchissement par l'eau, c'est pourquoi la pratique consistant à enlever les filets des entretoises, à les évider entre les deux tôles présente ce double avantage que les dépôts adhèrent moins facilement sur la partie lisse en même temps que la flexibilité est un peu augmentée.

Les divers alliages qu'on a essayé de substituer au cuivre pour la confection des entretoises n'ont pas donné jusqu'ici des résultats nettement avantageux, sauf le cuivre manganésé, 95 0/0 de cuivre et 5 0/0 de manganèse.

La résistance par m/m^2 , 30 kg. environ et son allongement 30 0/0 environ mesuré sur 200 m/m diminuent moins rapidement à chaud que la résistance et l'allongement du cuivre.

Certaines compagnies emploient le bronze manganésé pour les parties supérieures des foyers, le cuivre continue en général à être préféré pour les entretoises des parties inférieures. La séparation de ces deux parties est d'ailleurs faite à une hauteur très variable, parfois on n'applique le bronze manganésé qu'aux quatre ou cinq rangées supérieures, mais en général on étend cette application jusqu'au niveau de la voûte et même un peu au dessous. Les ruptures des entretoises en bronze manganésé sont plus rares que celles des entretoises en cuivre, mais les têtes s'usent un peu plus vite au feu; cette usure ne présente pas de trop grands inconvénients, le filet tenant très bien dans la tôle, bien entendu lorsque les épaisseurs des tôles ne sont pas voisines des limites d'usure ou que la zone de tôle n'est pas matelassée. Les ruptures se produisent le plus souvent au ras de



Le diamètre d des tirants est supérieur au diamètre d' pour faciliter le placement et le remplacement de ces pièces. Le pas est le même.

Fig. 71.

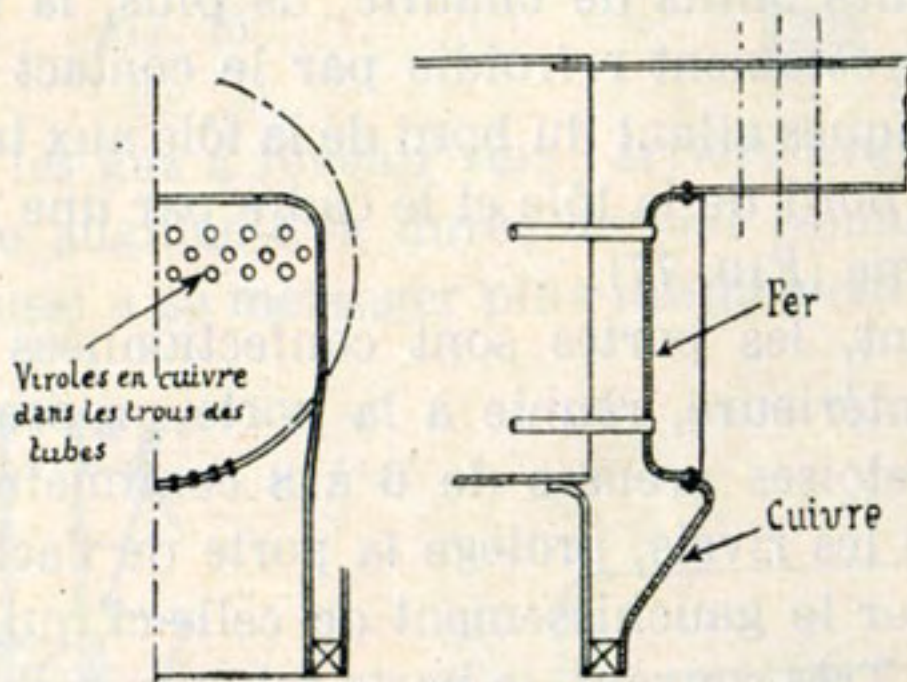


Fig. 72.

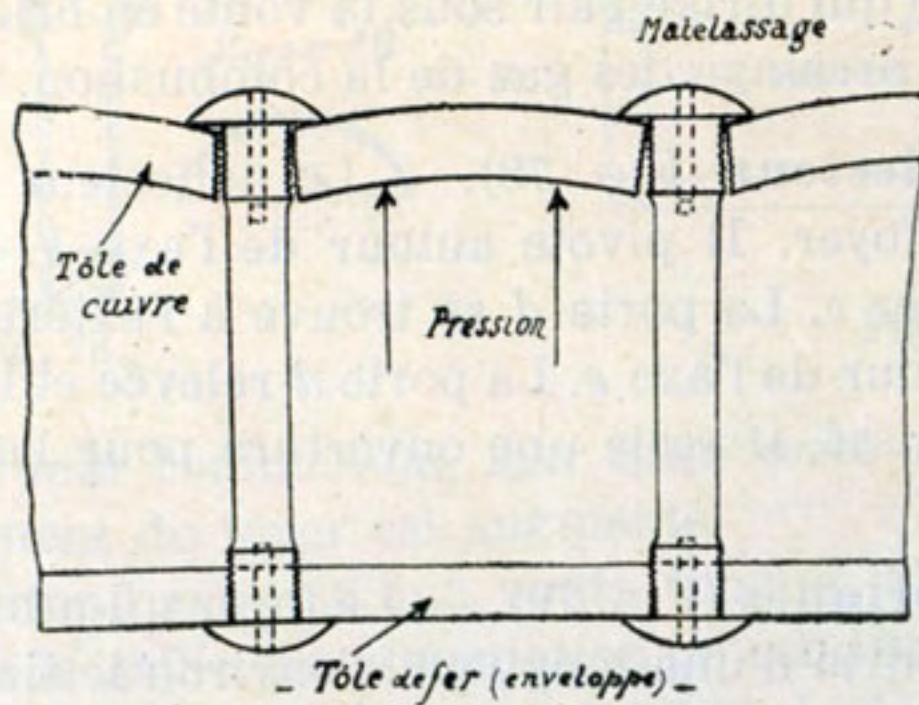


Fig. 73.

l'encastrement de l'entretoise dans la tôle de l'enveloppe du foyer, ce qui tend à prouver que la rupture est due aux flexions alternatives que la dilatation des tôles de la caisse intérieure fait subir aux entretoises autour de leur point d'encastrement dans la tôle enveloppe du foyer.

Les ruptures d'entretoises se constatent généralement dans les rangées supérieures et notamment dans les angles d'AV. et d'AR., aux points où le mouvement atteint sa plus grande intensité.

Les entretoises du type flexible (FIG. 75) sont peu employées. Les traits de scie sont fermés après coup.

✕ **Porte du foyer** (FIG. 76). — Le pourtour de la porte est constitué par un cadre, analogue à celui qui forme la partie inférieure du foyer, sur lequel sont rivées la tôle de la caisse intérieure et celle de l'enveloppe extérieure.

Le bord de la tôle intérieure et le cadre s'usent rapidement par le frottement des outils de chauffe, de plus, la tôle intérieure n'étant pas directement refroidie par le contact de l'eau, il se produit des criques allant du bord de la tôle aux trous des rivets. On protège le bord de la tôle et le cadre par une pièce en fonte dite paraflamme (FIG. 77).

Généralement, les portes sont confectionnées en tôle. Une contre-porte intérieure, réunie à la porte proprement dite par quelques entretoises creuses de 6 à 8 centimètres de hauteur que traversent les rivets, protège la porte de l'action directe du feu, pour éviter le gauchissement de celle-ci qui ne serait plus alors jointive. Très souvent, la porte est munie d'un registre permettant une admission d'air variable au-dessus de la grille.

Dans les *hl* à foyer profond (à briquettes), muni d'une voûte longue, celle-ci est généralement combinée avec une porte munie d'un déflecteur qui dirige l'air sous la voûte en briques, de façon à produire un brassage des gaz de la combustion.

✕ **Porte à déflecteur** (FIG. 78). — Le déflecteur *a* se trouve à l'intérieur du foyer. Il pivote autour de l'axe *b*. Il est mu au moyen du levier *c*. La porte *d* se trouve à l'extérieur du foyer. Elle pivote autour de l'axe *e*. La porte *d* relevée et le déflecteur *a* totalement abaissé, il reste une ouverture pour l'entrée de l'air dans le foyer.

✕ **Voûtes en briques** (FIG. 79). — Le foyer mi-profond est muni d'une voûte courte d'une longueur d'environ le tiers de celle de la grille. La voûte absorbe de la chaleur ; sa température s'élève à 1000° approximativement. Lors de l'alimentation du foyer, il

Y a abaissement de température, elle restitue la chaleur absorbée et elle maintient ainsi le foyer à une température suffisante pour brûler dans de bonnes conditions l'oxyde de carbone qui se dégage dans les premiers instants de la combustion.

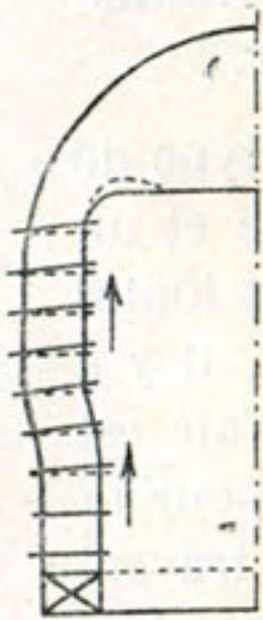


Fig. 74.

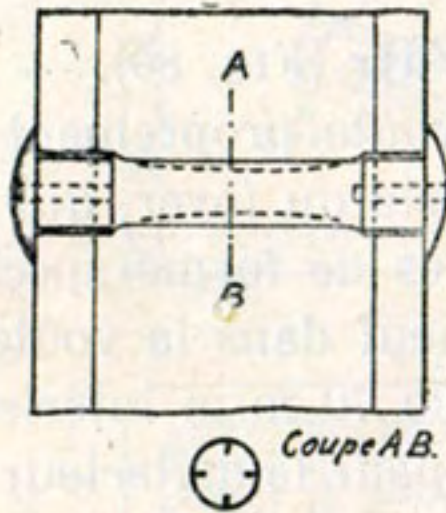


Fig. 75.

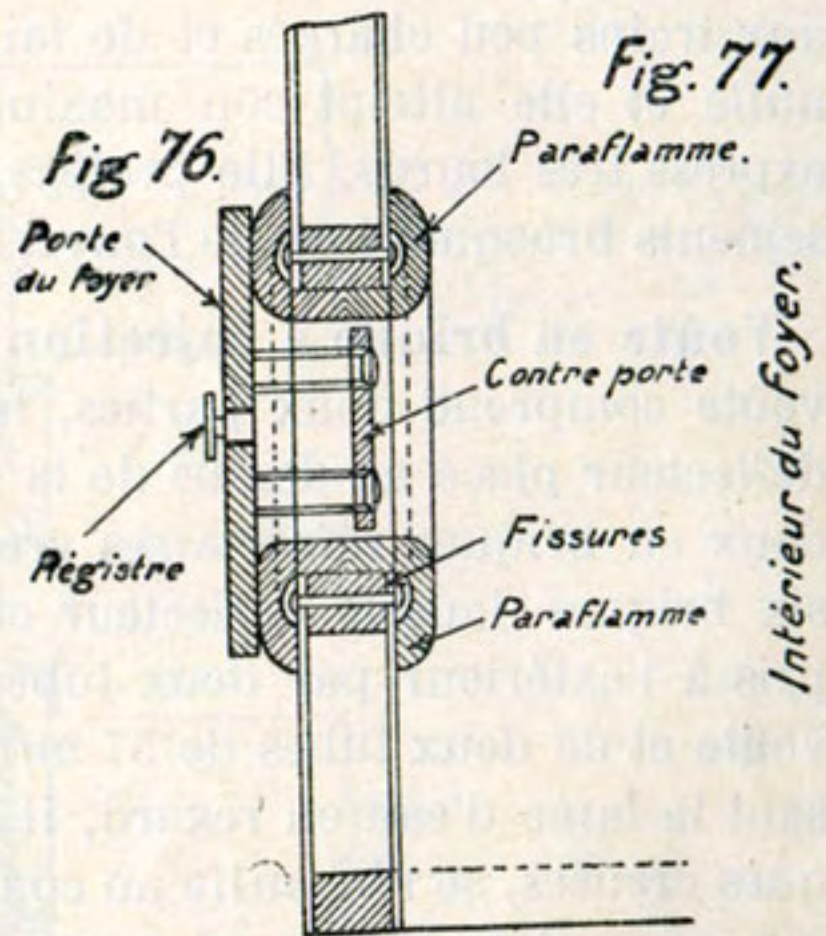


Fig. 76.

Fig. 77.

En forçant les gaz à revenir vers l'arrière avant d'entrer dans les tubes, elle augmente la durée de leur séjour dans le foyer et les force aussi à se mélanger plus intimement avec l'air ; elle

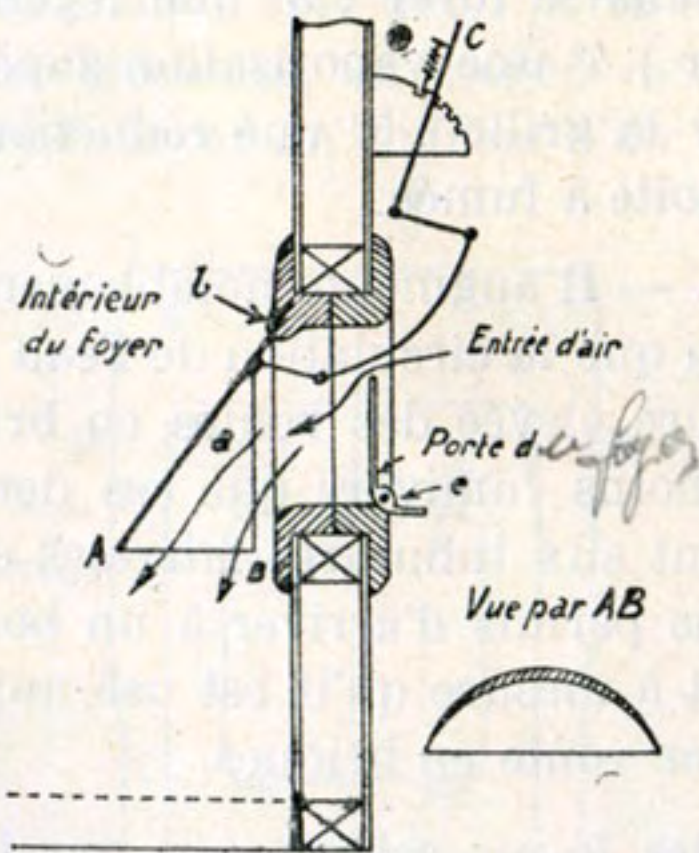


Fig. 78.

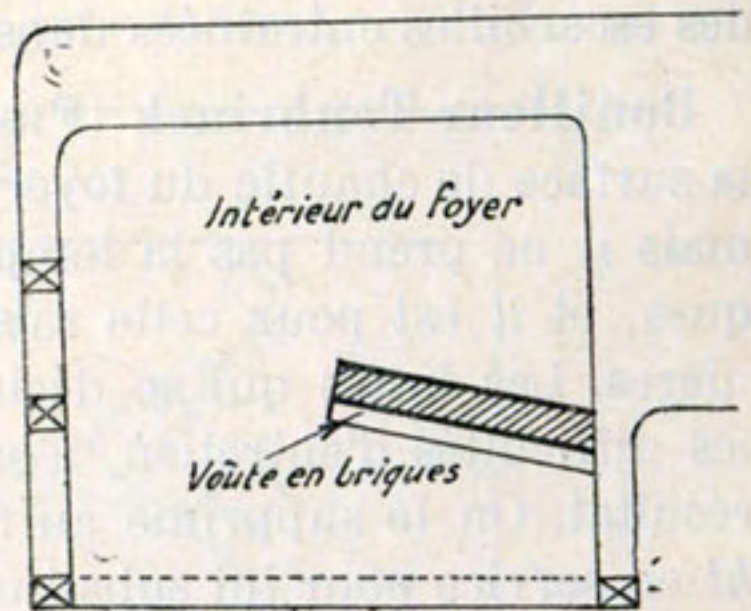


Fig. 79.

aide donc à leur combustion, leur fumivorté est plus complète et le rendement du foyer est augmenté.

Foyer profond muni d'une voûte longue, 2/3 environ de la longueur de la grille, l'augmentation de rendement, par rapport au foyer sans voûte est d'environ 8 0/0 et de 6 0/0 pour la voûte courte foyer mi-profond. L'emploi d'un déflecteur dirigeant l'air

vers la partie inférieure de la voûte augmente l'efficacité de celle-ci par suite du mélange plus intime air et gaz de la combustion.

L'efficacité des voûtes augmente aussi avec l'intensité du feu, aux trains peu chargés et de faible vitesse, elle est à peu près nulle et elle atteint son maximum de rendement aux trains express très lourds. Elle protège la tôle tubulaire des refroidissements brusques lors de l'ouverture de la porte du foyer.

Voûte en brique à injection d'air (FIG. 80). — Ce type de voûte comprend deux parties, la voûte proprement dite et un déflecteur placé au-dessus de la porte du foyer, qui sont toutes deux en briques réfractaires creuses de forme spéciale, il y a six briques dans le déflecteur et neuf dans la voûte. L'air est pris à l'extérieur par deux tubes de 70 m/m intérieur pour la voûte et de deux tubes de 57 m/m pour le déflecteur en traversant la lame d'eau en regard, il arrive dans l'intérieur des briques creuses, se réchauffe au contact des briques et sort en deux jets barrant le passage des gaz allant de la grille aux tubes à fumée. Il se produit alors un brassage énergique et les gaz incomplètement brûlés sont transformés en acide carbonique.

L'injection d'air produit : 1° une combustion plus complète ; 2° une élévation de température dans le foyer ; 3° une légère diminution du tirage dans le foyer ; 4° une vaporisation supérieure par kg. de charbon mis sur la grille ; 5° une réduction des escarbilles entraînées dans la boîte à fumée.

Bouilleur Tenbrinck (FIG. 81). — Il augmente notablement la surface de chauffe du foyer ainsi que la circulation de l'eau ; mais il ne prend pas la température élevée des voûtes en briques, et il est pour cette raison moins fumivore que ces dernières. Les fuites qui se déclaraient aux tubulures latérales et les difficultés d'entretien, n'ont pas permis d'arriver à un bon résultat. On le supprime au fur et à mesure qu'il est usé aux *hl* en service pour lui substituer une voûte en briques.

Fumivores. — La fumivorité des foyers est obtenue par la combustion complète des gaz ; cette combustion complète ne peut avoir lieu que si les gaz sont mélangés intimement avec un excès d'air.

Les voûtes en briques et les déflecteurs sont des appareils fumivores. Ils permettent le brassage très complet des gaz et de l'air dans le foyer.

Pendant les périodes d'arrêt, on utilise le souffleur à couronne, les jets de vapeur sont dirigés bien verticalement suivant l'axe de

la cheminée, et ils déterminent un tirage énergique pour produire, dans le foyer, une combustion complète du charbon et des gaz distillés.

Pour obtenir la fumivorité des foyers, on emploie aussi les fumivores Langer-Marcotty, etc.

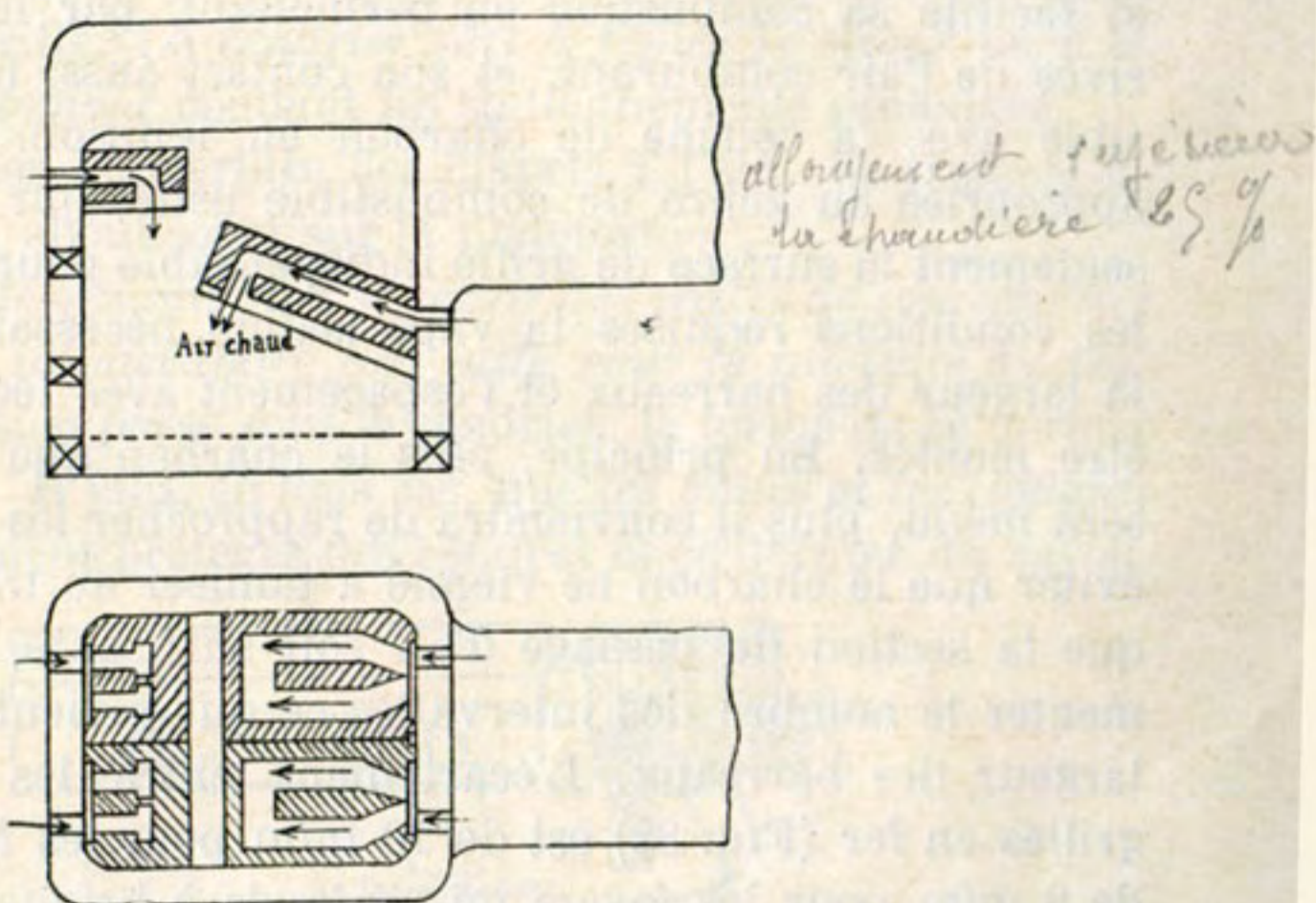


Fig. 80.

De chaque côté de la porte et un peu au-dessus sont disposés deux éjecteurs, au moyen desquels un jet de vapeur entraîne dans le foyer un courant d'air dirigé en éventail vers le dessous

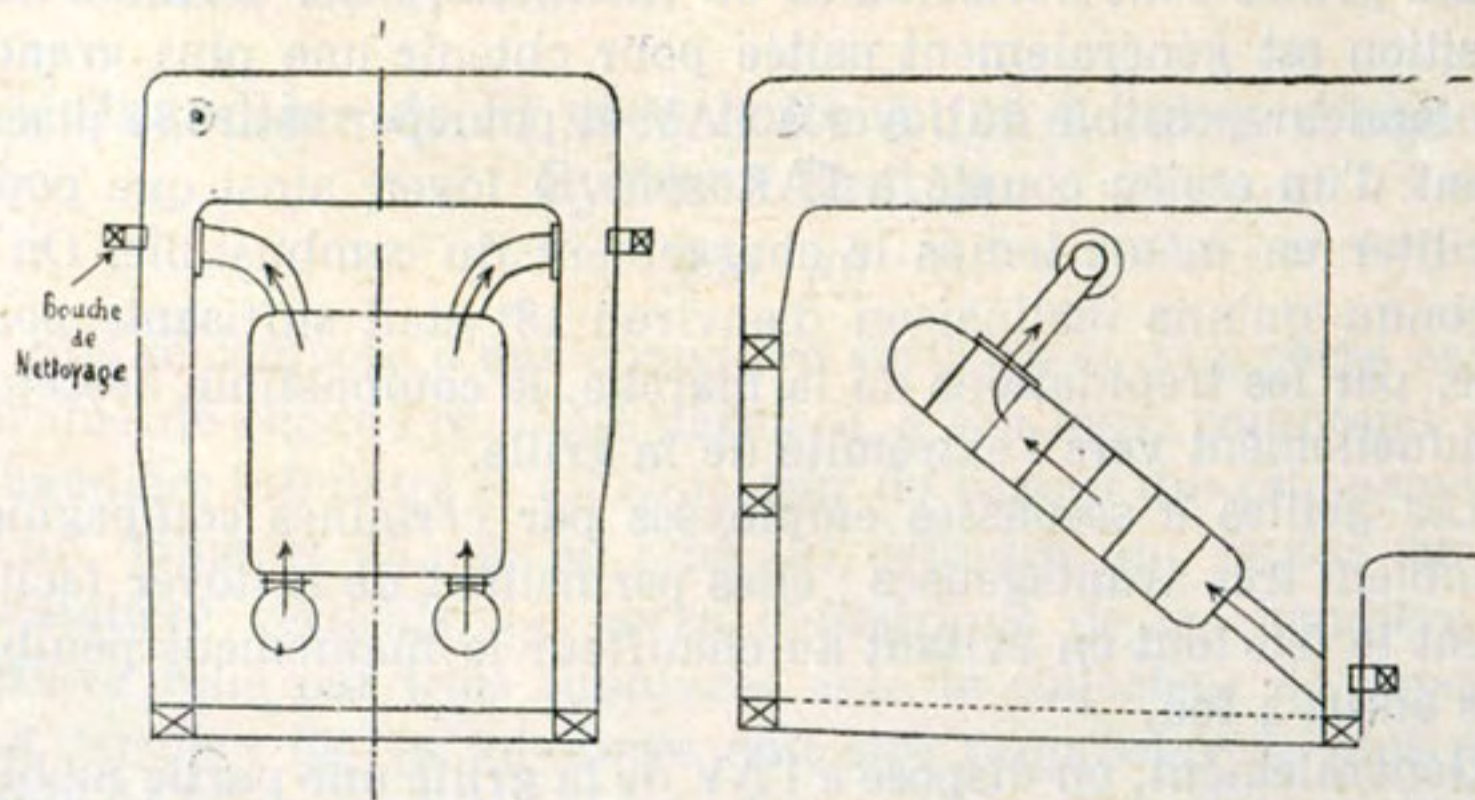


Fig. 81.

de la voûte. Grâce à un robinet spécial, le fonctionnement des éjecteurs se produit seulement soit lorsqu'on ferme la porte du foyer, après chargement, soit lorsqu'on ferme le régulateur. Ces

fumivores suppriment complètement la fumée, mais on leur reproche leur complication et leur consommation élevée de vapeur.

Grilles et cendriers. — La grille supporte le combustible et facilite sa combustion en permettant, par le dessous, l'arrivée de l'air comburant, et son contact aussi intime que possible avec la couche de charbon en ignition. Elle doit être appropriée au genre de combustible usité, qui détermine non seulement la surface de grille indispensable pour produire, dans les conditions requises la vaporisation nécessaire, mais aussi la largeur des barreaux et l'espacement avec lequel ils doivent être montés. En principe, plus le charbon que l'on emploiera sera menu, plus il conviendra de rapprocher les barreaux, pour éviter que le charbon ne vienne à tamiser au travers ; et, pour que la section de passage d'air soit suffisante, il faudra augmenter le nombre des intervalles ce qui revient à diminuer la largeur des barreaux. L'écartement entre les barreaux des grilles en fer (FIG. 82) est de 10 m/m pour les foyers profonds, de 8 m/m pour les foyers mi-profonds à briquettes, de 6 m/m pour les foyers des autres types de *hl*. L'épaisseur des barreaux est de 8 m/m L'amincissement des barreaux vers le bas facilite le dégagement des mâchefers et l'entrée de l'air et accélère le refroidissement des barreaux.

On emploie aussi des grilles en fonte spéciale.

Les grilles sont horizontales ou inclinées ; cette dernière disposition est généralement usitée pour obtenir une plus grande profondeur possible du foyer à l'AV et pour permettre le placement d'un essieu couplé à l'AR sous le foyer, ainsi que pour faciliter en même temps le chargement du combustible. On a reconnu qu'une inclinaison d'environ 18° était suffisante pour que, par les trépidations de la marche, le combustible descende graduellement vers l'extrémité de la grille.

Les grilles à secousses employées par certaines compagnies semblent très avantageuses ; elles permettent de nettoyer facilement le feu tout en évitant au chauffeur le maniement pénible des outils à feu.

Généralement, on dispose à l'AV de la grille une partie mobile appelée jette-feu (bascule), qui pivote autour d'un axe horizontal et que le chauffeur peut abaisser à l'aide d'un mouvement à vis. Le but du jette-feu est de faciliter le décrassage et l'enlèvement des mâchefers.

Les barreaux de grille sont supportés par des sommiers transversaux en fers ; ceux-ci sont boulonnés au cendrier.

On ménage le jeu nécessaire à la libre dilatation des paquets de grille.

Le cendrier est construit en tôles et cornières et muni d'une porte à l'AV, souvent aussi d'une seconde porte à l'arrière ; ces portes pivotent autour d'un axe horizontal ; elles donnent accès à l'air de la grille. Le *cendrier sert à régler le tirage* ou à le *supprimer totalement* pendant les stationnements prolongés.

On peut régler l'ouverture des clapets à l'aide de tringles de commande qui aboutissent sur la plateforme.

Un machiniste qui sait bien se servir des portes de son cendrier trouve en elles un auxiliaire fort utile pour la conduite du feu.

Quand un essieu passe sous le cendrier, la forme de ce dernier est compliquée. Il faut, en tous cas, que *les boîtes et les coulants* de cet essieu soient protégés des cendres et ce dernier du rayon-

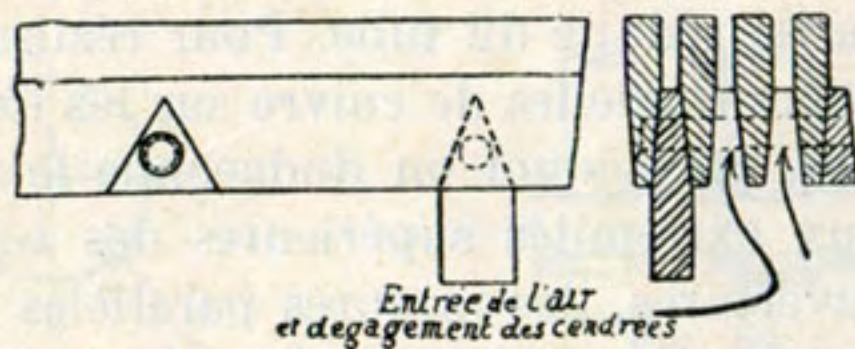


Fig. 82.

nement du feu. Il faut aussi un jeu suffisant entre l'essieu et le cendrier pour permettre un libre déplacement de la *hl* sur ses ressorts. Parfois, le cendrier est muni d'une porte latérale pour l'évacuation des cendres.

Chaudière de *hl* avec boîte à feu à tubes d'eau Système Brotan

(FIG. 70)

Elle se compose d'une chaudière verticale et d'un corps cylindrique de chaudière. Cette dernière, à son tour, comprend une chaudière tubulaire et un collecteur de vapeur qui est surmonté d'un dôme et auquel se relie un cylindre, qui repose sur la chaudière verticale. Le corps cylindrique de la chaudière se trouve relié par trois tubulures avec le collecteur de vapeur. La dernière de ces tubulures doit être rapprochée le plus possible de la plaque tubulaire du foyer, pour permettre aux bulles de vapeur qui s'y forment de s'éloigner rapidement et les empêcher de se réunir en une poche à vapeur entre la tubulure et la plaque tubulaire du foyer.

La boîte à feu de cette nouvelle chaudière de *hl* se compose, de tubes courbés très rapprochés les uns des autres et dont les extrémités supérieures sont introduites dans le prolongement

du collecteur (FIG. 83). Les tubes d'eau sont des tubes en acier sans soudure de 95/85 m/m de diamètre, ce qui fait que leur épaisseur de paroi n'est que de 5 m/m.

C'est là une condition très favorable pour la transmission de la chaleur des gaz de combustion à l'eau de la chaudière. Les extrémités supérieures des tubes d'eau, de même que leurs extrémités inférieures sont réduites à un diamètre plus étroit mais sur une longueur de tube de 45 m/m plus grande (Fig. 83-84). Cette construction est indispensable pour pouvoir introduire les tubes sans enlever l'enveloppe. On enfonce d'abord le tube dans le prolongement sur toute la longueur du diamètre réduit ; puis on le fait pénétrer dans l'ouverture correspondante du tube de base. Comme on est obligé de donner aux tubes une position oblique pour les introduire, il faut que les ouvertures du collecteur soient un peu plus larges que le diamètre qui répondrait à celui de la partie réduite du tube. Pour réaliser l'étanchéité, on glisse de minces rondelles de cuivre sur les extrémités supérieures des tubes, après quoi on dudgeonne le tout. De plus, on pratique, aux extrémités supérieures des tubes, de même que dans les ouvertures, des rainures parallèles de la forme et de la grandeur des minces filets de vis des conduites de gaz.

Un avantage à considérer ici, c'est que la pression de la vapeur, à l'inverse de ce qui se produit pour les tubes à fumée, s'exerce à l'intérieur des tubes de la boîte à feu dans le sens où ceux-ci sont dudgeonnés, c'est-à-dire dans un sens qui augmente l'étanchéité. Afin d'empêcher les gaz chauds de s'échapper entre les tubes d'eau, on laisse entre eux un intervalle de 2 m/m. Dans ces interstices, des lamelles en cuivre recuit sont enfoncées de part et d'autre de façon à remplir en queue d'aronde les intervalles entre les tubes de la boîte à feu (FIG. 85).

On recommande d'employer à cet effet des lamelles de cuivre qui, d'un côté, sont déjà façonnées en queue d'aronde. L'étanchéité ainsi obtenue est remarquable et ne subit pas la moindre déviation ou déformation.

Avantages de la chaudière Brotan

- 1) Il n'y a ni entretoises, ni armatures de consolidation des ciels de foyer ;
- 2) Cela exclut les déformations, les bosses, non seulement des parois latérales et du ciel, mais, encore de la plaque tubulaire de la boîte à feu ;
- 3) Toutes les surfaces en contact avec le combustible et les gaz ne portent ni rivure, ni vis ; elles se composent de tubes

juxtaposés en acier doux, dans lesquels circule l'eau et qui forment une voûte fermée ;

4) Ces tubes d'eau peuvent se nettoyer facilement. Le dépôt de tartres devient presque impossible, parce que, à l'intérieur, il n'y a pas la moindre surface qui pendant le lavage ne soit parfaitement nettoyée ;

5) La boîte à feu à parois minces a une surface de chauffe directe très grande ;

6) Il en résulte une utilisation plus complète des gaz de chauffage pour une même surface de grilles ;

7) De plus, la circulation de l'eau dans cette chaudière est extrêmement active. En effet, toute l'eau qui monte sous la forme de bulles de vapeur des tubes dans le collecteur doit passer du corps cylindrique par les tubes coudés servant à l'ad-

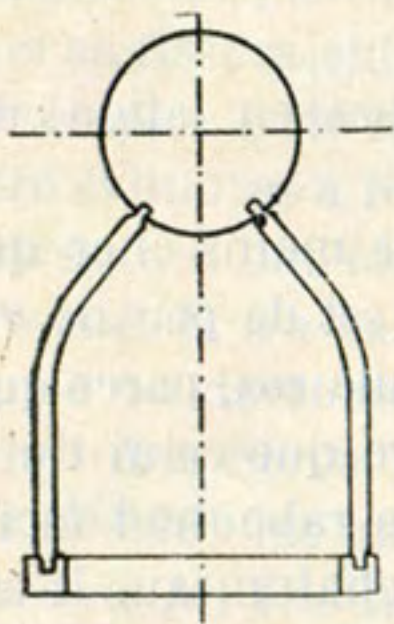


Fig. 83.

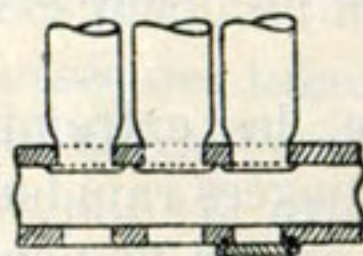


Fig. 84.

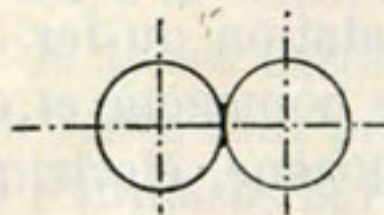


Fig. 85.

mission de l'eau et poursuivre sans interruption ce mouvement circulaire qui a aussi pour effet de ne pas laisser aux incrustations le temps de se former dans les parties fortement chauffées. Les matières calcaires vont se déposer près de la plaque tubulaire de la boîte à fumée, où l'eau est moins agitée et les parties de la chaudières les moins chauffées.

Toutes ces qualités ont pour résultat le développement très rapide et très actif de la vapeur.

Résultats d'essais. — Développement de vapeur de 20 p. c. plus rapide et une économie de combustible de 10 p. c. réalisée sur la consommation moyenne des autres *hl* ;

8) Elle diminue les dangers d'explosion dans les parties du foyer. La déchirure d'un tube du foyer n'aurait pour résultat que d'éteindre le feu et de mettre la *hl* hors service ;

9) La construction d'un foyer de chaudière Brotan revient moins chère que celle d'une chaudière ordinaire ;

10) Les réparations des foyers de ce type de chaudière demandent beaucoup moins de temps, à la condition d'avoir une réserve de tubes courbés. Le point délicat réside dans les fuites d'eau aux emmanchements des tubes.

Corps cylindrique et faisceau tubulaire

Corps cylindrique. — Raccordements du corps cylindrique à la boîte à feu et du corps cylindrique à la boîte à fumée. (Voir : Cours de chaudronnerie.)

Faisceau tubulaire. — Les tubes à fumée, sauf ceux destinés à recevoir les tubes surchauffeurs, se font en cuivre, en laiton ou en fer homogène.

On fait valoir en faveur du laiton sa conductibilité plus grande, la moindre adhérence des incrustations, la facilité de nettoyage des incrustations, enfin, la valeur de la matière après l'usage.

Par contre, les extrémités des tubes en laiton, du côté du foyer, sont rongées rapidement.

Les tubes en fer homogène coûtent moins cher que ceux en laiton, mais la matière après l'usage est de peu de valeur.

Ils fatiguent moins les plaques tubulaires, parce que le coefficient de dilatation du fer est moindre que celui du laiton. Les tubes en fer homogène et en laiton se rabotent facilement par soudure autogène, électrique ou au chalumeau. Il est vrai que les tubes en fer homogène se piquent et se corrodent plus rapidement que les tubes en laiton, quand les eaux sont de mauvaise qualité ; mais les manifestations de ce défaut n'ont qu'une faible importance avec les eaux de bonne qualité.

Le tartre y adhère plus qu'au laiton.

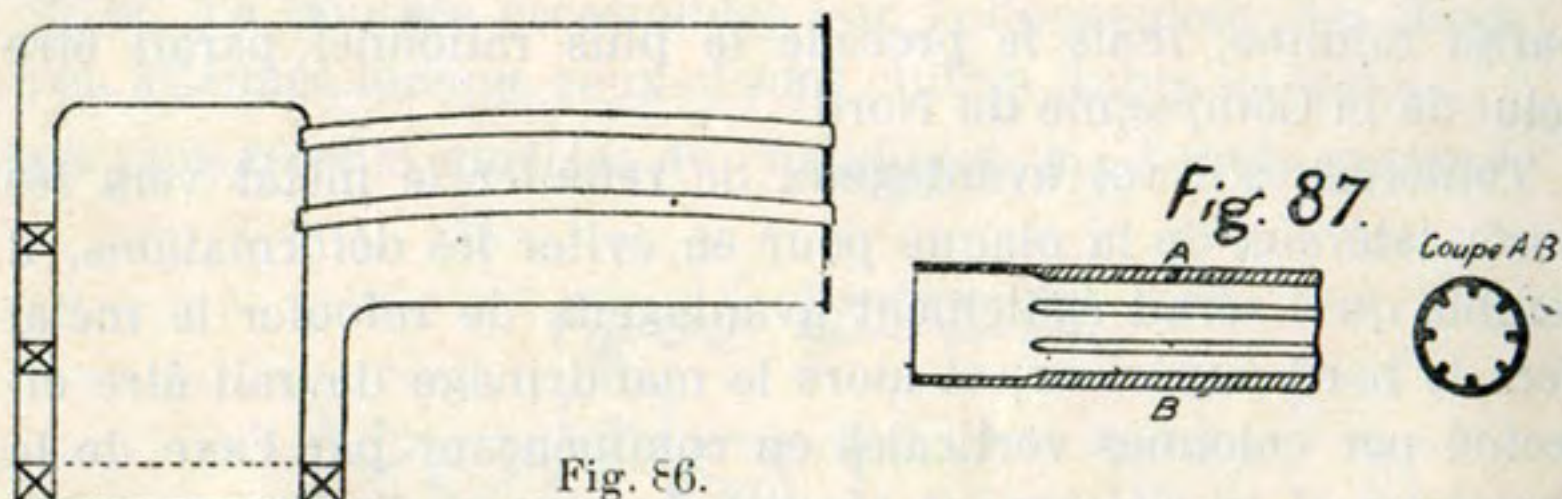
Certaines compagnies emploient le laiton pour les tubes lisses ayant moins de 4m40 de long, le fer homogène pour les tubes de longueur supérieure, à cause des effets nuisibles dus à la dilatation des longs tubes en laiton.

Les grandes longueurs ne sont guère recommandables : la transmission calorifique devient faible à partir du cinquième mètre, puis la fatigue des tubes sur de si grandes portées est forte. Il en résulte des inconvénients. L'Etat belge emploie le laiton parce que les eaux sont souvent de qualité médiocre.

En vue d'éviter les effets de la dilatation, les tubes sont légèrement cintrés vers le haut, et on entretoise les plaques tubulaires par six tirants de fer (FIG. 86). La question de la préférence à donner au fer homogène ou au laiton est, en définitive, subordonnée à la nature des eaux.

Tubes Serve (FIG. 87). — Il est unanimement reconnu qu'ils donnent de bons résultats au point de vue de la vaporisation, mais plusieurs réseaux pensent que ces tubes accélèrent la détérioration des plaques tubulaires du foyer.

L'Etat belge a essayé *en 1896*, les tubes Serve sur des *hl* à



foyer large Belpaire ayant une surface de grille de 4 à 5 m². Les résultats furent peu favorables. Les plaques tubulaires se gondolèrent et se fissurèrent sous la poussée des tubes.

Leur emploi a été repris sur une soixantaine de *hl* compound à quatre cylindres à foyer étroit (types 8 et Atlantic), les plaques tubulaires, qui ont été entretoisées par quatre tirants, ont assez bien résisté. Il n'a pas été constaté de différence appréciable de puissance ou de consommation entre *hl* identiques munies, les unes de tubes Serve, les autres de tubes lisses. *En 1910*, l'Etat belge a décidé : les tubes à fumée Serve sont proscrits pour tous les types de *hl*. Ces tubes seront remplacés par des *tubes lisses en laiton* à l'occasion du premier remplacement des tôles tubulaires du foyer. Les tubes en fer homogène sont également proscrits pour tous les types de *hl*. La substitution doit de même

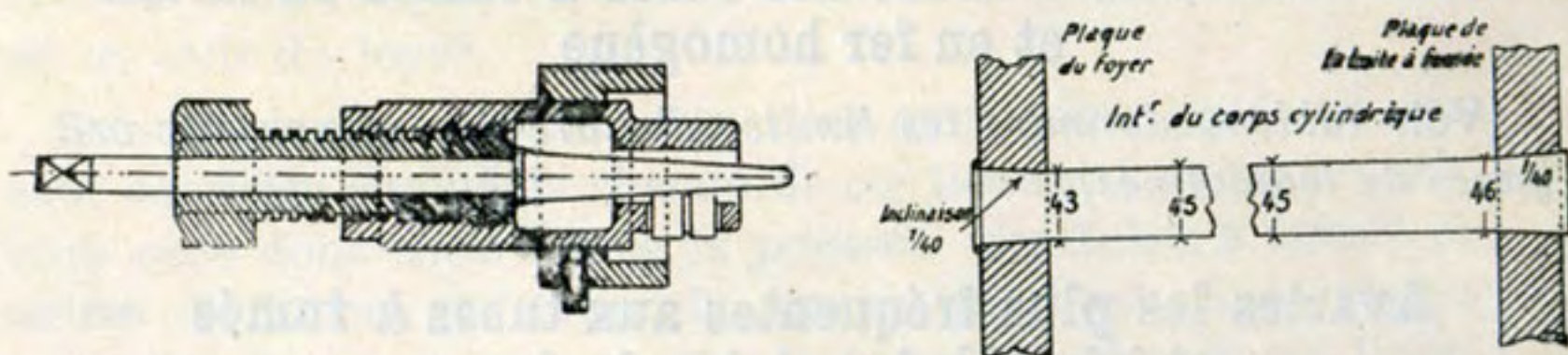


Fig. 88.

Fig. 89.

être effectuée lors des remplacements de la tubulure ou des tôles tubulaires. *En 1914*, il a été décidé que les tubulures des *hl* à *surchauffage* seraient homogènes en acier.

Emmanchement des tubes. — Les tubes sont sertis dans les plaques tubulaires au moyen de l'appareil Dudgeon (FIG. 88).

Les trous des tubes ont, en général, une conicité de 1/40° de l'intérieur vers l'extérieur du corps cylindrique (FIG. 89).

La broche de l'appareil sertisseur a la même conicité, de façon à effectuer un mandrinage conique qui contribue à tenir le tube sur la plaque. L'ordre dans lequel les tubes sont mandrinés varie beaucoup d'un réseau à l'autre.

L'importance de l'ordre dans lequel s'effectue le mandrinage paraît minime, mais le procédé le plus rationnel paraît être celui de la Compagnie du Nord.

Toutefois, s'il est avantageux de refouler le métal vers les bords latéraux de la plaque pour en éviter les déformations, il semble qu'il serait également avantageux de refouler le métal vers le bord supérieur, et alors le mandrinage devrait être effectué par colonnes verticales en commençant par l'axe de la chaudière et en s'éloignant ensuite de part et d'autre, mais en procédant toujours de bas en haut.

Dispositions des tubes dans les plaques tubulaires

La disposition des tubes en colonnes verticales (FIG. 90) est la plus ordinairement employée.

La disposition en rangées horizontales (FIG. 91) est moins employée.

Les raisons invoquées en faveur de la disposition en colonnes verticales sont qu'elle facilite le dégagement des bulles de vapeur, active la circulation de l'eau dans la chaudière et donne plus de facilités pour le lavage et le détartrage ; enfin, les incrustations sont moindres qu'avec la disposition horizontale.

Visite et limites d'usure des tubes à fumée en laiton et en fer homogène

(Voir tableau donnant les limites d'usure des principaux organes de locomotives).

Avaries les plus fréquentes aux tubes à fumée et à la tôle tubulaire du foyer

Causes et moyens à employer pour les atténuer

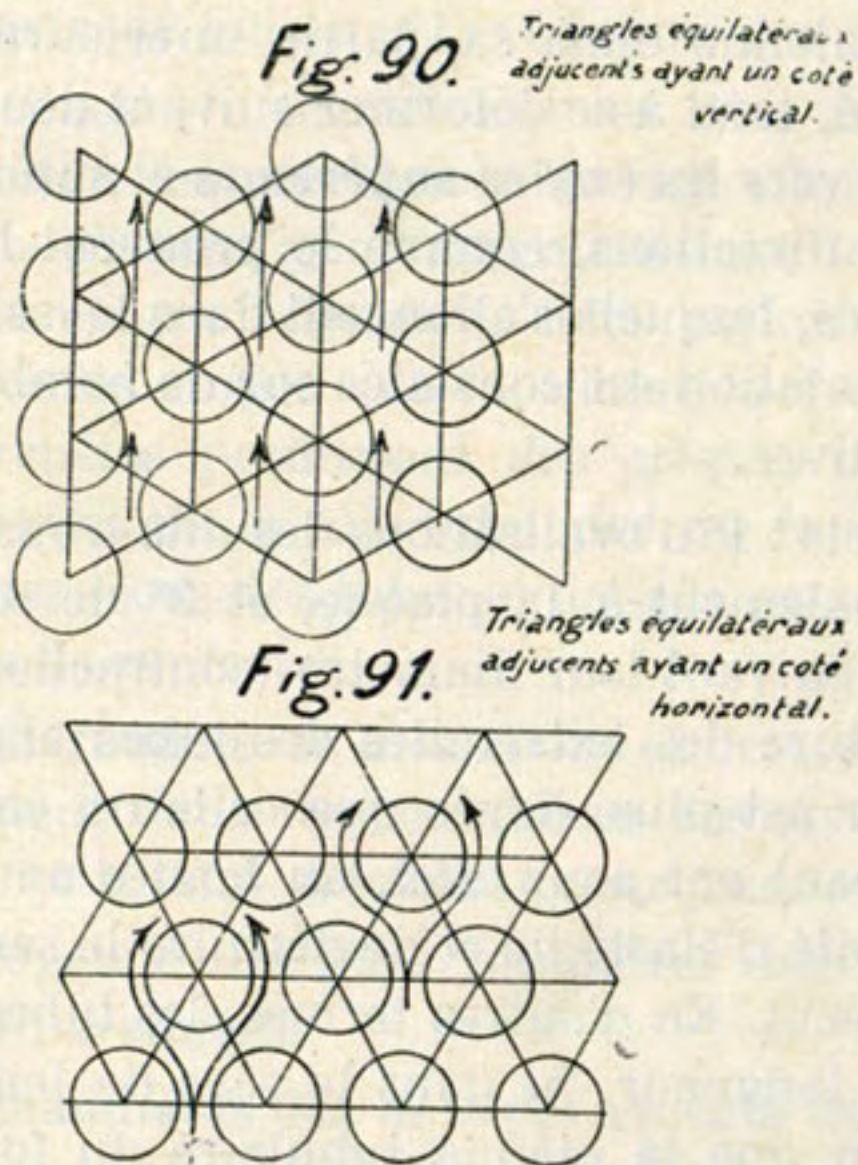
La poussée exercée par la dilatation des tubes à fumée fait céder davantage la tôle tubulaire du foyer, parce qu'elle est plus flexible que celle de la boîte à fumée ; la plaque tubulaire du foyer est généralement en cuivre, alors que celle de la boîte à fumée est en fer. Au surplus, cette dernière est toujours renforcée au moyen d'armatures particulières.

La température des tubes à fumée étant toujours plus élevée que celle des tôles du corps cylindrique, principalement dans les

premiers instants de l'allumage, leur allongement dépasse toujours celui du dit corps cylindrique. *Cet effet est accentué quand les tubes sont en laiton, métal plus dilatable que le fer et l'acier.*

Des deux plaques tubulaires, celle du foyer est donc la plus sujette à se bosseler et cette déformation a lieu vers l'intérieur du foyer. La poussée occasionnée par l'allongement des tubes est peu atténuée lorsque ceux-ci sont cintrés (tubes en laiton).

Aux plus récents modèles de chaudières, six tirants entretoi-



sant les deux plaques tubulaires atténuent le bombement excessif de celle du foyer.

En pratique, on constate aux tôles porte-tubes du foyer, une zone gondolée autour de chacun de ces tirants. La plaque tubulaire cède donc encore sous la poussée des tubes à fumée et autres dilatations du foyer. La partie inférieure de la plaque tubulaire du foyer est consolidée par les entretoises qui l'attachent à la tôle d'avant et par des brides ou agrafes de renfort rivées au corps cylindrique. La partie supérieure de la susdite plaque, ainsi que les côtés sont rivés à la tôle du ciel et aux parois latérales de la caisse intérieure du foyer. Le ciel et les parois de la caisse intérieure se dilatent également.

Cette caisse étant bien entretoisée à l'arrière, la dilatation se reporte vers l'avant du foyer et la preuve réside dans ce fait que l'on constate rarement des gerçures dans les parties embouties de la tôle d'arrière. Cette contre-poussée sur la tôle tubulaire du

foyer s'exerce donc sur le contour et en sens inverse de celle exercée uniformément par les tubes à fumée.

Tous ces efforts tendent à déformer et à fissurer la plaque tubulaire du foyer et par conséquent à produire des criques dans les angles, c'est-à-dire, dans le voisinage des congés des parties latérales embouties. Cependant, les criques sont moins fréquentes que les fissures entre les trous des tubes à fumée. La dilatation de la plaque tubulaire du foyer elle-même, provoque aussi sa propre déformation dans son plan ; cette plaque, plus rigidement maintenue dans sa partie inférieure que dans sa partie supérieure, tend à se déformer suivant deux lignes divergentes dirigées vers les angles supérieurs et subit une compression suivant ces directions, comme le prouvent les ovalisations des trous de tubes, lesquels s'allongent dans le sens perpendiculaire à cette orientation est constatée sur de nombreuses plaques tubulaires en cuivre.

Les divers effets : 1° d'ovalisations des dits trous ; 2° de poussée des tubes normalement à la plaque, et 3° de contraction des bouts des tubes suivant leur diamètre (contraction due à ce fait que la température des extrémités des tubes engagées dans la plaque du foyer est plus élevée que celle du corps des tubes plongés dans l'eau) ont pour effet, au bout d'un certain temps, d'excéder la limite d'élasticité et de détruire le serrage des tubes dans leur logement. En d'autres termes, les tubes n'ont ni dans le sens de leur longueur, ni dans le sens de leur diamètre, la même dilatation que la plaque tubulaire du foyer ; il doit en résulter nécessairement dans chaque assemblage une solution de continuité intervenant plus ou moins rapidement. Ce sont des causes de fuites aux tubes à fumée. Ces effets augmentent d'ailleurs d'intensité en raison des incrustations qui font que la différence entre la température de la plaque tubulaire et celle de l'eau présentent un plus grand écart, différence qui normalement n'est que de quelques degrés.

Les variations inégales de température dues à la mauvaise conduite du feu et de l'alimentation peuvent aussi provoquer des fuites aux tubes à fumée. Si, d'ailleurs, cette mauvaise conduite est habituelle, la tubulure en supposant qu'elle ne laisse rien à désirer au début, sera rapidement surmenée.

Les causes de fuites aux tubes inférieurs résident également dans l'injection prolongée de l'eau froide dans la chaudière : quand le régulateur est fermé, dans les descentes, pendant les arrêts et à la fin du parcours, cette eau relativement froide (80° environ) envoyée par les injecteurs, se rend immédiatement

dans le fond de la chaudière et refroidit considérablement la partie inférieure du faisceau tubulaire, surtout si le feu est inactif, ce qui occasionne des variations de température donnant lieu à des mouvements répétés de dilatation et de retrait. On a remarqué depuis longtemps, que ce sont les tubes du bas qui, presque toujours, commencent à fuir. Des fuites se déclarent parfois après avoir tiré les feux; cela peut provenir de ce qu'on avait négligé de refroidir, au préalable, toute la chaudière par une alimentation opportune. Il faut donc veiller à ce que cette alimentation précède toujours l'extinction des feux.

Lorsque la chaudière se refroidit les tôles du corps cylindrique et de la boîte à feu reprennent leurs positions premières, les tubes se raccourcissent pour revenir à leur longueur initiale, agissant sur la plaque tubulaire; cette action ramène à leur forme primitive les angles que la dilatation avait modifiés. Ces mouvements répétés produisent des criques dans les parties latérales embouties de la tôle tubulaire du foyer, ainsi que des fissures entre les trous des tubes et dans la partie inférieure voisine des brides de renfort.

Toutes ces alternances de dilatations et de contractions se produisent également dans les chaudières des anciens types de *hl* timbrées à 8, 9 et 10 atm. à tubes non arqués.

La durée moyenne des tôles tubulaires des dites chaudières est d'environ 5 1/2 années.

Quant aux chaudières des *hl* types récents (30, 32, etc.), dont le timbre est supérieur à 12 atm., la durée moyenne des tôles tubulaires du foyer de ces chaudières se réduit à quatre années. La cause de la diminution de durée des tôles tubulaires du foyer de ces *hl* est indiquée plus loin.

Le remplacement des tôles tubulaires étant onéreux il est très utile de rechercher les causes ainsi que les moyens capables de prolonger la durée des dites tôles.

Le remplacement de la plaque tubulaire entraîne le remplacement de la tubulure.

Voici le coût moyen du remplacement de la tôle tubulaire du foyer et de la tubulure des chaudières de *hl*; matières (mitrilles déduites), main-d'œuvre et frais généraux, 3,000 francs en chiffres ronds (prix d'avant la guerre).

Amortissement annuel, chaudières timbrées à 8, 9, 10 atm

$$\frac{3000}{5.5} = 545 \text{ fr. } 45.$$

Amortissement annuel, chaudières timbrées à 120 atm. et au-dessus

$$\frac{3000}{4} = 750 \text{ francs.}$$

Différence : 750 fr. — 545 fr. 45 = 204 fr. 55 en plus pour les dernières.

Une économie d'une importance considérable serait donc réalisée en prolongeant la durée de service des tôles tubulaires du foyer ainsi que des tubulures. On peut estimer à environ 70 0/0, le nombre de plaques tubulaires et de tubulures remplacées prématurément, c'est-à-dire, pour avaries et non pour usure normale.

Les causes qui tendent à aggraver les avaries qui se produisent aux tubulures et aux tôles tubulaires du foyer des chaudières timbrées de 12 atm. et au-dessus sont les suivantes :

- a) Les pressions élevées.
- b) Le travail intensif demandé aux chaudières.
- c) Les hautes températures dans les foyers (feu de briquettes et emploi des voûtes en briques réfractaires).
- d) Formation d'incrustations entre les tubes à fumée contre la plaque tubulaire à l'intérieur de la chaudière; la susdite plaque atteint alors des températures élevées : le métal étant ainsi plus malléable, cède plus aisément.
- e) La vidange sous-pression des chaudières et leur remplissage et lavage à l'eau froide provoquent des refroidissements brusques, donc des contractions inégales qui sont de nature à aggraver les avaries aux susdites tôles et tubulures.

Conséquences.— Les bouts des tubes à fumée du côté du foyer ne tardent pas à se brûler : les tubes deviennent trop courts et immédiatement des fissures se propagent, s'établissent d'un trou de tube à l'autre, notamment aux endroits soumis aux gondlements.

Remèdes. — 1° éviter la formation d'incrustations entre les tubes à fumée, contre la tôle tubulaire du foyer à l'intérieur de la chaudière. On arrive à ce résultat, en généralisant l'emploi de bouches de lavage à la partie supérieure du corps cylindrique afin de pouvoir s'assurer « de visu » du nettoyage de la plaque tubulaire du foyer vers l'intérieur de la chaudière.

(Constatations faites à la visite des chaudières des *hl* : lorsqu'il existe des incrustations dans la chaudière, entre les tubes contre la plaque tubulaire du foyer, les bouts des tubes à fumée du côté du foyer sont brûlés à plusieurs m/m de profondeur dans la tôle

tubulaire, après une consommation moyenne de 2,500 tonnes de combustible. Quand les chaudières sont propres en ce point, les bouts des tubes à fumée sont beaucoup mieux conservés) ;

2° Protéger les collerettes des tubes à fumée lesquelles sont brûlées après une consommation de 2000 T. Cette protection faite par viroles, s'étend même aux bords des trous de tubes de la tôle tubulaire et les préserve contre l'action du feu. On assure également ainsi une meilleure étanchéité aux tubes tout en consolidant la plaque tubulaire et en garantissant les bords des susdits trous contre la formation des fissures.

Si les viroles en acier protègent les bouts des tubes contre l'action corrosive de la flamme et des gaz chauds tout en augmentant l'étanchéité, il est indispensable de procéder à leur remplacement en temps utile, c'est-à-dire, de ne pas attendre qu'elles soient brûlées jusque dans les tubes ;

3° En diminuant dans la zone la plus critique de la tôle tubulaire, le diamètre de quelques trous de tubes à fumée, on augmente l'espace entre les tubes, ce qui renforce la plaque tubulaire.

Conséquences. — Les dépôts d'incrustations se forment moins vite, la circulation de l'eau et le dégagement de la vapeur se faisant mieux, la zone la plus critique de la tôle est moins exposée à s'endommager parce que le cuivre n'atteint plus une température excessive, reste ferme et par conséquent, résiste plus longtemps à la poussée des tubes et autres dilatations du foyer.

Plusieurs chemins de fer étrangers, afin de combattre la production de fissures aux plaques tubulaires des foyers, augmentent légèrement tous les intervalles entre les trous des tubes réduisant de 5 m/m au lieu de 2 m/m les diamètres des bouts des tubes pénétrant dans les plaques. L'Etat belge vient d'appliquer ce procédé à titre d'essai ;

4° Le martelage (écrouissage) de la plaque tubulaire dans la zone la plus critique (zone où se produisent les fissures), rend la plaque plus ferme, plus résistante au dudgeonnage des tubes à fumée, car les fréquents dudgeonnages provoquent également des fissures.

A toute chaudière sous pression, plus la plaque tubulaire sera rigide, plus les tubes (en laiton) s'arqueront d'avantage et plus on atténuera la déformation de cette plaque dans sa zone critique;

5° Les méthodes perfectionnées de remplissage des chaudières dans les remises aux *hl*, comportant des appareils d'alimenta-

tion, de renouvellement et de lavage à l'eau chaude, donnent des résultats très satisfaisants. Le nettoyage de la grille, l'alimentation de la chaudière ne se faisant jamais en même temps, on évite des refroidissements très brusques, etc. L'alimentation, notamment à la fin d'un service, précédera toujours l'extinction des feux, ceux-ci étant encore actifs. Toutes ces pratiques contribuent à réduire l'amplitude des variations de température que subissent ordinairement les faisceaux tubulaires et leurs plaques et ont pour effet de prolonger la durée des chaudières;

6° Augmenter le plus possible les congés des angles aux parties des emboutissages des plaques tubulaires. La diminution du diamètre des trous de tubes à fumée préconisée au 3° ci-dessus, rend possible cette augmentation du rayon des congés.

Réparation des tôles porte-tubes des foyers des chaudières de *hl* par le procédé Ragno. (FIG. 92-93)

Matières nécessaires pour effectuer la réparation :

1° Tuyau en cuivre de 2 m/m épaisseur ;

2° Tôle en cuivre laminé de 1 1/2 à 2 m/m épaisseur (de préférence 2 tôles superposées de 3/4 m/m) ;

Déduction :

1° Déchets de cuivre.

Main-d'œuvre :

1° Alésage et fraisage des trous de tubes dans la tôle tubulaire ;

2° Sciage des viroles en cuivre ;

3° Façonnage des viroles ainsi que de la première collerette ;

4° Ajustage de la tôle tubulaire à l'endroit des tubes où s'applique la *plaque Ragno* recuite au préalable ;

5° Décapage de la tôle tubulaire aux mêmes endroits ;

6° Traçage de la plaque Ragno ;

7° Forage des trous dans la plaque Ragno ;

8° Ajustage de la plaque Ragno ;

9° Placement de la pièce et des viroles, dudgeonnage de celles-ci ;

10° Formation de la seconde collerette au moyen d'outils (FIG. 94, 95, 96).

Coût moyen : matières, mitrilles déduites, main-d'œuvre et frais généraux, 200 francs approximativement (*prix d'avant la guerre*).

Coût moyen du remplacement d'une tôle tubulaire du foyer : matières, mitrilles déduites, main-d'œuvre et frais généraux, 850 francs environ (*prix d'avant la guerre*).

Durée moyenne d'une tôle tubulaire du foyer : 5 années. Amortissement annuel 850
 — = 170 francs.
 5

Si donc le système Ragno conduisait à une durée supérieure à 200 francs soit 14 mois, un certain avantage se dessinerait en faveur de ce mode de réparation, et cet avantage irait en s'accen-

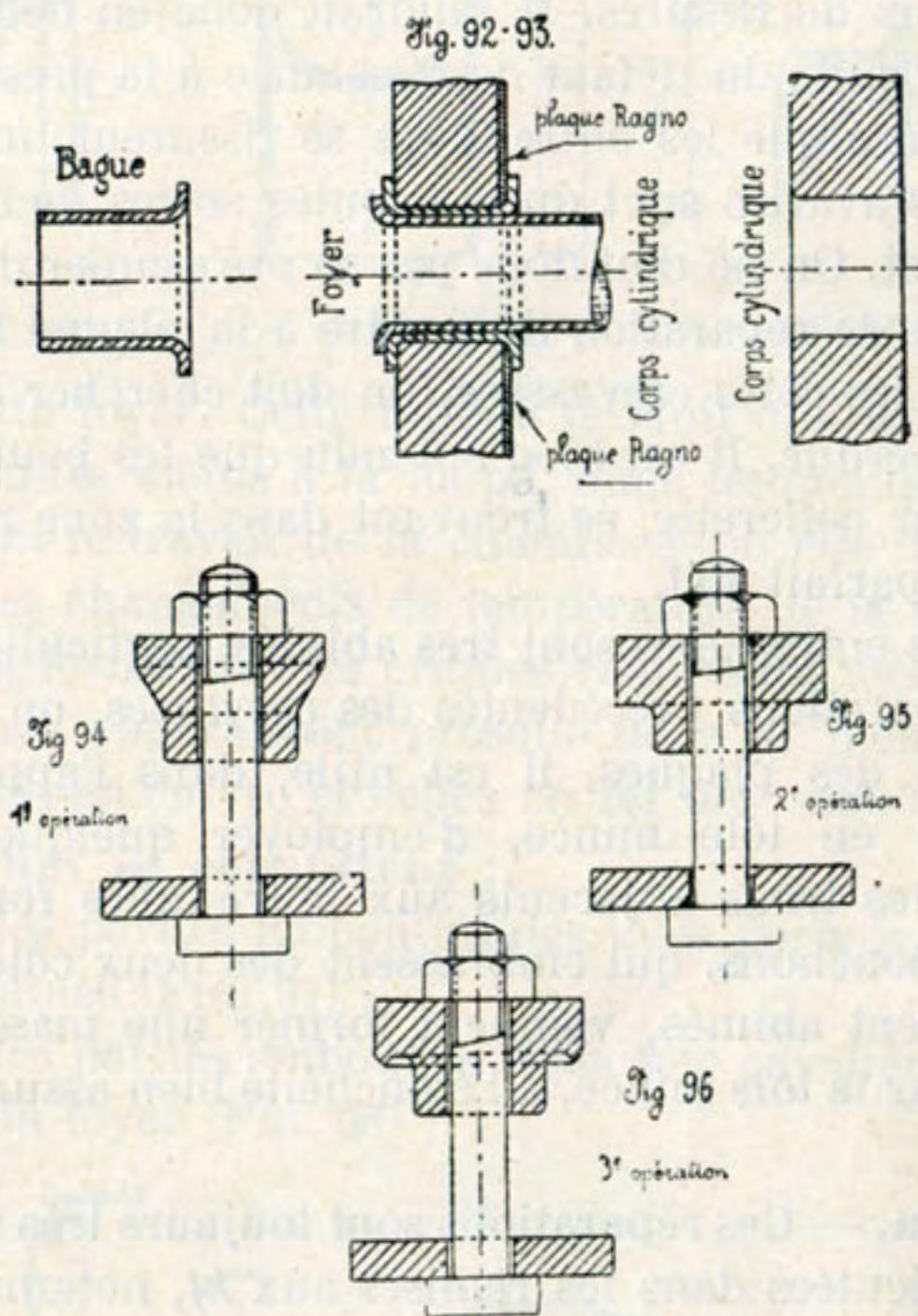


Fig. 92 à 96

tuant à mesure que la vie de la tôle tubulaire serait prolongée, sans tenir compte de la tubulure.

Ce mode de réparation est surtout applicable dans les remises aux *hl*. Le choix des tôles minces pour les couvre-joints appliqués sur un certain nombre d'entre-tubes fissurés forme le secret principal.

On pourrait observer que de l'application de cette tôle très mince, il en résultera un défaut de résistance correspondant aux lésions des entre-tubes de la plaque.

A ce propos, il est utile de remarquer que la partie perforée de la plaque, étant soutenue par le faisceau tubulaire, est soumise à des efforts très limités provenant de la pression intérieure de la

chaudière. Les surfaces triangulaires entre trois trous adjacents prises de trois côtés par les collerettes des tubes du côté du foyer, peuvent être considérées presque comme des fonds de petits récipients prismatiques ; par conséquent, les parties centrales de ces surfaces sont celles qui doivent ressentir les plus grands efforts de la pression intérieure de la chaudière et, pour cette raison, se déformer davantage. Or, ce sont justement les parties centrales de ces zones triangulaires du côté troué des tôles qui ne présentent pas de fissures. Il faudrait donc en déduire que ce n'est pas par suite du défaut de résistance à la pression interne de la chaudière que les entre-tubes se fissurent, mais que, au contraire, ces avaries sont dues à toutes sortes de causes citées précédemment. On ne doit donc pas se préoccuper dans le choix d'un système de réparation de rendre à la plaque la résistance perdue dans les côtes crevassées, on doit chercher à lui rendre l'étanchéité perdue. Il est bien entendu que les bouts des tubes, ainsi que leur collerette, se trouvant dans la zone réparée, doivent être en parfait état.

Lorsque les entre-tubes sont très abîmés, particulièrement par suite des réparations précédentes des crevasses, ou à cause des déformations des plaques, il est utile, dans l'application des couvre-joints en tôle mince, d'employer quelques bouchons vissés dans les trous adjacents aux entre-tubes fortement crevassés. Ces bouchons, qui embrassent des deux côtés les entre-tubes fortement abîmés, viennent former une masse unie qui, recouverte par la tôle mince, a l'étanchéité bien assurée en même temps.

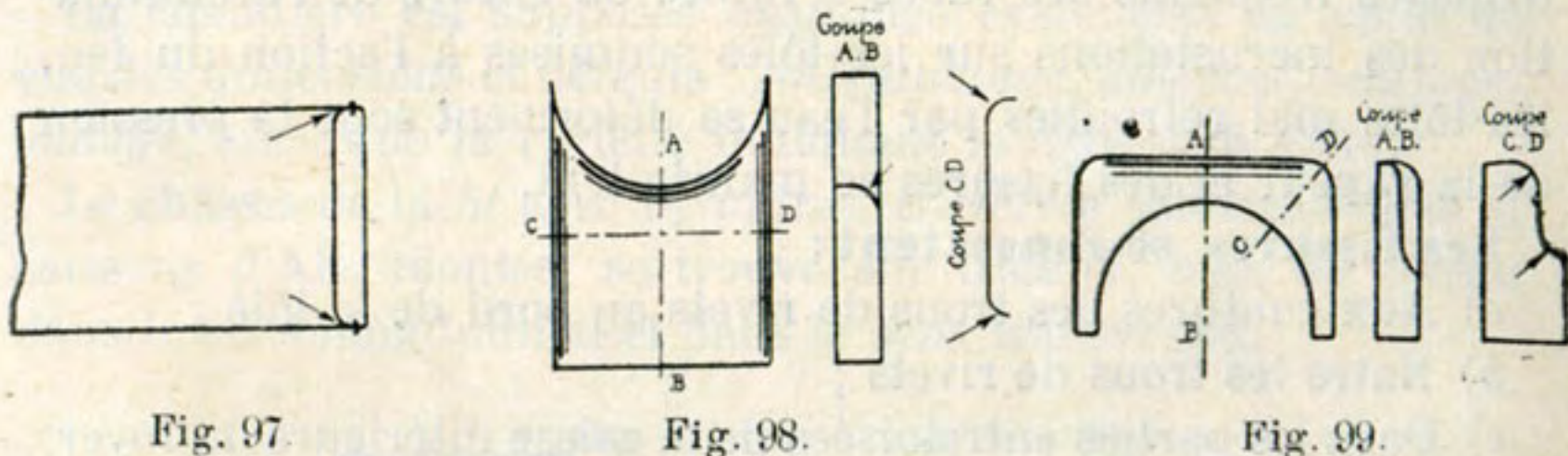
Conclusion. — Ces réparations sont toujours très utiles quand elles sont exécutées dans les remises aux *hl*, notamment quand il y a pénurie de moteurs et si les autres organes de la *hl* sont en bon état. Parfois aussi, dans les ateliers centraux, lorsqu'il s'agit particulièrement de tôles porte-tubes avec fissures commençantes seulement, la tubulure ne devant pas être remplacée.

Parties de l'intérieur de la chaudière sur lesquelles se produisent les avaries suivantes :

Criques, pustules, sillons, corrosions

Les quatre genres d'avaries mentionnés ci-dessus sont confondus entr'eux et avec des défauts d'autres espèces ; c'est ainsi par exemple que les criques du métal sont confondues avec les fissures qui se produisent parfois aux coutures des trous de rivets au bord de la tôle ou entre les trous des rivets ; de même les corrosions linéaires ou sillons sont confondus avec les criques du métal.

Les criques du métal (fentes internes ne traversant pas), se produisent très fréquemment dans les chaudières de *hl* alimentées d'eau douce aussi bien que d'eau dure ; on doit supposer qu'elles proviennent d'une fatigue supportée par le métal lors de l'emboutissage de la tôle ; par exemple : dans la confection de la tôle cavalière, de la selle et de la tôle d'AR. de la caisse

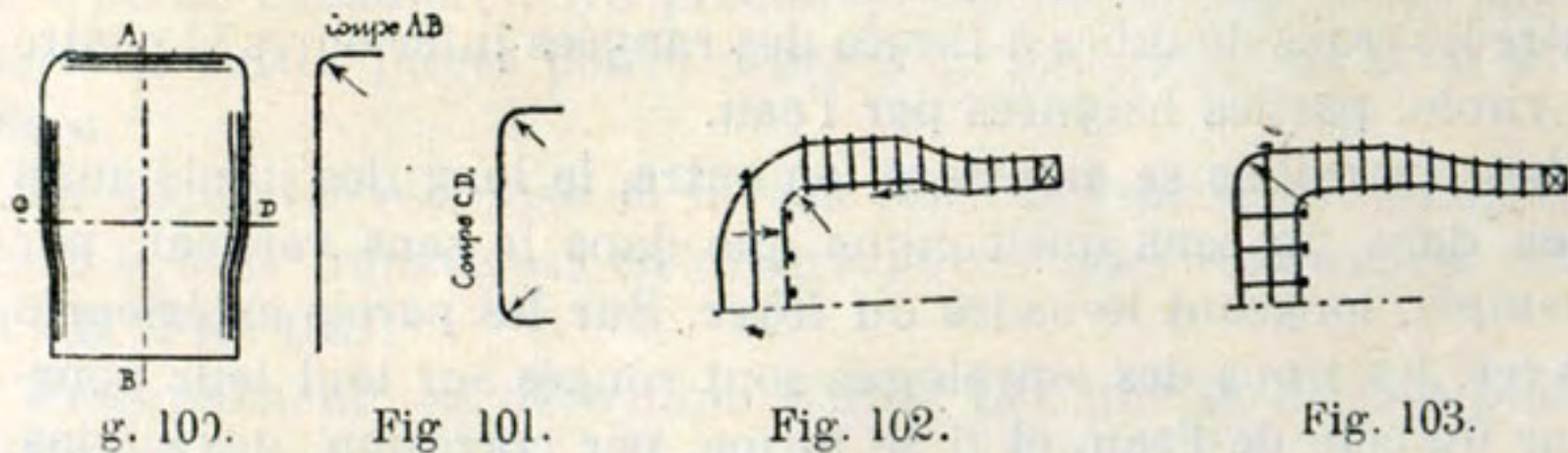


extérieure du foyer. Cette fatigue produit des déchirures capillaires invisibles même à la loupe, dans lesquelles l'eau s'introduit pendant le travail de la chaudière, où elle dépose ses sels qui, lors des changements de température de la chaudière, co-opèrent à la formation des criques visibles du métal.

Les criques apparaissent presque dans la même proportion dans les tôles en cuivre et celles en fer des chaudières.

Les criques se constatent :

- a) Dans les parties embouties des tôles porte-tubes rondes de la boîte à fumée (FIG. 97) ;
- b) Dans les parties embouties de la tôle cavalière de la caisse extérieure du foyer (FIG. 98) ;



- c) Dans les parties embouties de la tôle-selle (FIG. 99) ;
- d) Dans les parties embouties de la tôle d'AR. de la caisse extérieure du foyer (FIG. 100) ;
- e) Dans les parties embouties de la tôle tubulaire de foyer (FIG. 101) ;
- f) Dans les parties embouties du ciel de la caisse intérieure du foyer (FIG. 102) et, à proximité des plaques de lavage, dans la tôle enveloppe du foyer (FIG. 103).

Les fissures, que l'on confond avec les criques, proviennent selon toute vraisemblance d'une déformation du métal, causée

par la dilatation et le retrait de la chaudière accompagnés d'une forte pression de la vapeur (chocs, chaudes locales). Ces fissures sont d'abord des avaries peu profondes, et non traversantes, de toute une région de la tôle et par suite pénètrent bientôt. Ces fissures proviennent aussi de l'action de causes mécaniques extérieures, par exemple, dans les plaques tubulaires, des reman-drinages fréquents des tubes à fumée ou encore de l'accumulation des incrustations sur les tôles soumises à l'action du feu, les tôles mal refroidies par l'eau se déforment sous la pression de la vapeur et des fissures se manifestent.

Les fissures se constatent :

- a) Aux coutures des trous de rivets au bord de la tôle ;
- b) Entre les trous de rivets ;
- c) Dans les parties entretoisées de la caisse intérieure du foyer, les fissures prennent naissance aux trous d'entretoises ;
- d) Dans la zone critique de la plaque tubulaire du foyer.

Les pustales se produisent dans le corps cylindrique à la partie inférieure et sur les côtés, au-dessous du niveau de l'eau. En se développant et en se rejoignant, elles donnent lieu à des corrosions générales de surface, qu'on trouve surtout à la partie inférieure du corps cylindrique. Elles se produisent également dans les parois planes baignées par l'eau.

Les corrosions linéaires (sillons), se produisent dans le fer du côté de l'eau et ne se montrent pas dans les parois en cuivre.

La direction de ces sillons apparaît comme s'ils étaient dus à l'existence de courants s'établissant le long des tôles en fer verticales, notamment à la plaque tubulaire en fer de la boîte à fumée entre les trous de tubes à fumée des rangées inférieures et contre la virole, parties baignées par l'eau.

Les corrosions se montrent, en outre, le long des joints aussi bien dans un sens quelconque que dans le sens vertical, par exemple, longeant le cadre du foyer. Sur les parois extérieures en fer, les trous des entretoises sont rongés sur tout leur pourtour du côté de l'eau, et il se forme, par corrosion, des sillons allant en sens vertical d'une entretoise à l'autre et pénétrant à arrête vive dans le métal. Ces mêmes avaries se constatent aux bas de foyer de la caisse intérieure.

Des corrosions d'une nature toute particulière se produisent sur les parois du corps cylindrique de la chaudière aux environs du tuyau d'alimentation d'eau dans la chaudière.

Les tirants verticaux du ciel du foyer se corrodent rapidement contre la tôle en cuivre.

Toutes ces corrosions se montrent d'autant plus vite et sont d'autant plus profondes que l'eau d'alimentation de la chaudière est plus dure.

Montage d'une chaudière sur un châssis de *hl* Les cotes rigoureuses Les conditions d'un bon montage La vérification du montage

En ce qui concerne les assemblages des parties de la chaudière, réception, essais, etc. (Voir : *Cours de chaudronnerie*.)

La chaudière est supposée examinée également au point de vue des dimensions et défauts : *emboutissage, amorces, cintrage, matage*, ainsi que la réglette indiquant le niveau de l'eau.

Le châssis de la *hl* avec cylindres, traverses intermédiaires et caissons d'AR. montés, se trouve sur tréteaux, bien de niveau dans le sens longitudinal et dans le sens transversal.

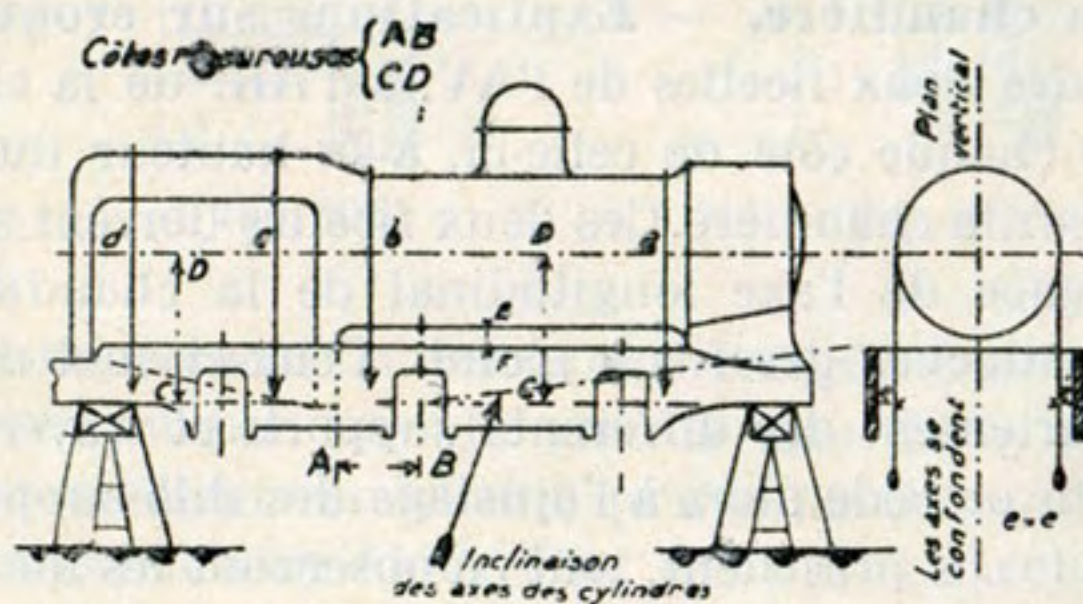


Fig 104 et 105.

La chaudière est placée d'une façon indépendante du châssis de la *hl*, entre les longerons ou au-dessus des longerons (suivant le type de chaudière). Au préalable, ont été démontés les supports et autres pièces pouvant gêner le placement de la chaudière.

La chaudière est mise de niveau dans le sens longitudinal et dans le sens transversal en observant les cotes rigoureuses AB et CD (FIG. 104).

Pratiquement, on détermine la cote EF, qui se mesure plus aisément que celle CD.

L'axe longitudinal de la chaudière doit se confondre, dans un plan vertical, avec celui du châssis de la *hl*, condition obligatoire d'un bon montage. Celle-ci est satisfaite lorsque les fils à plomb *a, b, c* et *d*, à cheval sur le corps cylindrique et sur la caisse extérieure du foyer, se trouvent à des distances égales *l — l'* gauches et droites correspondantes du plan vertical des longerons (FIG. 104 et 105). La chaudière se trouvant dans les conditions d'un bon montage, il reste à tracer la largeur et la hauteur des différents supports de la chaudière.

Au moyen de calibres extensibles (FIG. 106), la largeur et la hauteur des dits supports sont déterminées. Le traçage s'effectue entièrement au moyen de calibres extensibles appliqués sur les traverses et supports à mettre à écartement. On procède alors à l'ajustage des dits supports et, ensuite, à leur montage.

L'assemblage des supports à la chaudière et des supports aux longerons ainsi que de la boîte à fumée au châssis de la *hl* étant terminé, on procède à une vérification complète du montage de la chaudière (*niveau, cotes rigoureuses, coïncidence des axes*) et du châssis de la *hl*.

Autre procédé de montage d'une chaudière

Centrer la chaudière. — Explications sur croquis (FIG. 107). — Tendre deux ficelles de l'AV. à l'AR. de la chaudière, dont une de chaque côté de celle-ci, à la hauteur du trait de centre tracé sur la chaudière. Ces deux ficelles doivent se trouver à égale distance de l'axe longitudinal de la chaudière. A ces ficelles sont attachés des fils à plomb. Ceux-ci sont utilisés au traçage à écartement des différents supports et traverses de la chaudière. On procède alors à l'ajustage des dits supports, etc., comme dans le cas précédent, tout en observant les mêmes cotes rigoureuses.

Boîte à fumée

Elle reçoit les gaz sortant des tubes à fumée. C'est un organe important de la *hl*. De sa bonne disposition, de ses heureuses proportions, dépendent beaucoup le bon fonctionnement de la *hl* et l'activité de la chaudière. C'est au moyen de l'échappement de la vapeur dans la boîte à fumée qu'on obtient l'énergie du tirage qui est nécessaire. Il serait, d'ailleurs, impossible à réaliser autrement avec la faible hauteur de cheminée limitée par le gabarit des ouvrages d'art.

La porte de la boîte à fumée est ordinairement circulaire à bord embouti. Elle est appliquée fortement sur tout son pourtour par le serrage de verrous et d'un écrou à volant agissant sur une traverse fixe formée de deux barres entretoisées.

La porte doit fermer hermétiquement pour éviter les rentrées d'air qui nuisent au tirage et rallument les escarbilles dans la boîte. Au moyen d'une corde en amiante fixée dans le bord de la porte, on obtient une étanchéité parfaite.

On arrête les flammèches dans la boîte à fumée au moyen d'un garde-flammèches.

Pour éteindre l'incendie qui se déclare parfois dans la boîte à

fumée, lequel contrarie le tirage, celle-ci est munie d'un tuyau d'eau percé de trous.

La commande de l'émission d'eau est assurée par le machiniste. Comme la porte du foyer, celle de la boîte à fumée, est protégée par une contre-porte.

Cheminée. — Les cheminées de *hl* sont de section circulaire ordinairement. La section doit être assez faible pour que la va-

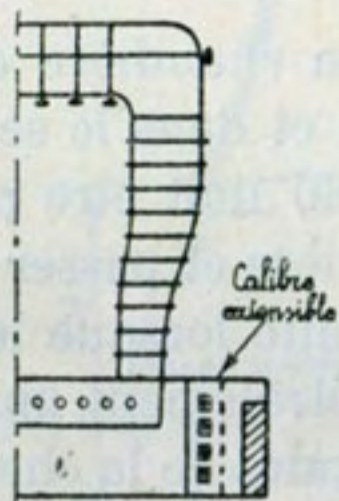


Fig. 106.

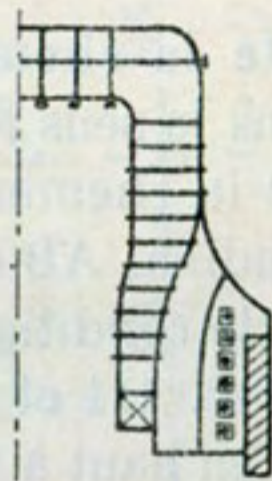


Fig. 106.

peur d'échappement la remplisse complètement. Une forme légèrement conique avec la grande base vers le haut paraît donner un meilleur rendement qu'une forme cylindrique. L'enveloppe intérieure en fonte (FIG. 108), prolonge la cheminée à l'intérieur de la boîte à fumée ; elle se termine par un soubasse-

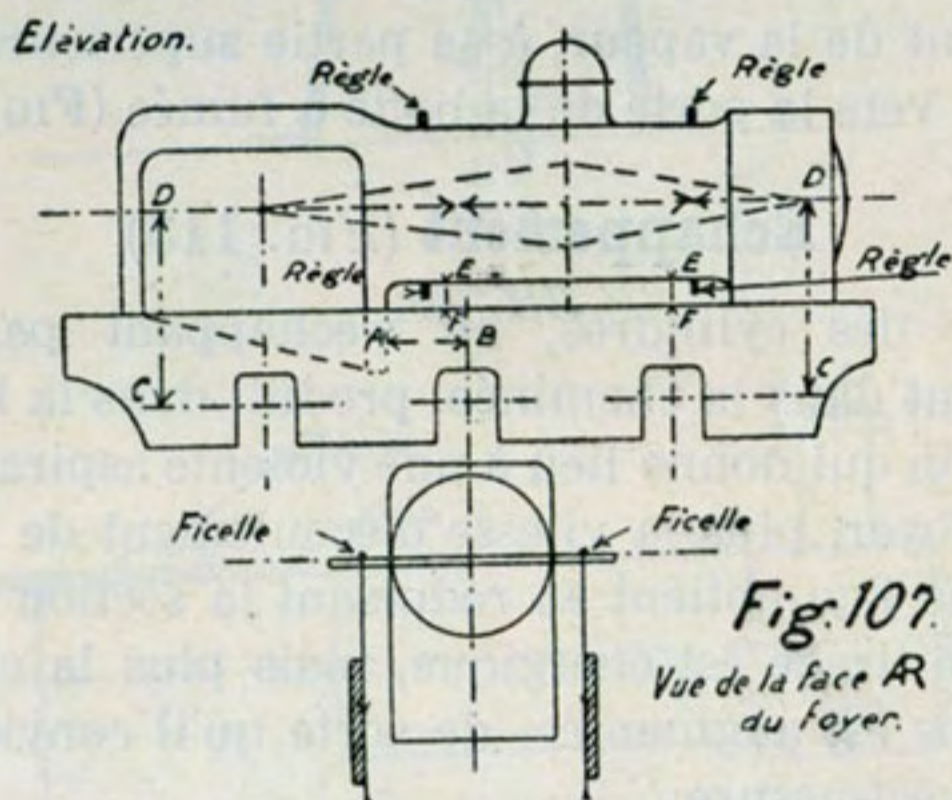


Fig. 107.

Vue de la face R
du foyer.

ment s'évasant par le bas. Cette enveloppe en fonte permet d'obtenir une forme bien régulière de la cheminée pour que la vapeur d'échappement ne rencontre pas de parties saillantes contrariant le tirage.

Une visière placée à l'avant, dans le sens de marche de la *hl*, a pour but d'empêcher le vent de couper le courant gazeux qui s'échappe par la cheminée et ainsi augmenter le tirage.

Souffleur. — La boîte à fumée renferme aussi le souffleur qui consiste en un tuyau terminé par une couronne percée de trous ; il assure le tirage pendant les arrêts.

Pour qu'il soit efficace, il faut que la vapeur injectée dans la cheminée soit dirigée suivant son axe.

Dans le souffleur à couronne, les points de contact de la vapeur avec les gaz de la combustion sont nombreux ; son action est efficace.

Montage de la cheminée. — La chaudière doit se trouver de niveau dans le sens longitudinal et dans le sens transversal. L'axe A'B' de la cheminée (FIG. 109) doit être perpendiculaire à l'axe longitudinal AB de la chaudière et passer par le point C (FIG. 110). Cette condition est satisfaite lorsque les fils à plomb *a*, *b*, *c* et *d* (FIG. 111 et 112), diamétralement opposés, se trouvent en bas et en haut à distances égales de la cheminée, ces distances mesurées à une même hauteur.

De plus, les deux fils à plomb *e* et *f* se trouvant dans les mêmes conditions par rapport à la cheminée seront tangents aux parois de la boîte à fumée.

Montage du tuyau d'échappement de la vapeur. — La cheminée étant montée, un fil à plomb G dans l'axe de la cheminée doit passer par le centre de la tuyère d'échappement, la *hl* étant bien de niveau. Aux *hl* types récents, le centre de l'orifice d'échappement de la vapeur, à sa partie supérieure, est déplacé de 5 à 8 m/m vers la porte de la boîte à fumée (FIG. 113).

Echappement (FIG. 113)

La vapeur des cylindres, en s'échappant par la colonne d'échappement dans la cheminée, produit dans la boîte à fumée une dépression qui donne lieu à une violente aspiration d'air par la grille du foyer, plus la vitesse d'écoulement de la vapeur est élevée, ce que l'on obtient en réduisant la section de l'échappement, plus le tirage est énergique, mais plus la contrepression sur les pistons est augmentée, de sorte qu'il convient d'user de ce procédé avec mesure.

L'importance du système d'échappement à adopter est très grande. On cherche à obtenir un tirage déterminé avec la contrepression la plus faible possible sur les pistons.

La forme et l'emplacement de l'échappement ont généralement une action prédominante.

La distance entre l'orifice supérieur d'échappement et la base de la cheminée a une influence sur le tirage. Si cette distance est nulle et, à plus forte raison, si elle est négative, c'est-à-dire

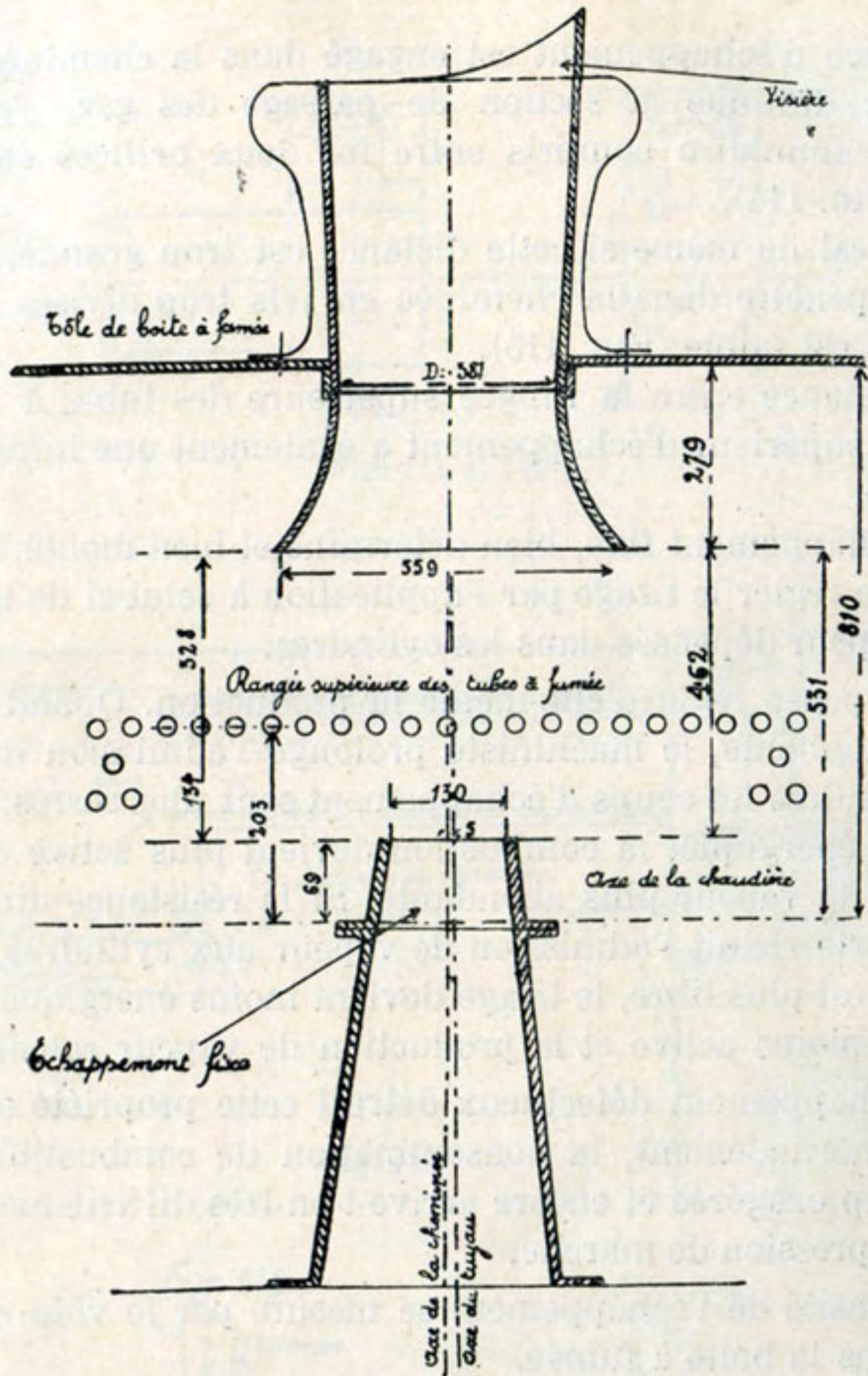


Fig. 108.

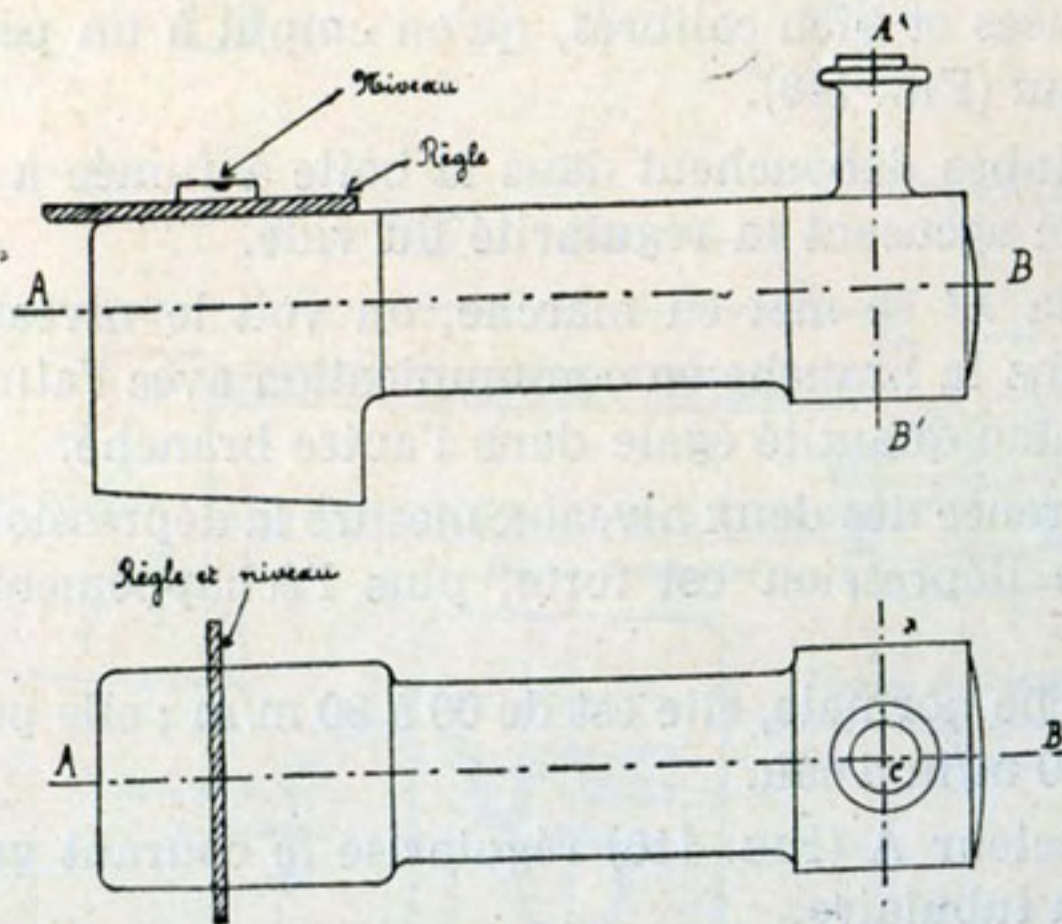


Fig. 109 et 110.

si l'orifice d'échappement est engagé dans la cheminée, la dépression diminue la section de passage des gaz, c'est-à-dire l'espace annulaire compris entre les deux orifices étant trop serré (FIG. 114).

Il en est de même si cette distance est trop grande, alors la vapeur pénètre dans la cheminée en jets trop divisés et la dépression est faible (FIG. 115).

La distance entre la rangée supérieure des tubes à fumée et l'orifice supérieur d'échappement a également une influence sur le tirage.

Un échappement fixe, bien déterminé et bien monté, a la propriété de régler le tirage par l'application à celui-ci de la totalité de la vapeur dépensée dans les cylindres.

La dépense règle d'elle-même la production. Quand la résistance augmente, le machiniste prolonge l'admission de vapeur aux cylindres les coups d'échappement sont plus serrés, le tirage est plus énergique, la combustion devient plus active et la production de vapeur plus abondante. Si la résistance diminue, le machiniste réduit l'admission de vapeur aux cylindres, l'échappement est plus libre, le tirage devient moins énergique, la combustion moins active et la production de vapeur ralentit.

Un échappement défectueux détruit cette propriété et tout se passe anormalement, la consommation de combustible est de beaucoup exagérée et encore arrive-t-on très difficilement à soutenir la pression de marche.

L'intensité de l'échappement se mesure par le vide qu'il produit dans la boîte à fumée.

Pour la déterminer, on se sert de tubes en verre à deux branches graduées et bien calibrés, qu'on emplit à un peu plus d'à moitié d'eau (FIG. 116).

Quatre tubes débouchent dans la boîte à fumée à différentes hauteurs et accusent la régularité du vide.

Quand la *hl* se met en marche, on voit le niveau de l'eau baisser dans la branche en communication avec l'atmosphère et monter d'une quantité égale dans l'autre branche.

La différence des deux niveaux mesure la dépression produite. Plus cette dépression est forte, plus l'échappement est énergique.

En marche normale, elle est de 60 à 80 m/m ; elle peut s'élever jusqu'à 140 m/m d'eau.

Le déflecteur A (FIG. 116) régularise le courant gazeux dans le faisceau tubulaire.

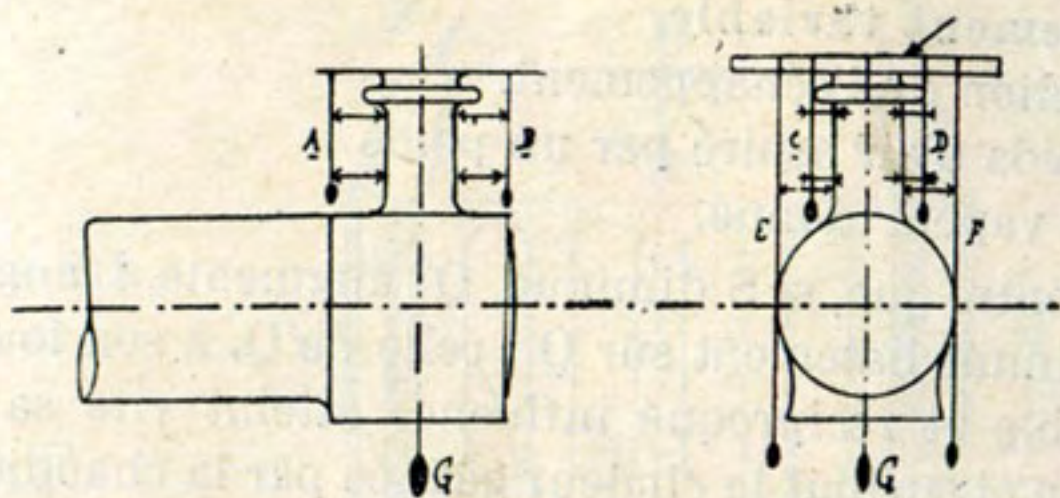


Fig. 111 et 112.

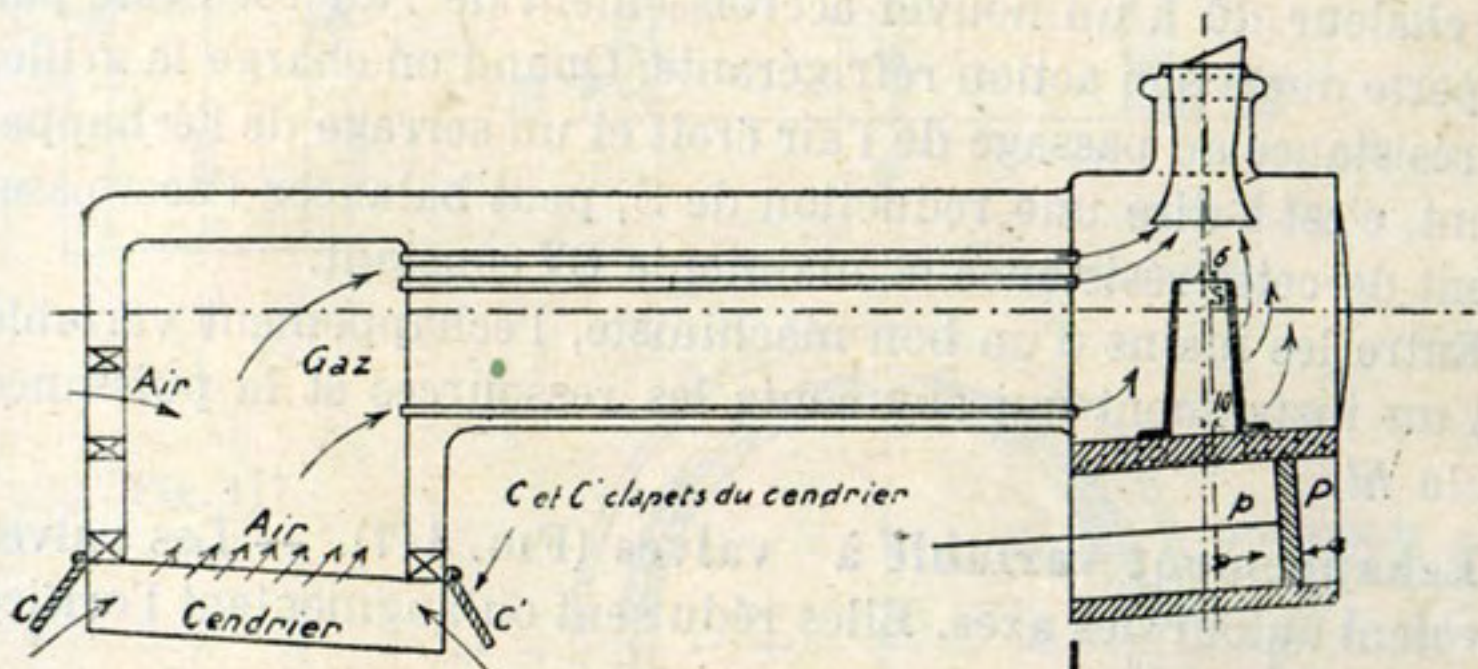


Fig. 113.

Plus S est petit, plus le tirage est énergique mais plus p est grand, donc P diminue.
Il faut chercher à obtenir un tirage suffisant avec p le plus faible possible.

Fig. 114.

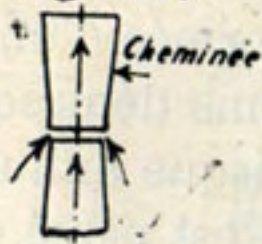
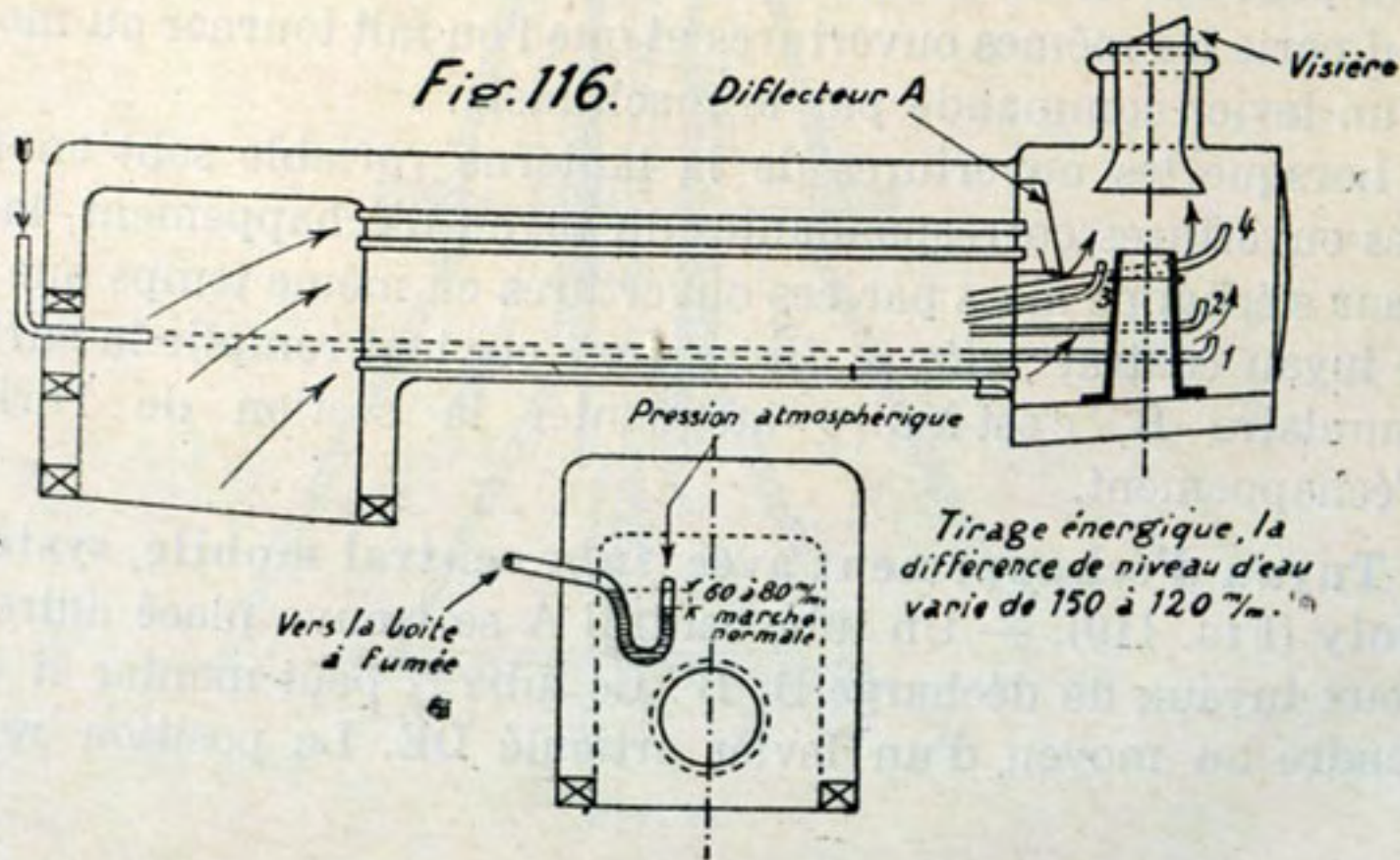


Fig. 115



Fig. 116.



Tirage énergique, la différence de niveau d'eau varie de 150 à 120 mm.

Echappement variable.

S = Section de l'échappement.

Q^2 = Poids d'air aspiré par un poids

Q = de vapeur donné.

On démontre que, si S diminue, Q^2 augmente. L'augmentation Q^2 réagit immédiatement sur Q ; celle de Q, à son tour, sur Q^2 . Cette double et réciproque influence atteint vite sa limite, la combustion et surtout la chaleur gagnée par la chaudière cessant bientôt de croître avec l'air appelé. Il vient un moment où le gain de chaleur dû à un nouvel accroissement de l'air est égalé par la perte due à son action réfrigérante. Quand on charge la grille, la résistance au passage de l'air croît et un serrage de l'échappement, c'est-à-dire une réduction de S, peut balancer l'accroissement de cette résistance et maintenir Q^2 constant.

Entre les mains d'un bon machiniste, l'échappement variable est un instrument qui augmente les ressources et la puissance de la *hl*.

Echappement variable à valves (FIG. 117). — Les valves pivotent autour des axes. Elles réduisent ou augmentent l'orifice d'échappement.

L'inconvénient de ce système, c'est que le dérangement de l'une des valves suffit pour écarter le jet de vapeur de la direction verticale, ce qui nuit beaucoup à son action.

Echappement à lanterne variable (FIG. 118). — L'orifice d'écoulement se compose de deux parties : l'une, constante, est un cercle central ; l'autre, variable, formée d'une couronne d'ouvertures qui peuvent être plus ou moins démasquées ou fermées complètement par la rotation d'un disque annulaire.

Le tuyau central d'échappement A est percé d'ouvertures que l'on peut ouvrir et fermer à volonté au moyen de la lanterne A', qui porte les mêmes ouvertures et que l'on fait tourner au moyen d'un levier commandé par le machiniste.

Lorsque les ouvertures de la lanterne variable sont en face des ouvertures correspondantes du tuyau d'échappement, la vapeur s'échappe alors par ces ouvertures en même temps que par le tuyau central ; *elle se divise donc* et vient remplir la surface annulaire B, c'est-à-dire augmenter la section de l'orifice d'échappement.

Tuyau d'échappement avec tube central mobile, système Boty (FIG. 119). — Un tube central A se trouve placé entre les deux tuyaux de décharge B, B'. Ce tube A peut monter et descendre au moyen d'un levier articulé DE. La position repré-

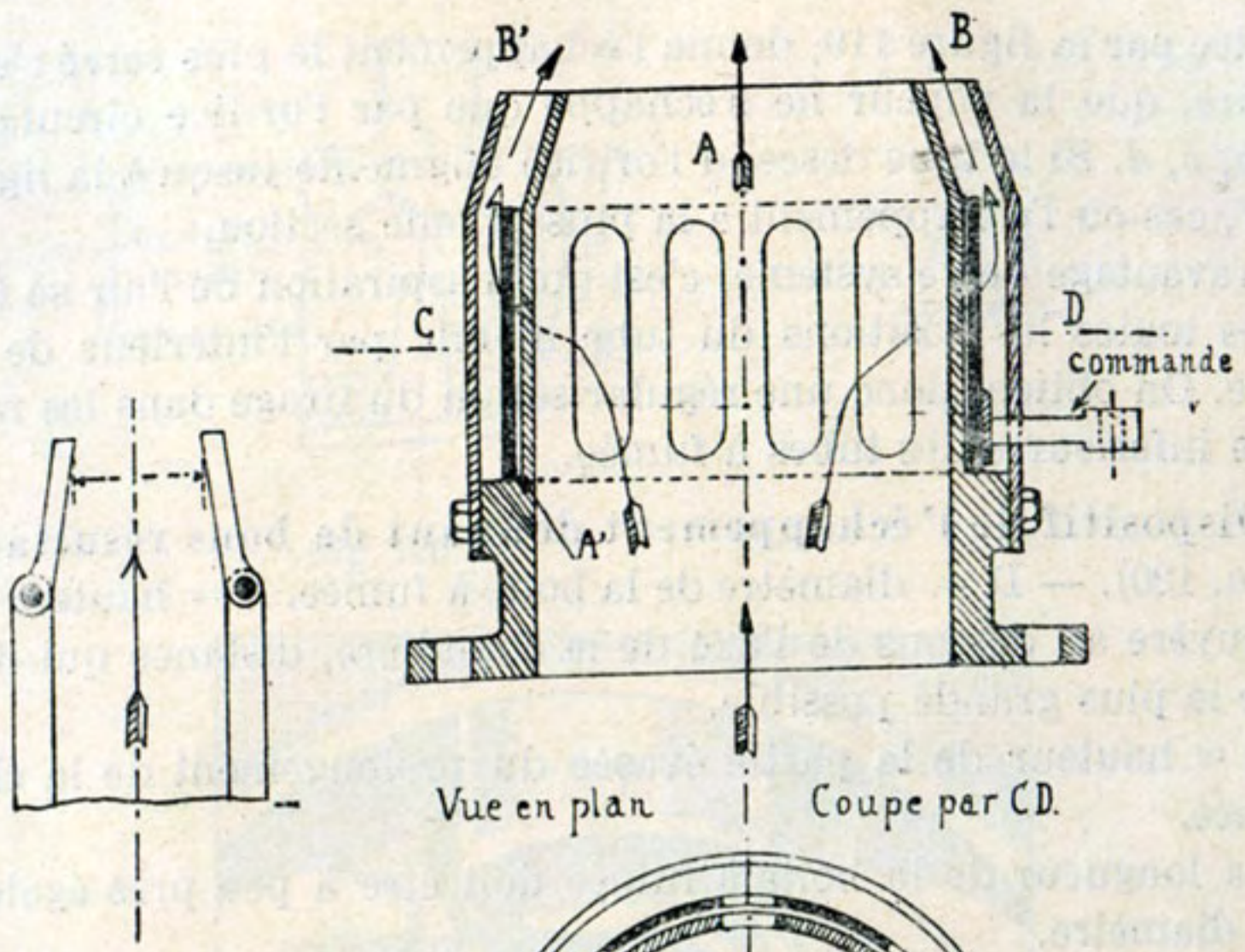


Fig. 117.

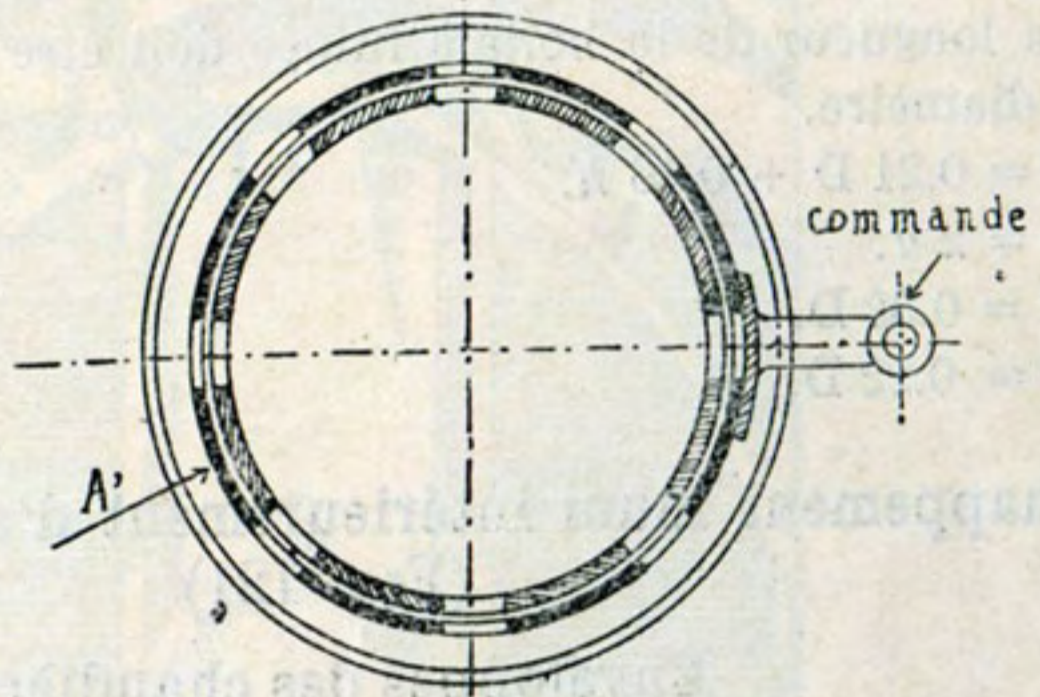


Fig. 118

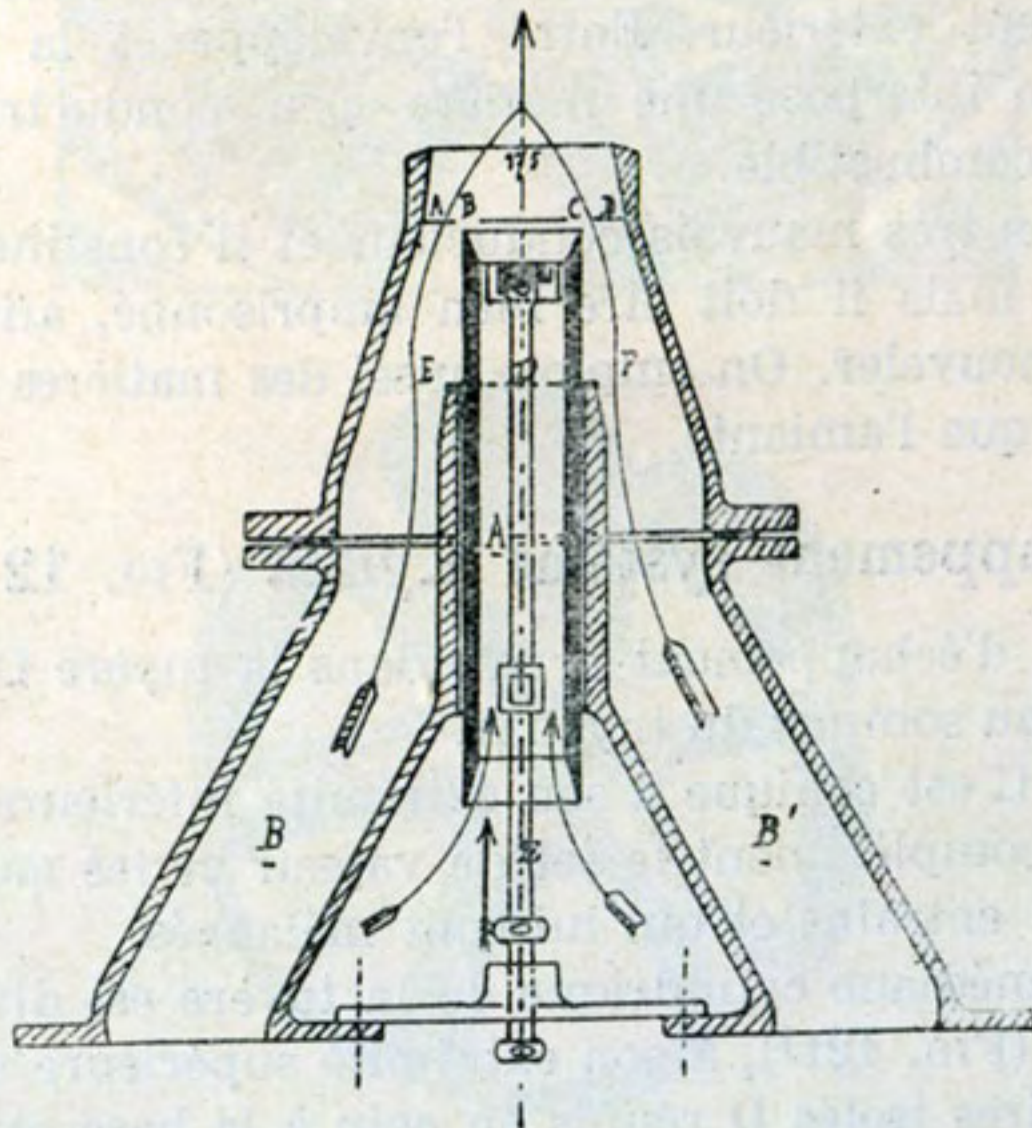


Fig. 119.

sentée par la figure 119, donne l'échappement le plus serré c'est-à-dire, que la vapeur ne s'échappe que par l'orifice circulaire a, b, c, d . Si le tube descend l'orifice augmente jusqu'à la ligne E F, cas où l'échappement a la plus grande section.

L'avantage de ce système, c'est que l'aspiration de l'air se fait dans toutes les positions du tube mobile par l'intérieur de ce tube. On obtient donc une régularisation du tirage dans les rangées inférieures des tubes à fumée.

Dispositif de l'échappement donnant de bons résultats. (FIG. 120). — D = diamètre de la boîte à fumée, h = hauteur de la tuyère au dessous de l'axe de la chaudière, distance qui doit être la plus grande possible.

p = hauteur de la partie évasée du prolongement de la cheminée.

La longueur de la boîte à fumée doit être à peu près égale à son diamètre.

$$d = 0.21 D + 0.16 h.$$

$$b = 2 d.$$

$$P = 0.32 D.$$

$$p = 0.22 D.$$

Echappement muni intérieurement d'ailettes en hélice (FIG. 121)

Enveloppes des chaudières

But. — Réduire la perte de calorique des chaudières par le refroidissement extérieur. Entre l'enveloppe et la tôle de la chaudière on interpose une matière peu conductrice de la chaleur et incombustible.

L'air est un très mauvais conducteur et il constitue ainsi un bon isolant, mais il doit être bien emprisonné, afin qu'il ne puisse se renouveler. On emploie aussi des matières incombustibles, telles que l'amiante.

Echappement système Kylälä (FIG. 121¹)

La vapeur d'échappement arrive dans la tuyère C par l'orifice B placé au sommet du tuyau A.

La tuyère C est conique à son extrémité inférieure, de façon à recueillir complètement le jet de vapeur et les gaz de combustion qu'il entraîne et qui lui sont mélangés.

La partie médiane cylindrique de la tuyère est divisée, dans le dispositif (FIG. 121¹), à son extrémité supérieure en six conduits tubulaires isolés D réunis en coin à la base et construits

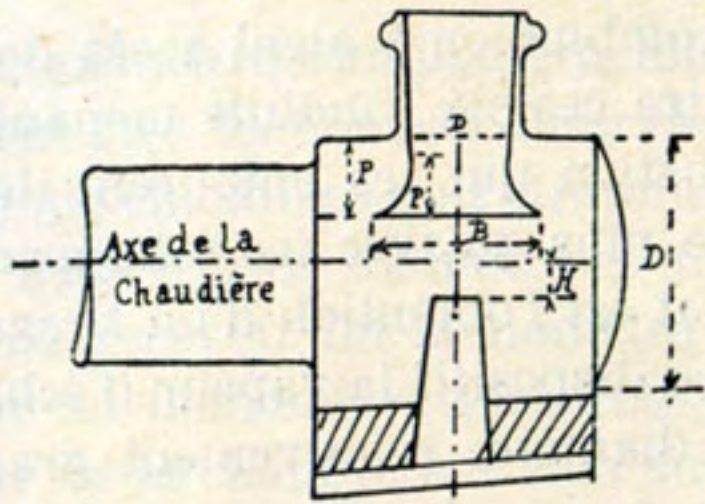


Fig. 120.



Fig. 121.

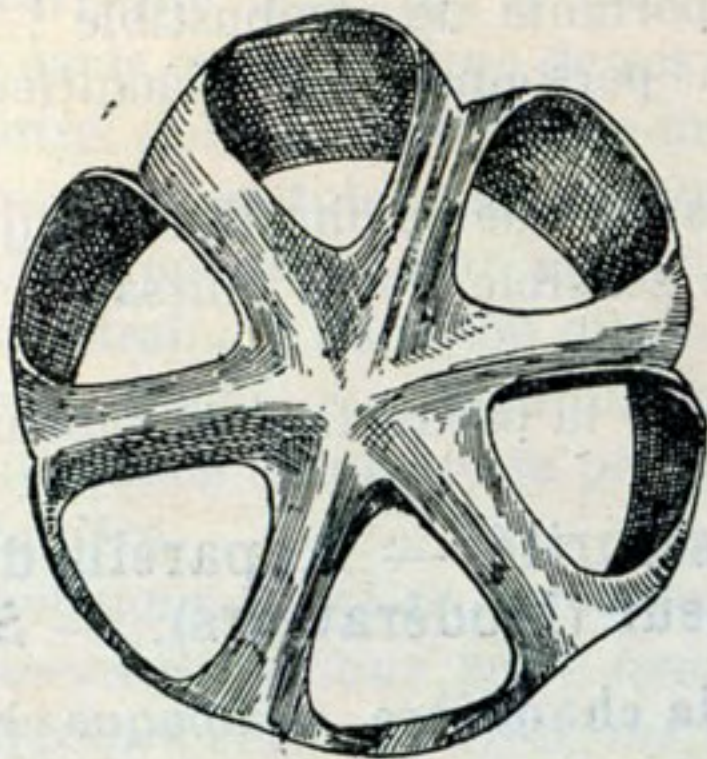
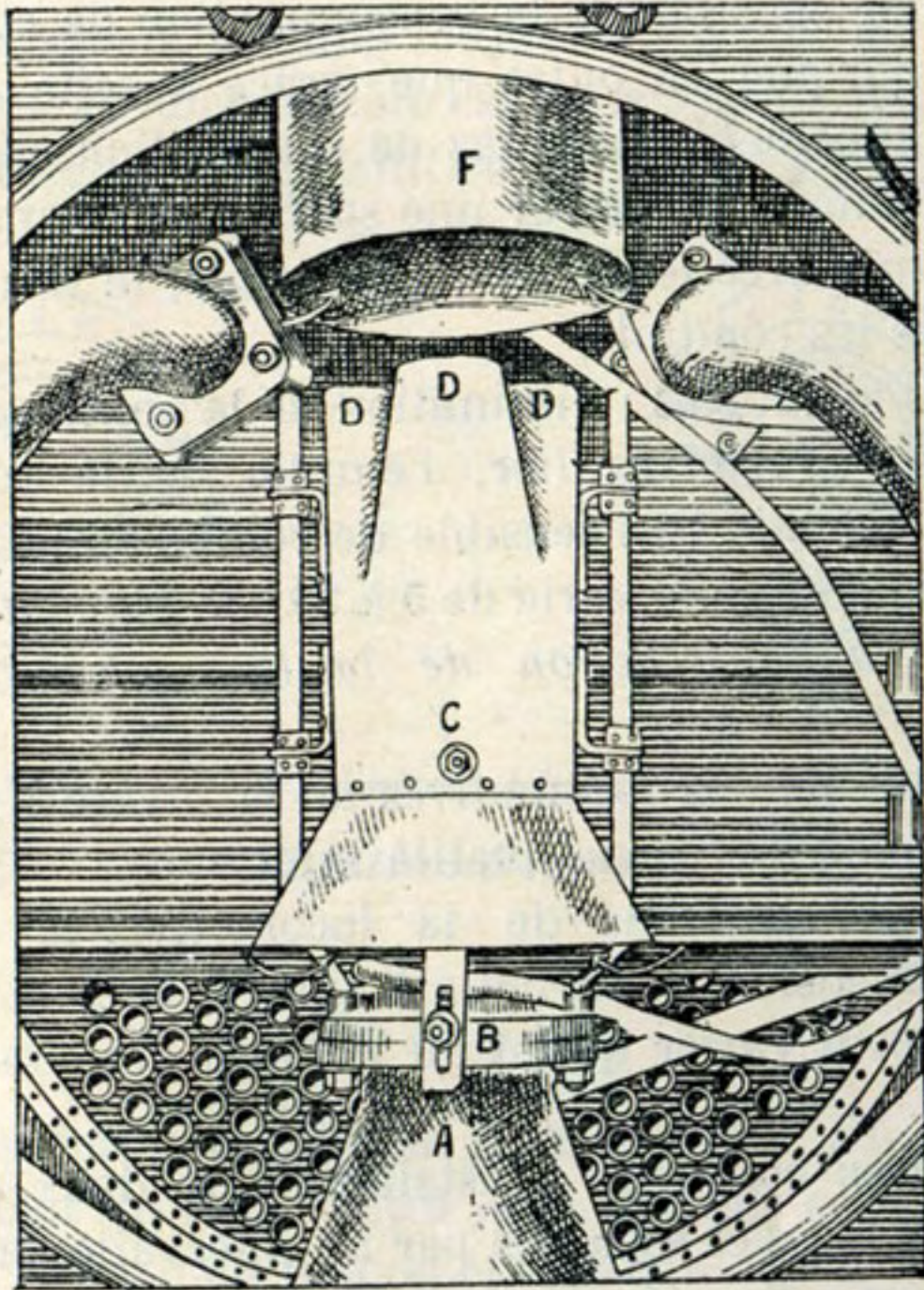


Fig. 121.

de façon à ce que les gaz de combustion y aient accès de tous côtés. La surface de contact entre ces six conduits menant à la cheminée et les gaz de combustion qui les entourent devient ainsi très grande (2 à 5 fois de plus qu'avec les échappements ordinaires). Le résultat immédiat est l'obtention d'un tirage très fort et régulier, bien que dans ce dispositif la vapeur d'échappement sorte par un orifice de diamètre relativement grand et par conséquent, avec beaucoup moins de vitesse que dans les échappements ordinaires.

Par suite, on obtient immédiatement avec la tuyère Kylälä une diminution sensible de la consommation de combustible.

Il faut remarquer en outre que, grâce à cette invention, la vapeur d'échappement et les gaz de combustion entrant en contact dans la boîte à fumée sur une surface plusieurs fois double de celle obtenue avec les tuyères ordinaires, le tirage se produit égal pour tous les conduits.

Grâce à ces avantages : diminution de la contre-pression dans les cylindres, tirage régulier, l'emploi de la tuyère Kylälä assure une économie très sensible de combustible. Il a été constaté que cette économie varie de 5 à 30 0/0, *suivant la nature du combustible, la construction de la locomotive et la charge remorquée.*

L'installation sur les locomotives de la tuyère Kylälä permet l'emploi de combustible de qualité inférieure.

Suivant la construction de la locomotive, le nombre des tuyaux, la dimension de la boîte à fumée, etc., la construction de la tuyère peut varier quant au nombre des conduits, à leur forme, etc.

On peut aussi concevoir l'installation de deux ou plusieurs tuyères superposées et séparées par un intervalle déterminé.

Les avantages présentés par la tuyère Kylälä sont en résumé :

- 1° Economie importante de combustible ;
- 2° Réduction du personnel, l'aide-chauffeur devenant souvent inutile ;
- 3° Emploi avantageux de combustible de qualité inférieure ;
- 4° Augmentation sensible de la puissance de traction de la locomotive ;
- 5° Augmentation de la production de vapeur de la chaudière.

Appareils de sécurité. — Appareils d'alimentation Prises de vapeur (Modérateurs). — Surchauffeurs

Manomètre de la chaudière. — Chaque chaudière sera munie d'un manomètre indiquant la pression effective de la vapeur en kilogrammes par c/m^2 .

Ce manomètre sera placé de manière que toutes ses indications puissent être facilement observées par le chauffeur.

Chaque chaudière doit être munie, en outre, d'un robinet d'un collet de 3 c/m de diamètre et de 6 m/m d'épaisseur destiné au besoin à recevoir un manomètre étalon. Le tuyau qui amène la vapeur au manomètre sera fixé directement sur la chambre à vapeur de la chaudière et non sur une conduite dans laquelle la vapeur est en mouvement.

L'emploi des manomètres métalliques exige qu'on les vérifie après un certain temps d'usage ; il importe, que l'aiguille indicatrice des pressions marque toujours, sur l'échelle, une pression nulle, lorsque la chaudière est au repos. La position de l'aiguille doit correspondre au chiffre du timbre au moment où les

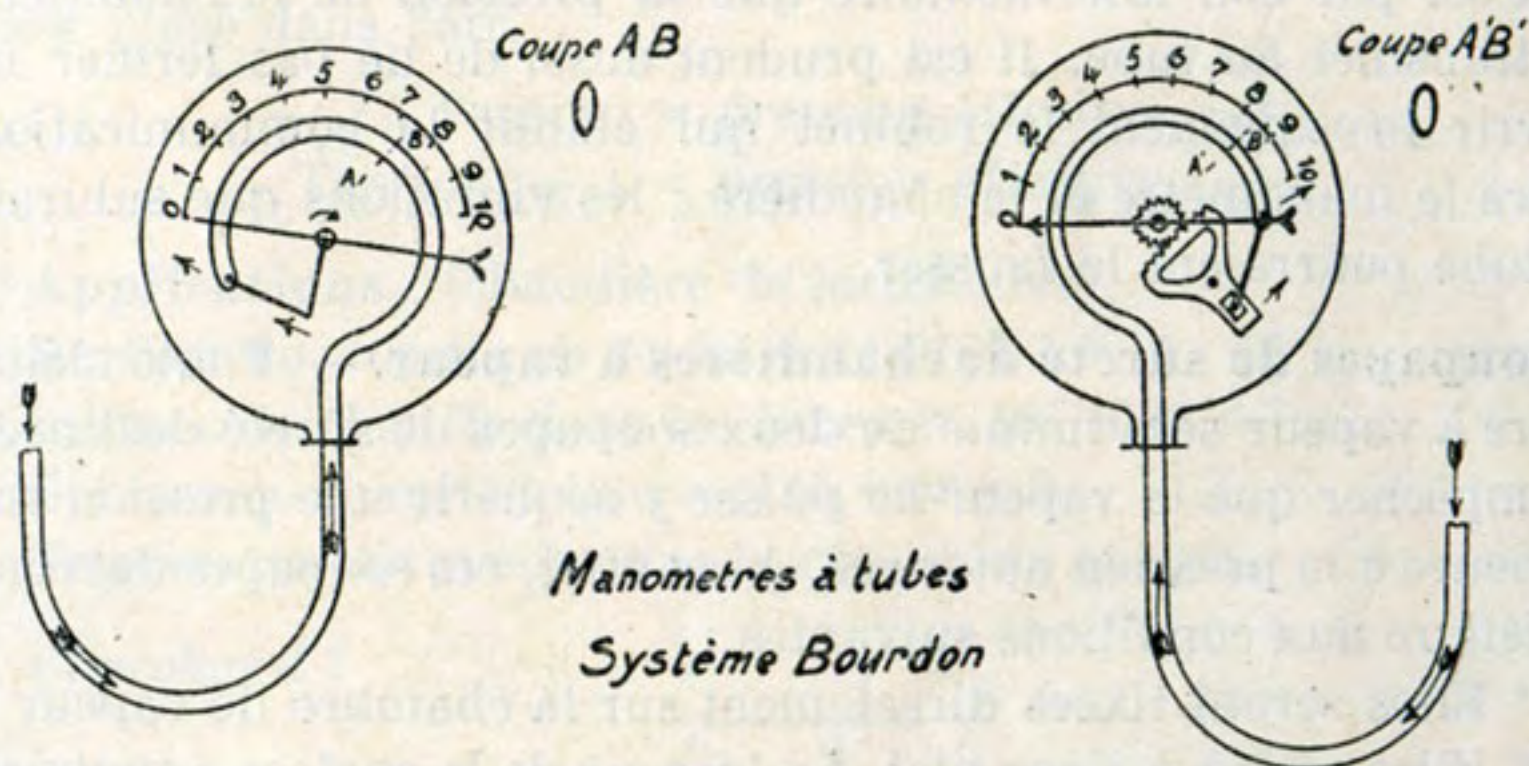


Fig. 122 et 123.

soupapes de sûreté commencent à se soulever. Un examen plus complet de l'état du manomètre peut être fait en comparant ses indications à celles d'un manomètre étalon ou vérificateur.

Manomètre métallique (FIG. 122 et 123). — Le principal organe est un tube ovale ouvert à l'une de ses extrémités qui est fixe, et fermé à l'autre, qui est au contraire mobile.

La vapeur pénètre dans ce tube, qui est confectionné en tôle de laiton de 1/3 m/m d'épaisseur, par sa partie fixe ; sous son action il se déroule, entraînant dans son mouvement, par l'intermédiaire d'une petite bielle, une aiguille dont l'extrémité se meut sur un cadran gradué indiquant la pression effective de la vapeur dans la chaudière.

Le principe du fonctionnement de ce manomètre est basé sur ce fait que tout anneau métallique ovale tend à devenir circulaire lorsque la différence entre les pressions intérieure et extérieure qu'il supporte va en augmentant. On démontre aussi que

les mouvements d'enroulement et de déroulement du tube sont liés à ceux de chaque section de l'anneau : donc, quand la vapeur pénétrera de la chaudière dans le tube, chaque section de celui-ci tendra à devenir circulaire et d'autant plus complètement que la pression de cette vapeur sera plus élevée pour un appareil donné. Ce mouvement entraînera immédiatement un déroulement proportionnel du tube et, par conséquent un déplacement correspondant de l'aiguille. L'action directe de la vapeur à une haute température sur le tube altérerait à la longue l'élasticité du métal ; pour éviter cet inconvénient, on recourbe le tuyau qui relie la chaudière au manomètre en forme d'U dans la partie se raccordant à ce dernier. De cette façon, l'eau provenant de la condensation de la vapeur dans le tuyau emplit la partie recourbée, et c'est par son intermédiaire que la pression de la chaudière se transmet au tube. Il est prudent aussi de ne pas fermer ni ouvrir brusquement le robinet qui établit la communication entre le manomètre et la chaudière ; les vibrations que subirait le tube pourraient le fausser.

Soupapes de sûreté de chaudières à vapeur. — Toute chaudière à vapeur sera munie de deux soupapes de sûreté destinées à empêcher que la vapeur ne puisse y acquérir une pression supérieure à la pression autorisée. A cet effet, ces soupapes devront satisfaire aux conditions suivantes :

- 1° Elles seront fixées directement sur la chambre de vapeur ;
- 2° Elles seront à siège plat. La largeur de la surface annulaire de contact du disque avec le siège sera, au plus égal au $1/20$ du diamètre de l'orifice et n'excédera, en aucun cas, 4 m/m ;
- 3° La charge et le poids du disque ne dépasseront pas l'effort exercé sur celui-ci par la vapeur à la pression autorisée ; la charge sera exercée par un poids unique agissant soit directement, soit à l'extrémité d'un levier ;
- 4° Chacune des deux soupapes offrira une section et une disposition telles que, étant chargées comme il est dit ci-dessus, elle suffise seule à évacuer toute la vapeur produite, quelle que soit l'activité du feu, sans que la vapeur produite s'élève au-delà de la pression autorisée de plus de $1/10$ de celle-ci.

Toutefois, la section sera considérée comme suffisante si le diamètre de l'orifice est déterminé selon la surface de chauffe de la chaudière et la tension maximum de la vapeur.

Pour les tensions de 6 $1/2$ atm. et au-dessus, il faut employer le même diamètre que pour 6 atm.

Par surface de chauffe, on entend le développement total de la surface de la chaudière des tubes intérieurs et des tubes bouil-

leurs, exposée à l'action du foyer et de la flamme circulant dans les conduits.

Le diamètre de l'orifice de la soupape est déterminé par la formule empirique :

$$d = 2,6 \sqrt{\frac{S}{n - 0,412}}$$

d , étant le diamètre exprimé en centimètres.

S , la surface de chauffe exprimée en m^2 .

n , tension de la vapeur dans la chaudière exprimée en atm.

On entend par tension de la vapeur l'effort absolu qu'elle exerce dans un vase clos et par pression, la tension diminuée de la pression atmosphérique ou l'effort qui reste à vaincre par le vase placé dans l'air.

$$\text{Tension} = \text{pression effective} + 1.$$

$$\text{Tension} - 1 = \text{pression effective.}$$

Applications : (chaudière de locomotive).

Surface de chauffe au foyer = 11,0169 m^2 .

Surface de chauffe dans les tubes = 104,4039 m^2 .

Surface de chauffe totale = 115,4208 m^2 .

Tension de la vapeur dans la chaudière 14 atm.

Chercher d ?

$$d = 2,6 \sqrt{\frac{S}{n - 0,412}}$$

$$d = 2,6 \sqrt{\frac{115,42}{6 - 0,412}}$$

$$d = 2,6 \sqrt{20,65}$$

$$d = 2,6 \times 4,5$$

$$d = 117 \text{ millimètres.}$$

La section totale d'écoulement des deux soupapes susdites pourra être répartie entre trois ou un plus grand nombre de soupapes. Dans ce cas, les sections et les dispositions de celles-ci seront telles que deux quelconques d'entre elles fonctionnant ensemble, permettent à la vapeur de s'écouler dans les conditions spécifiées au 4° précité.

La section totale de ces deux soupapes sera considérée comme suffisante, si elle est au moins égale à celle de l'orifice dont le

diamètre serait déterminé d'après la formule empirique donnée précédemment.

Les soupapes seront établies de manière que l'échappement de la vapeur ne puisse occasionner aucun accident notamment lorsqu'il est nécessaire de les soulever. Les soupapes pour avoir le degré de sensibilité désirable, ont à satisfaire aux conditions suivantes : leur axe doit se confondre avec celui de la tubulure ; le disque doit être guidé par trois ailettes au moins ou par une tige dressée de manière à offrir le moins de résistance possible à la sortie de la vapeur. Pour les soupapes chargées directement, le poids y appliqué sera guidé de manière à prévenir, autant que possible les frottements pendant son soulèvement, si la charge agit par l'intermédiaire d'un levier, celui-ci doit être monté avec soin et se mouvoir librement, autour de son point de rotation, dans un plan vertical passant par l'axe de la tubulure.

Dans les deux cas, le point d'application de la charge doit se trouver très exactement au centre du disque, sinon, celui-ci étant sollicité par un couple de forces basculerait sur son siège et laisserait prématurément échapper la vapeur en abondance. Enfin, on veillera à ce que le mouvement de rotation du levier n'empêche point le disque de se soulever verticalement. Il convient, dans tous les cas, de vérifier la charge de la soupape au moyen d'un manomètre étalon, en examinant à quelle pression elle laisse échapper l'eau ou la vapeur en nappe bien uniforme.

Le mouvement du levier autour de son axe sera limité par un arrêt qui, sans faire obstacle au soulèvement normal et suffisant du disque, empêche celui-ci d'être projeté de son siège, par exemple, lorsque pour une cause fortuite le poids du levier se détache ou glisse vers l'axe de rotation (avaries à la balance de la soupape de sûreté).

Enfin, il est nécessaire de soulever assez fréquemment les soupapes, à l'effet de constater si les disques n'adhèrent pas à leurs sièges.

Les précautions énumérées ci-dessus ont pour but d'empêcher que les personnes chargées de manœuvrer les soupapes ne soient atteintes par un dégagement de vapeur anormal ou intempestif. Plusieurs accidents graves dus à cette cause se sont déjà produits.

Le poids dont le levier de la soupape devra être chargé à son extrémité pour faire équilibre à la pression effective de la vapeur, se détermine théoriquement de la manière suivante :

Soit n , la tension de la vapeur, exprimée en atmosphères, à l'intérieur de la chaudière.

r , le rayon de l'orifice de la soupape exprimé en c/m.

p , le poids du disque exprimé en kg.

q , l'effort exprimé en kg., que le levier exerce en son point d'application sur le disque mobile.

l , la distance de ce point d'application à l'axe de rotation du levier.

L , la distance de cet axe au point d'application du poids ou du ressort sur le levier.

On aura, P désignant le poids cherché de la charge ou l'action à exercer par le ressort qui en tient lieu :

$$P = [(1,033 \pi r^2 (n - 1)) - p - q] \frac{l}{L}$$

L'effort q , que le levier exerce par son propre poids sur la soupape, se détermine facilement comme suit : on pèse le levier et on mesure la distance horizontale de son centre de gravité à celui de rotation.

L'effort cherché est le produit du poids par le rapport de cette distance au petit bras (l) du levier.

Pour les soupapes à ressort, le serrage sera limité au moyen d'arrêts disposés de manière à empêcher la charge réglementaire d'être dépassée.

Remarque. — Il importe de signaler l'influence que peuvent exercer, sur le fonctionnement des soupapes, l'étendue et l'état de la surface de recouvrement entre les disques et leurs sièges.

Suivant que le disque repose sur la circonférence extérieure ou sur la circonférence intérieure de cette surface, la pression de la vapeur exerce, pour le soulever, un effort plus ou moins grand. D'un autre côté, lorsque le disque s'applique exactement sur son siège, de manière à empêcher la vapeur ou l'air extérieur de s'interposer entre les surfaces en contact, la soupape est tenue fermée par sa charge normale, augmentée de la pression atmosphérique sur toute la partie correspondante à la surface annulaire recouverte, d'où une cause d'erreur dans le règlement de la charge, qu'il importe d'éviter. Tout en fixant la largeur de cet anneau au $1/20$ du diamètre de l'orifice, on stipule qu'elle ne pourra excéder 4 m/m. La charge étant calculée d'après le diamètre intérieur, il conviendra non seulement de réduire autant que possible la largeur de la surface recouverte mais encore de *rôder le disque sur son siège, de manière qu'il s'y applique exactement suivant la circonférence intérieure.*

Soupape de sûreté à levier (FIG. 124)

Applications. — Une chaudière timbrée à 5 atm. a 40 m² de surface de chauffe. Déterminez le contrepoids P à placer à l'extrémité du levier d'une soupape de sûreté sachant que le disque pèse 4 kg. et le levier 4,630 (FIG. 125).

Le grand bras du levier = 680 m/m.

Le levier s'appuie sur le disque à 85 m/m de l'axe de rotation.

Le centre de gravité G du levier est au milieu.

Le diamètre de l'orifice de la soupape est déterminé par la formule empirique :

$$d = 2,6 \sqrt{\frac{S}{n - 0,412}}$$

$$d = 2,6 \sqrt{\frac{40}{6 - 0,412}}$$

$$d = 2,6 \sqrt{7,16}$$

$$d = 2,6 \times 2,675$$

$$d = 7 \text{ centimètres.}$$

d = diamètre cherché exprimé en centimètres.

S = surface de chauffe exprimée en m².

n = tension de la vapeur exprimée en atmosphères.

Pour que la soupape soit en équilibre sous l'action de Q et de P, il faut : $Ql = PL$

$$\frac{Ql}{L} = P$$

Mais de Q il faut retrancher le poids du disque p et le poids q qui pèse sur le disque, effort dû au poids du levier agissant à son centre de gravité G, abstraction faite de P.

P' poids du levier = 4,630.

L'équation des moments par rapport au point A donne (FIG. 126)

$$ql = P' l'$$

$$P' l'$$

$$q = \frac{\quad}{l}$$

on obtient donc :

$$(Q - p - \frac{P' l'}{l}) \times l = PL$$

$$(Q - p - \frac{P' l'}{l}) \times l$$

$$\frac{\quad}{L} = P$$

L

$$(1) \frac{Ql - pl - P'l'}{L} = P$$

$$Q = 5 \times 1,033 \times \pi r^2$$

$$Q = 5 \times 1,033 \times 3,14 \times 3,5^2$$

$$Q = 198,7 \text{ kilogrammes.}$$

$$(1) \frac{198,7 \times 8,5 - 4 \times 8,5 - 4,63 \times 34}{68} = P$$

$$\frac{1498}{68} = P$$

$$22,029 = P \text{ (contrepois).}$$

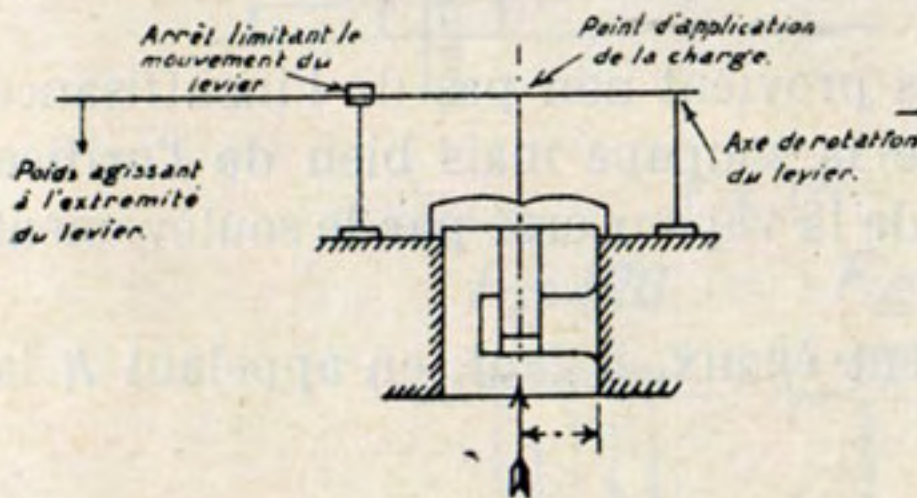


Fig. 124.

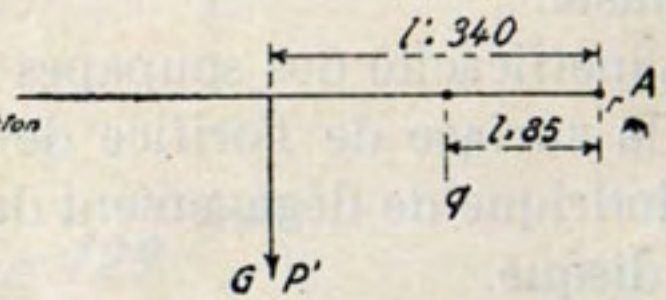


Fig. 126.

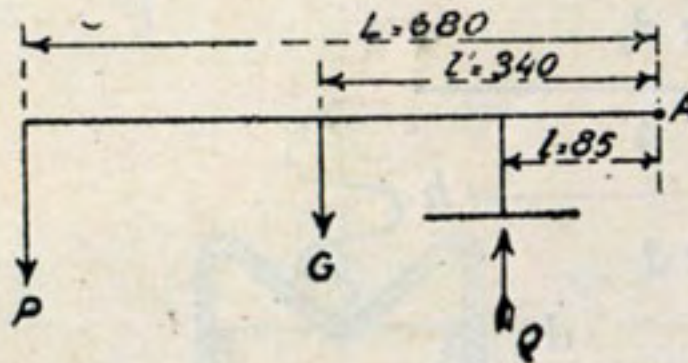


Fig. 125.

Soupape de sûreté Wilson (FIG. 127)

La soupape Wilson est une soupape double.

Les soupapes proprement dites sont appliquées sur leur siège par deux ressorts à spirale. Chaque ressort est enfermé dans une gaine protectrice.

Les deux extrémités supérieures des ressorts appuient sur un levier par l'intermédiaire de deux vis de pression qui servent de vis de réglage.

Dans une soupape ordinaire représentée par les figures 128-129 schématiquement, la pression qui doit maintenir la soupape soulevée est celle de la vapeur s'écoulant sur tout le pourtour.

Or, cette vapeur est à une pression inférieure par le fait même qu'elle se détend en s'écoulant à l'atmosphère.

La soupape tend donc à retomber sur son siège et se soulève généralement d'une hauteur trop faible.

Dans la soupape Wilson (FIG. 130) cet inconvénient disparaît, le soulèvement de la soupape est dû exclusivement à l'effort de la vapeur, mais la disposition est telle que cet effort reste constant malgré l'écoulement de la vapeur.

La levée de cette soupape peut acquérir une valeur beaucoup plus considérable que dans la soupape ordinaire.

Inconvénient. — Augmentation de la tension du ressort par le soulèvement du disque.

Le levier de la soupape permet au machiniste de s'assurer du fonctionnement de celle-ci. Il arrive, en effet, que les soupapes collent sur leur siège. Le levier doit être placé à la portée du machiniste.

L'inefficacité des soupapes provient non pas de l'insuffisance de la surface de l'orifice de la soupape mais bien de l'orifice cylindrique de dégagement de la vapeur créé par le soulèvement du disque.

Pour que ces orifices soient égaux, il faut, en appelant h la levée, poser l'égalité :

$$\frac{\pi d^2}{4} = r d h$$

$$\frac{\pi d_2^2}{4} = h \pi d$$

$$\frac{d_2^2}{4} = h d$$

Quant à la différence du poids du levier sur les soupapes due à la dissymétrie des bras de levier il y a lieu de l'inscrire sous la rubrique : « Effort dû au poids du levier sur la soupape » et pour la calculer on employera la formule :

$$P = G \left(\frac{l + l'}{l'} \right) \quad (\text{FIG. 131})$$

dans laquelle G est le poids de la partie excentrique du levier rapporté à son centre de gravité et l la distance de ce centre à la soupape II. P est donc positif pour la soupape II et négatif pour la soupape I.

Dans la formule ci-dessus le poids G de la partie excentrique du levier et la distance l ne peuvent se déterminer pratiquement.

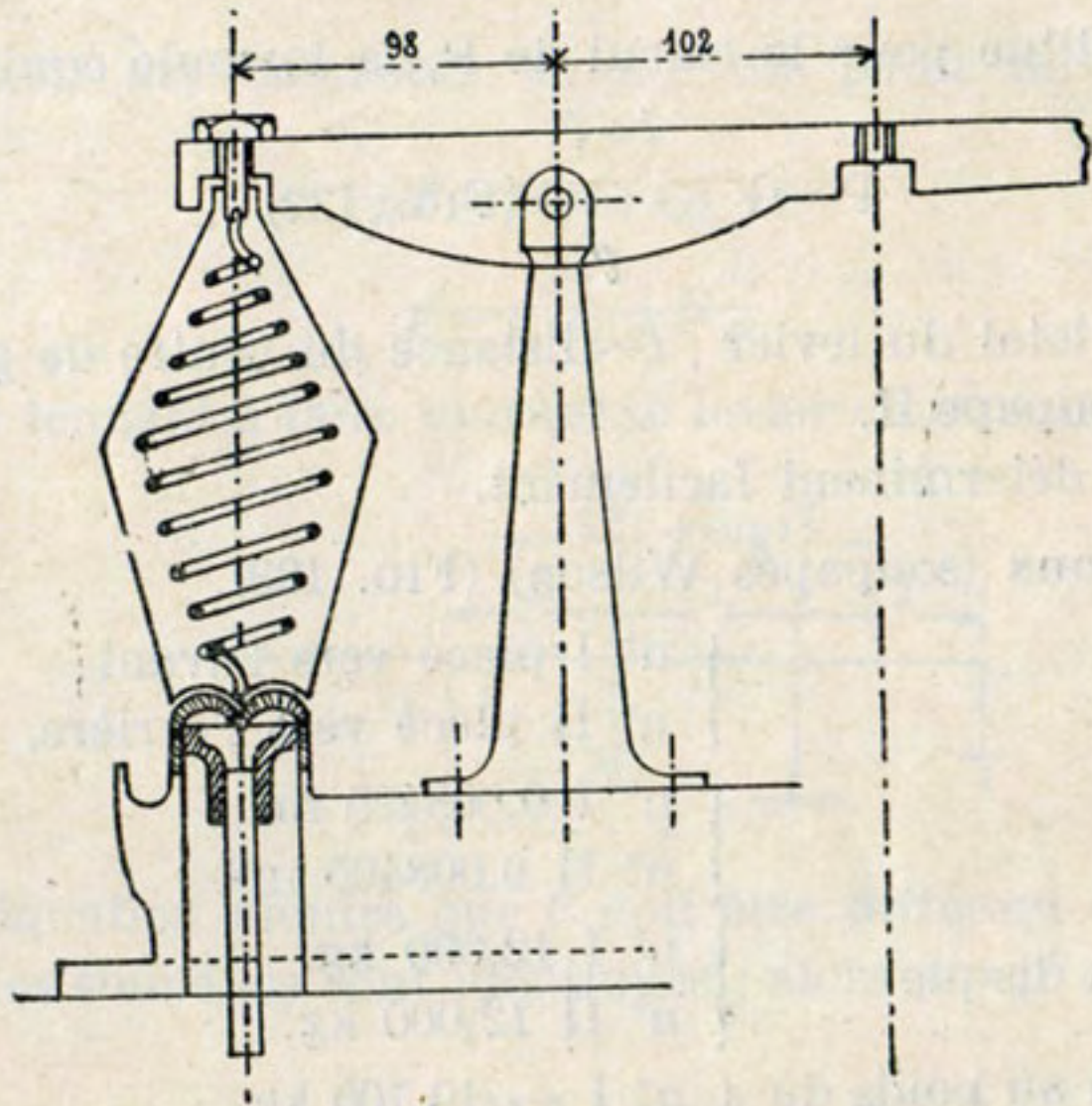


Fig. 127.

Fig. 128.

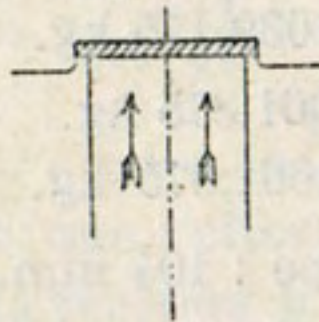


Fig. 129.

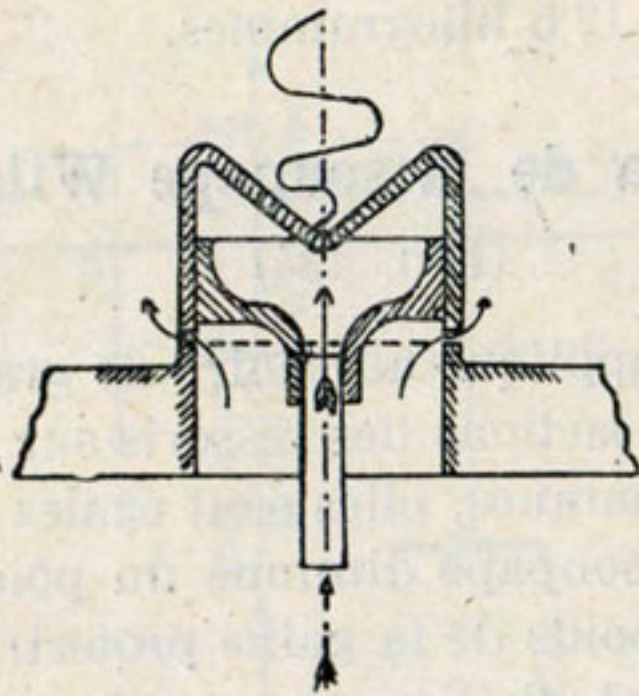
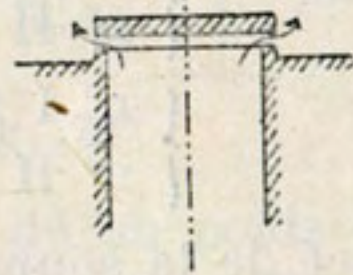


Fig. 130.

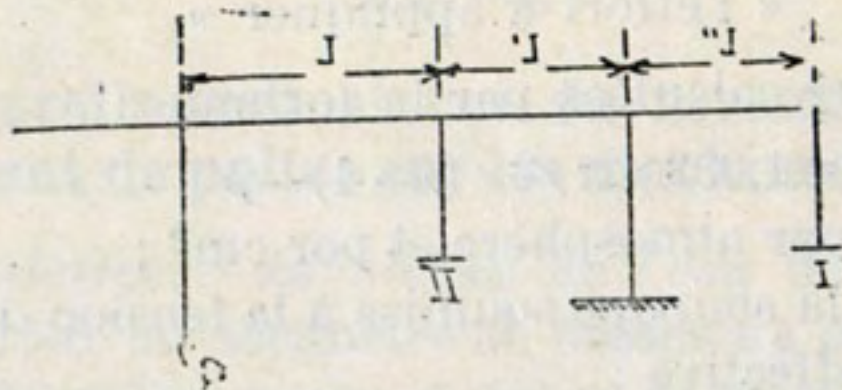


Fig. 131.

On y substitue pour le calcul de P, la formule équivalente :

$$P = G' \frac{l + l'}{l'} \quad (\text{FIG. 132})$$

G' = poids total du levier ; l = distance du centre de gravité à l'axe de la soupape II.

G' et l se déterminent facilement.

Applications (soupapes Wilson) (FIG. 133).

Position	{ n° I placé vers l'avant n° II placé vers l'arrière.
Surface	{ n° I 0,008495 m ² n° II 0,008495 m ² .
Poids du disque	{ n° I 12,000 kg. n° II 12,000 kg.
Effort dû au poids du levier sur la soupape	{ n° I — 10,700 kg. n° II + 10,700 kg.
Effort à appliquer	{ n° I 1060,575 kg. n° II 1039,175 kg.
Charge totale	{ n° I 1061,875 kg. n° II 1061,875 kg.

Diamètre de l'orifice de la soupape : 104 mm.

Timbre de la chaudière : 12,5 kilogrammes.

Pression effective : 12,5 kilogrammes.

Schéma de la soupape Wilson

(FIG. 134)

G poids du levier appliqué au centre de gravité g .

Soient p' et p'' les réactions des ressorts sur le levier.

Ces réactions sont connues, elles sont égales à l'effort produit par la vapeur sur la soupape diminué du poids du disque, du poids du ressort, du poids de la gaine protectrice, etc.

Ces réactions ne sont d'ailleurs autre chose que ce qu'on est convenu d'appeler :

« l'effort à appliquer »

Elles doivent être calculées par la formule :

$$P = 1,033 \times \pi r^2 \times (n-1) - p$$

1,033 = pression par atmosphère et par cm² ;

πr^2 = section de la soupape soumise à la tension de la vapeur ;

$n-1$ = pression effective ;

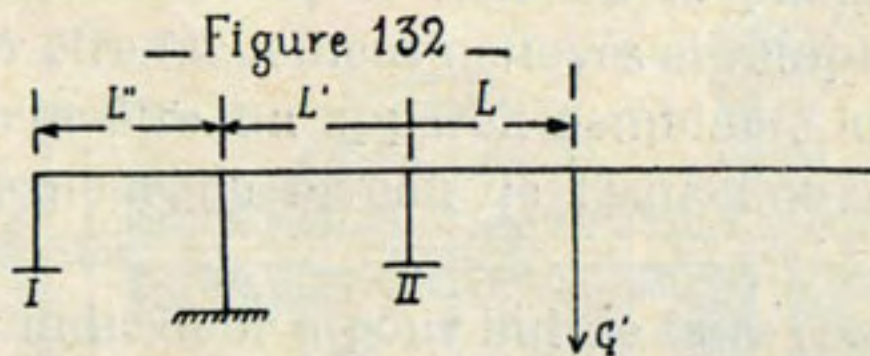
p = poids du disque, ressort, gaine.

L'équation des moments autour du point de rotation A donne :

$$p'l' = p''l'' + Gl$$

$$p' = p'' \frac{l''}{l'} + G \frac{l}{l'}$$

p'' et G tendant à faire tourner le levier en sens inverse de p' .



Cette équation montre que l' doit être différent de l'' car en général les soupapes sont identiques ; alors $p' = p''$.

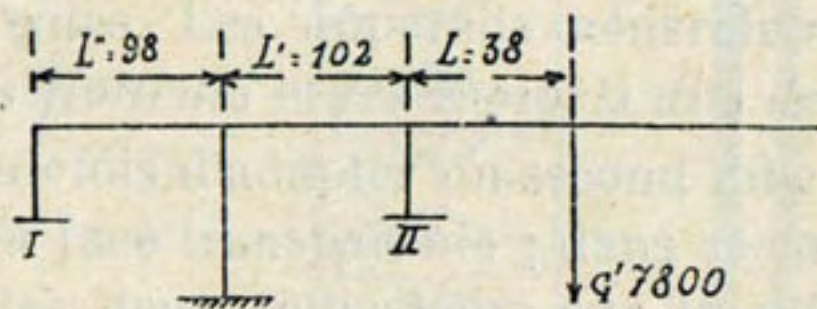


Fig. 133

Il résulte donc que l'effort dû au poids du levier intervient pour équilibrer la réaction p' du ressort II sur le levier.

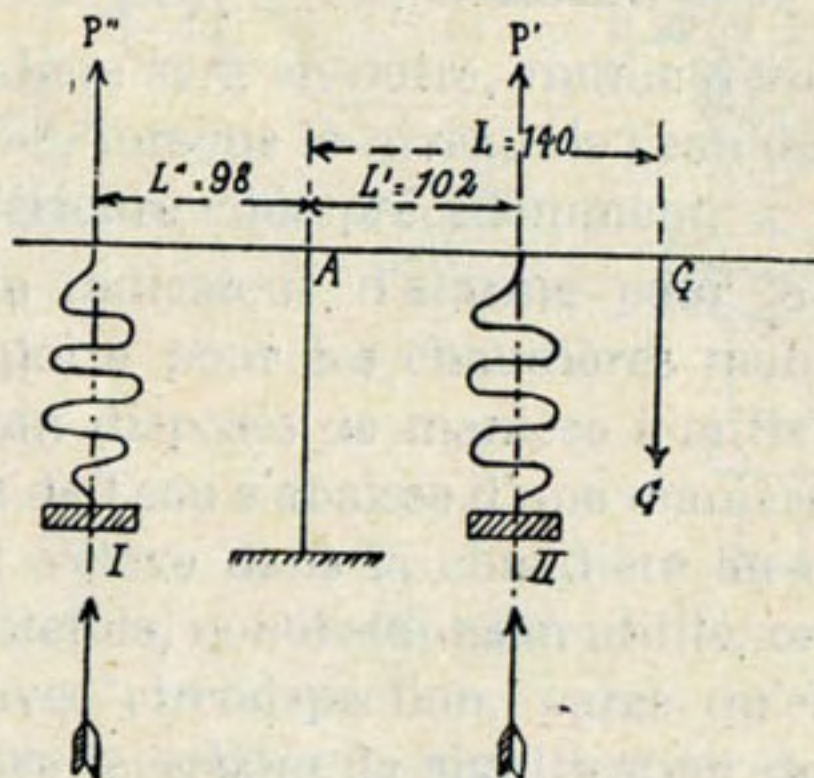


Fig. 134.

Appareils indicateurs du niveau d'eau. Règlement de police sur les machines à vapeur.

La limite inférieure du niveau de l'eau dans chaque chaudière est fixée par un décimètre au dessus du point le plus élevé des ciels de foyers, des carnaux, tubes ou conduits de la flamme et des gaz dans le fourneau.

Toute chaudière doit être munie de deux appareils indicateurs du niveau de l'eau, indépendants l'un de l'autre et autant que possible à vue et à portée du chauffeur.

L'un de ces indicateurs sera un tube en verre ou une boîte à face transparente disposée de manière que le niveau de l'eau s'y établisse à la même hauteur que dans la chaudière et puisse être *directement observée*, le tube ou la plaque transparente devront pouvoir être facilement nettoyés et remplacés. Le second indicateur pourra être un appareil semblable au précédent ou tout autre indicateur de niveau de l'eau d'un fonctionnement assuré.

Le deuxième indicateur a pour but de faire connaître la situation du niveau de l'eau, quand le premier cesse de fonctionner, soit à cause de l'obstruction des tubulures de communication avec le générateur, soit par suite du bris du tube en verre ou des parois transparentes. Les appareils généralement employés à cette fin sont *les flotteurs et les robinets dits de jauge*.

On permet toutefois d'adapter un second tube en verre ou une deuxième boîte à face transparente ; dans ce cas, il convient de ne pas greffer les deux indicateurs sur la même tubulure de communication avec la chambre d'eau du générateur, parce que l'obstruction éventuelle de cette tubulure par les boues tenues en suspension, *fausserait ou interromprait en même temps les indications des deux appareils*.

Chaque chaudière sera en outre, munie d'un *appareil destiné à donner l'alarme*, lorsque le niveau de l'eau descend au dessous de la limite inférieure citée précédemment.

L'emploi d'un indicateur d'alarme pour le niveau de l'eau n'est pas obligatoire pour les chaudières mobiles. Certains de ces appareils sont disposés de manière à siffler, non seulement quand le niveau de l'eau s'abaisse d'une manière anormale, mais encore quand il s'élève dans la chaudière au dessus d'une certaine limite ; toutefois, nonobstant son utilité, on n'adoptera cette disposition qu'avec circonspection, parce qu'elle offre l'inconvénient de rendre incertaine la signification des avertissements donnés et, par suite, d'atténuer l'efficacité des sifflets d'alarme au point de vue de la sécurité. Trop souvent, les appareils d'alarme imparfaitement réglés ne fonctionnent que lorsque le niveau de l'eau est descendu sensiblement en dessous du niveau normal.

Dans les chaudières à foyers intérieurs, un bouchon fusible sera fixé au point le plus élevé des tôles de chaque foyer, à l'effet de donner issue à la vapeur dans le cas où ces tôles

seraient, en ce point, chauffées à sec. Le bouchon fusible est simplement taraudé dans la tôle, afin de faciliter son remplacement, l'intérieur en est taraudé et étamé pour mieux maintenir le plomb que l'on y coule.

Les articles précédents tracent les règles à suivre pour éviter un abaissement anormal du niveau de l'eau dans la chaudière :

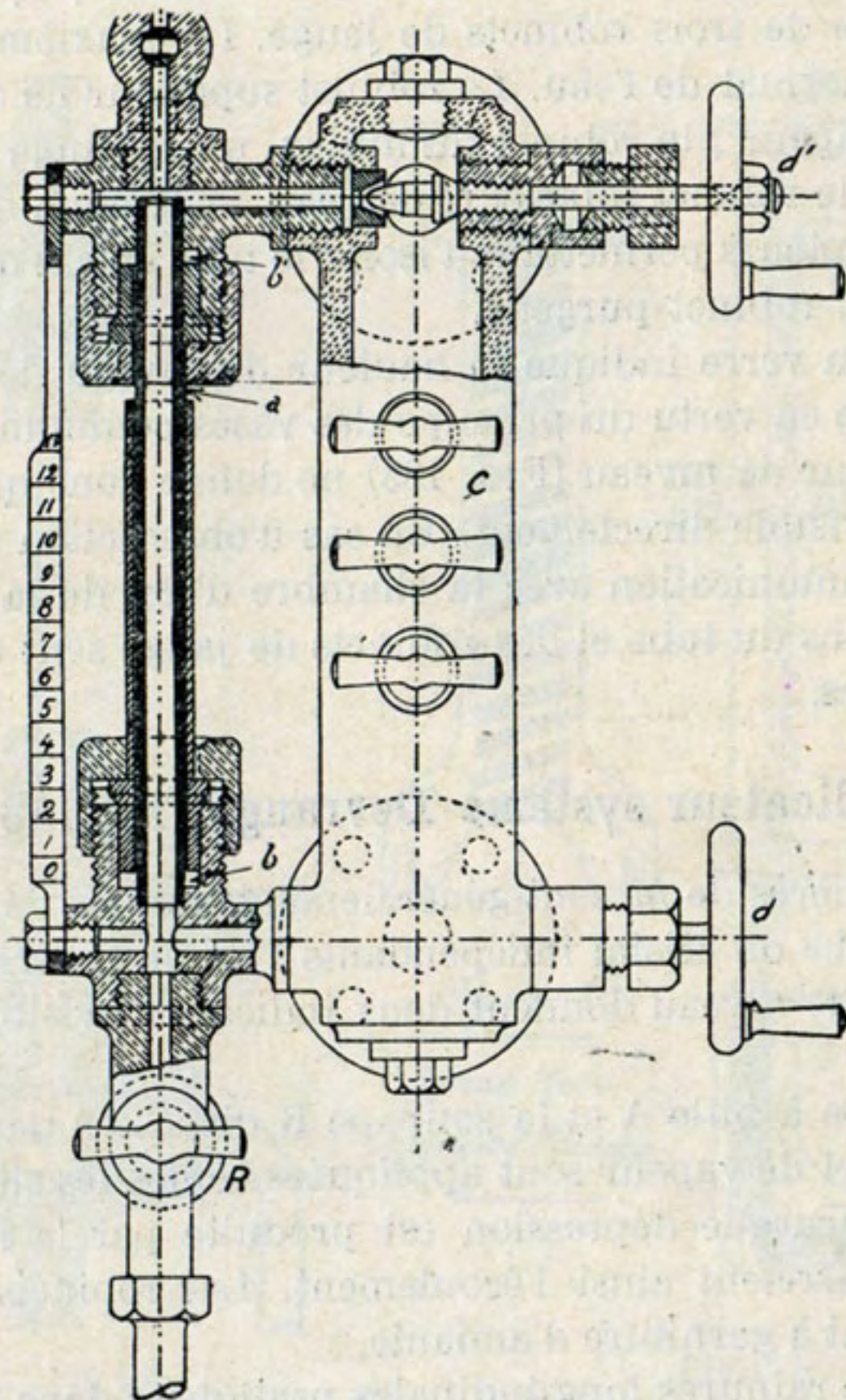


Fig 135.

on sait que dans cette occurrence, les tôles chauffées à sec sont exposées à rougir, à perdre de leur ténacité, à se déformer, à se fendre et à se rompre plus ou moins brusquement en donnant lieu selon les circonstances qui accompagnent la rupture, à des accidents plus ou moins graves.

Mais ces éventualités ne sont pas les seules dont il faille se préoccuper : à la température de 500° (avant que les colorations lumineuses se produisent) le fer subit une diminution de résistance équivalente au 1/2 de sa résistance à froid.

D'autre part, une chauffe trop active du métal produit des détériorations : fentes, crevasses, etc., qui en altèrent aussi la résistance.

La hauteur de l'eau dans la chaudière peut être vérifiée à tout instant par le machiniste ou par le chauffeur à l'aide de l'indicateur de niveau d'eau (FIG. 135).

A, tube indicateur ; *b*, *b'* bourrages du tube ; C, colonne en fonte munie de trois robinets de jauge. Le deuxième se trouve au niveau normal de l'eau. Le robinet supérieur ne doit donner que de la vapeur ; le robinet du milieu, un mélange d'eau et de vapeur ; et le robinet inférieur, de l'eau seulement. *d* et *d'* robinets interrupteurs permettant d'isoler le tube en cas de bris de ce dernier ; R, robinet purgeur.

Le tube en verre indique la hauteur du niveau de l'eau dans la chaudière en vertu du principe des vases communicants.

L'indicateur de niveau (FIG. 135) ne donne donc qu'une seule indication visible directement. En cas d'obstruction de la tubulure de communication avec la chambre d'eau de la chaudière, les indications du tube et des robinets de jauge sont faussées ou interrompues.

Indicateur système Devrange (FIG. 136)

Les chaudières de *hl* sont généralement munies de deux indicateurs à tube de cristal indépendants l'un de l'autre. Ces deux indicateurs de niveau donnent deux indications visibles directement.

La soupape à bille A et la soupape B disposées dans les courants d'eau et de vapeur sont appliquées contre les sièges C et D lorsqu'une brusque dépression est produite par la rupture du tube, elles arrêtent ainsi l'écoulement. Les robinets interrupteurs EF sont à garniture d'amiante.

Les quatre rainures longitudinales pratiquées dans le boisseau sont remplies d'amiante qui donne une bonne étanchéité avec un faible serrage laissant les robinets libres dans les boisseaux. La longueur du tube sera bien déterminée afin que les bourrages GH ne bouchent le tube.

Garde-tube système Flamme (FIG. 137)

Il est formé de glaces épaisses fixées dans une armature en laiton. Une tôle émaillée à rayures noires sur fond blanc, rayures inclinées à 45° sur la verticale, se trouve du côté de la tôle du foyer. Elle rend le niveau de l'eau très apparent.

Bouchon de lavage et bouchon fusible (FIG. 138 et 139).

$$R - r = 1$$

$$\text{-----} = \text{---}$$

$$l = 20$$

$$R - 22,5 = 1$$

$$\text{-----} = \text{---}$$

$$55 = 20$$

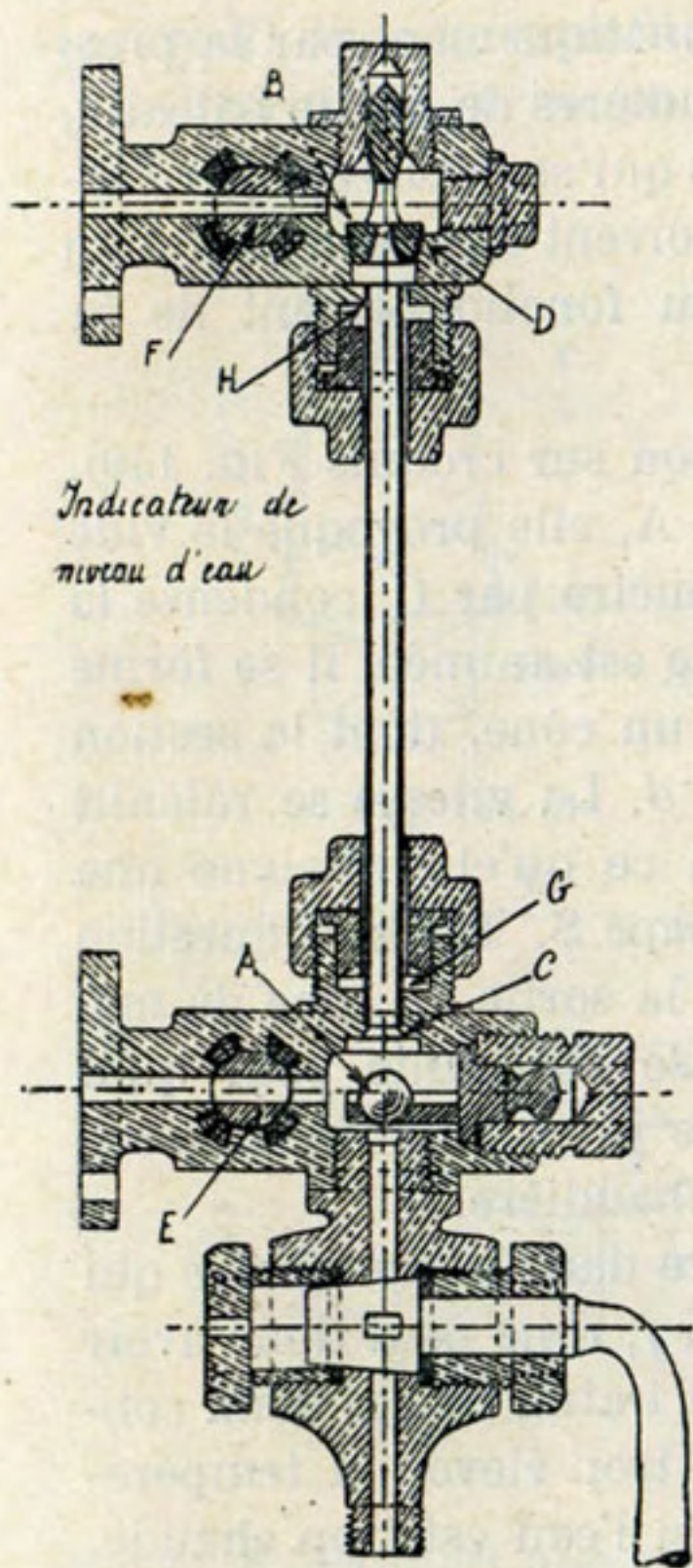


Fig 136.

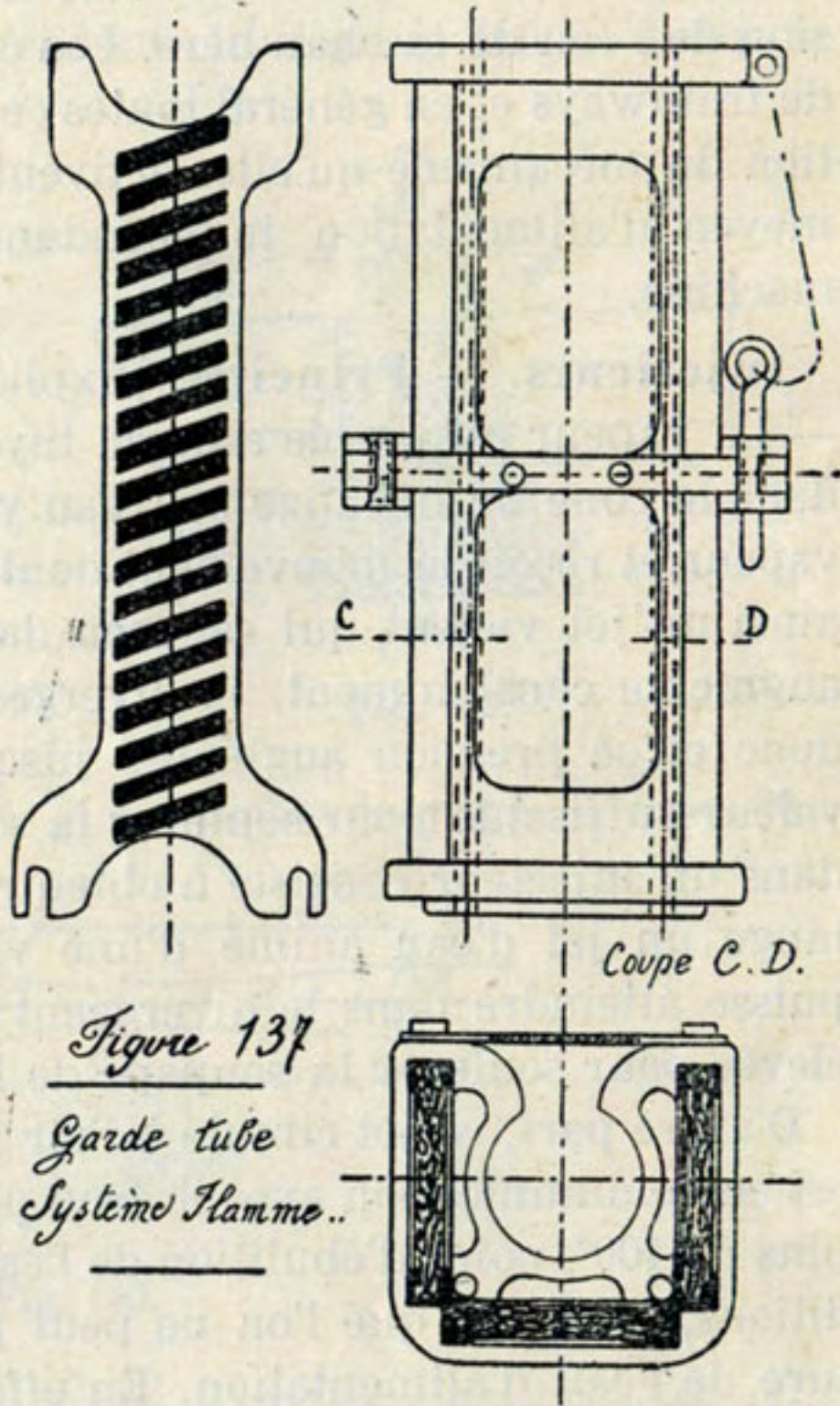


Figure 137
Garde tube
Systeme Flamme..

Fig 137.

$$55$$

$$R - 22,5 = \text{---}$$

$$20$$

$$55$$

$$R = \text{---} + 22,5$$

$$20$$

$$R = 2,75 + 22,5$$

$$R = 25,25$$

$$D = 25,25 \times 2$$

$$D = 50,5 \text{ m/m.}$$

La figure 138 représente un bouchon fusible confectionné et monté dans de bonnes conditions pour le rendre d'une efficacité certaine.

Injecteurs 140

Chaque chaudière doit être munie d'un moyen d'alimentation d'eau d'un effet assuré. Le tuyau d'alimentation devra porter à proximité de la chaudière une soupape ou un clapet de retenue, disposés de manière à se fermer automatiquement par la pression de l'eau de la chaudière. Les chaudières de *hl*, de bateaux, de tramways et en général toutes celles qui se déplacent par l'action du mécanisme qu'elles activent, doivent être pourvues d'un moyen d'alimentation indépendant du fonctionnement de la machine.

X **Injecteurs. — Principe.** (Explication sur croquis FIG. 140). — La vapeur est lancée dans la tuyère A, elle provoque le vide dans le cône de mélange *b*. L'eau y pénètre par C, condense la vapeur et reçoit le mouvement dont elle est animée, il se forme ainsi un jet violent qui est reçu dans un cône, dont la section augmente constamment, le divergeant *d*. La vitesse se ralentit donc et sa pression augmente jusqu'à ce qu'elle atteigne une valeur suffisante pour soulever la soupape S. Toute la question dans un injecteur consiste à obtenir, à la sortie du cône de mélange un jet d'eau animé d'une vitesse suffisante pour qu'il puisse atteindre dans le divergeant une pression suffisamment élevée pour soulever la soupape de la chaudière.

D'autre part, ce jet circule à l'air libre dans la chambre *e* qui est en communication avec le trop plein *f*, il ne peut donc avoir plus de 100°, point d'ébullition de l'eau à 1 atm. De ces deux conditions, il résulte que l'on ne peut pas trop élever la température de l'eau d'alimentation. En effet, si l'eau est trop chaude, il faudra beaucoup d'eau pour condenser la vapeur et obtenir un jet qui ne bout pas, mais alors le jet n'ira pas assez vite, la pression ne sait pas s'élever dans le divergent et la soupape d'alimentation ne se lève pas. Moins on lance d'eau, ce qui pourra se faire d'autant mieux qu'elle sera plus froide, et plus le jet est rapide et plus haute sera la pression qu'il pourra vaincre.

Les injecteurs se divisent en deux grandes classes :

1° **Les injecteurs aspirants ;**

2° **Les injecteurs non aspirants.**

Les premiers peuvent se trouver à un niveau supérieur à celui du robinet de prise d'eau du tender.

Les seconds sont montés en charge, l'eau arrive dans ces injecteurs, dès que le robinet de prise d'eau du tender est ouvert.

Les injecteurs aspirants

Injecteur Giffard (FIG. 141). (Explications sur croquis). — *a*, prise de vapeur ; *b*, bourrage ; *c*, trous d'admission de la vapeur dans la tuyère ; *d*, tuyère ; *e*, flèche réglant l'admission de vapeur ; *f*, prise d'eau ; *g*, cône de mélange ; *h*, cône divergent ; *i*, trop plein ; *j*, soupape de retenue ; *kl*, bourrages ; *m*, manivelle de la flèche *e* ; *n*, poignée servant à régler la position de la tuyère *d*, donc la quantité d'eau.

En vertu du principe précédent, la vapeur lancée dans la

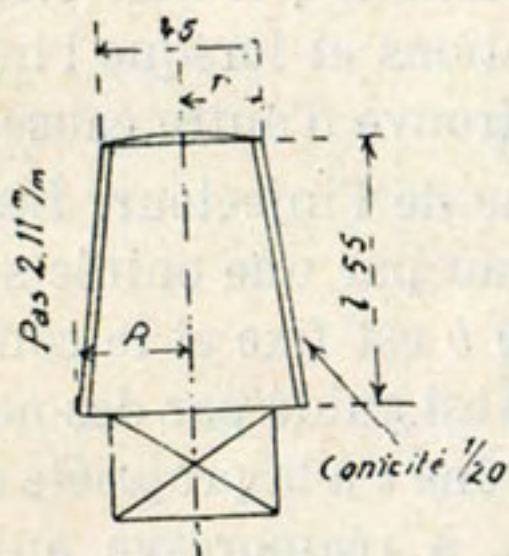


Fig. 138.

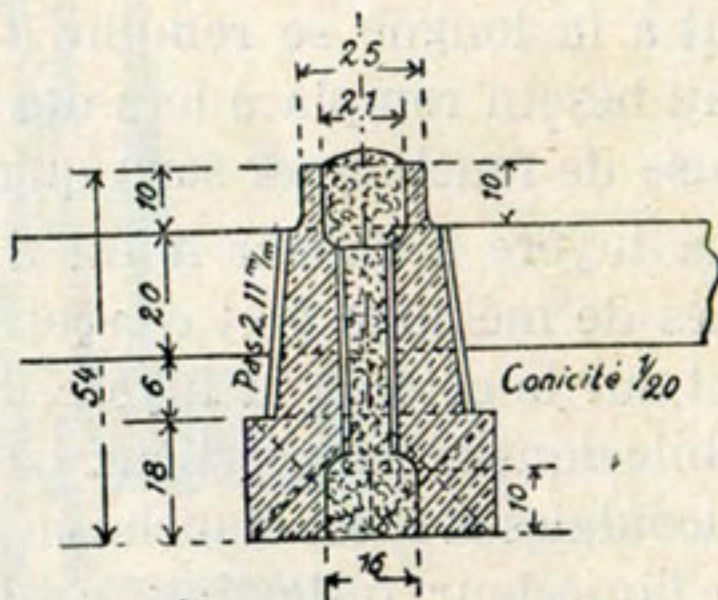


Fig. 139.

Bouchon fusible $\frac{R - r}{l} = 1/20$

Bouchon de lavage $\frac{R - r}{l} = 1/20$

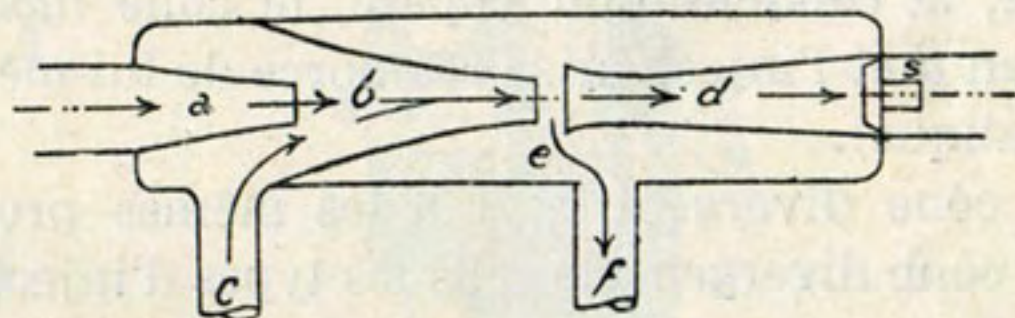


Fig. 140.

tuyère *d*, acquiert une grande vitesse, elle provoque le vide dans le cône de mélange *g*, l'eau est aspirée et pénètre dans le cône de mélange par l'ouverture *f*.

L'eau condense la vapeur et elle reçoit le mouvement dont la vapeur était animée. Il se forme un jet violent qui est reçu dans le divergent *h*. La vitesse de ce jet se ralentit mais sa pression augmente jusqu'à ce qu'elle atteigne une valeur suffisante pour soulever la soupape *j*.

Comme la section du divergent va en augmentant graduellement, la vitesse du jet va en diminuant mais ce qu'il perd en vitesse, l'eau le gagne en pression.

Les quantités d'eau et de vapeur sont réglées respectivement par les manivelles *m* et *n*.

242

L'injecteur Gresham (FIG. 441). — L'injecteur Gresham est remarquable par la réunion en une pièce unique de la prise de vapeur, de l'injecteur même, et de la chapelle de refoulement, pièces qui sont ordinairement distinctes et réunies par des tuyaux plus ou moins longs et contournés. Cet injecteur qui est aspirant, se monte sur la face arrière de la chaudière; les seuls tuyaux extérieurs qu'il comporte, le relie au tender et servent au dégagement du trop plein. A l'intérieur de la chaudière, il y a deux tuyaux, un qui amène la vapeur sèche et l'autre qui conduit l'eau vers l'avant de la chaudière. Ce dernier tuyau peut à la longue se remplir d'incrustations; il doit être visité et au besoin remplacé lors des réparations et lorsque l'injecteur refuse de fonctionner sans qu'on en trouve d'autre cause.

La tuyère à vapeur *A* est à la base de l'injecteur. Les deux cônes de mélange *b* et *c* reçoivent l'eau par une entrée se trouvant sur le côté de la tuyère. Le cône *b* est fixe et le cône *c* est mobile dans le sens vertical. Le cône *c* est guidé par des nervures hélicoïdales et il est étanche en *d*. Le cône *c* a la propriété de rendre l'injecteur *restarting*, c'est-à-dire, à réamorçage automatique. Quand l'injecteur se désamorce, le cône *c* se soulève et la vapeur passe au trop plein par l'ouverture en *d*.

L'écoulement de la vapeur rétablit le vide, l'eau est de nouveau aspirée, la condensation s'opère, le cône mobile *c* ferme l'ouverture en *d* et l'injecteur se réamorce de lui-même (réamorçage automatique).

Quant au cône divergent *e*, il a les mêmes propriétés qu'à d'ailleurs le cône divergent de tous les types d'injecteurs.

La tige de la soupape de retenue *f*, est aussi munie de rainures hélicoïdales qui sont favorables au fonctionnement et à l'étanchéité de la soupape.

La communication du trop plein avec le tuyau de vidange peut se fermer par un robinet quand on veut réchauffer l'eau du tender. La vis commandée par une tête carrée permet de fermer au moyen d'une soupape l'entrée du refoulement, en cas de dérangement de la soupape automatique de retenue; pour visiter cette soupape, il suffit de dévisser le plus petit des deux chapeaux placés en haut de l'injecteur.

Cette manœuvre est dangereuse quand la chaudière est en pression. La fermeture de la soupape à vis pouvant n'être pas complète. Le petit trou qui se trouve entre les deux robinets voisins placés vers le bas de l'injecteur, laisse écouler toute l'eau contenue dans l'injecteur, quand on ferme le robinet d'arrivée: on évite ainsi qu'il ne se remplisse d'eau chaude, de nature à en

Injecteur Giffard.

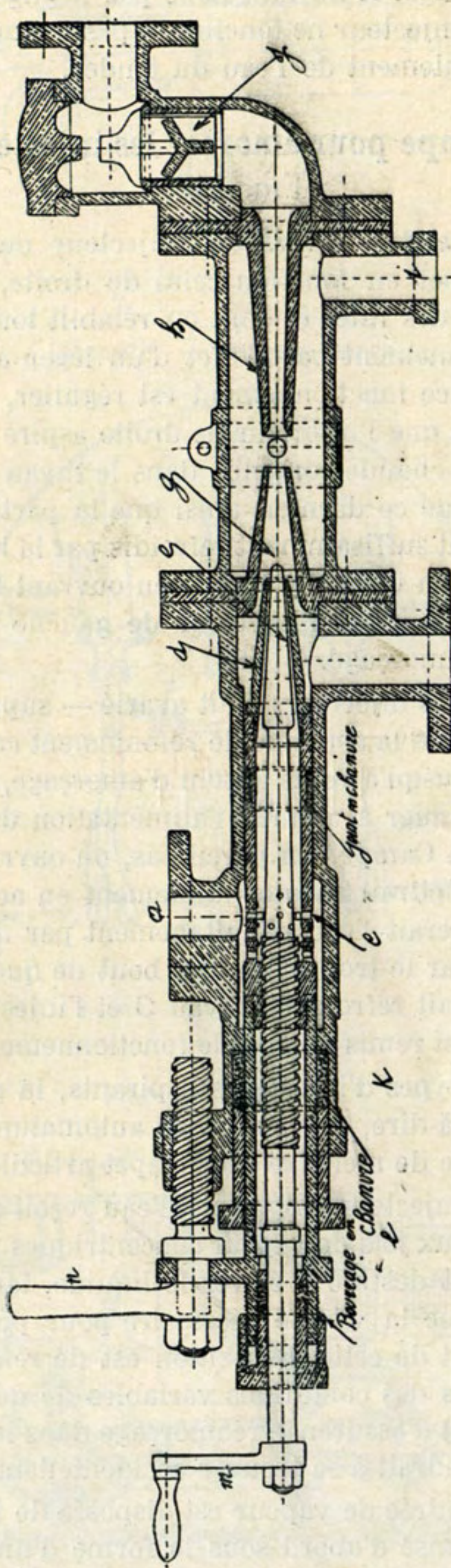


Fig. 141.

troubler l'amorçage. Il ne faut donc pas négliger de fermer ce robinet quand l'injecteur ne fonctionne pas, même si l'on n'a pas à craindre l'écoulement de l'eau du tender.

Dispositif Campe pour amorcer les injecteurs aspirants

FIG. 143.

Fonctionnement. — Lorsque l'injecteur de gauche refuse d'amorcer, on met en fonction celui de droite, qui est moins sujet à produire des ratés et dont on rétablit toujours promptement le fonctionnement par l'effet d'un léger arrosage à l'eau froide. Dès que ce fonctionnement est régulier, on peut ouvrir le robinet C afin que l'injecteur de droite aspire également, par le tuyau *d*, l'eau chaude contenue dans le tuyau d'aspiration de gauche G. Lorsque ce dernier, ainsi que la partie inférieure de cet injecteur, sont suffisamment refroidis par la lente circulation d'eau fraîche qu'on vient d'y établir en ouvrant le robinet C, on peut fermer celui-ci, car l'injecteur de gauche se trouve alors remis en état d'amorçage.

Enfin, si l'un des injecteurs était avarié — supposons celui de droite (par exemple la soupape de refoulement calée) et celui de gauche chauffé jusqu'à refus absolu d'amorçage, il serait encore possible de continuer à assurer l'alimentation de la chaudière, grâce à la liaison Campe. En pareil cas, on ouvrirait d'abord le robinet C ; on mettrait ensuite faiblement en action l'injecteur avarié, qui aspirerait l'eau simultanément par *d* et D, eau qui passerait toute par le trop plein. Au bout de quelques instants, l'eau afluée aurait refroidi le tuyau G et l'injecteur de gauche se trouverait ainsi remis en état de fonctionnement.

Dans certains types d'injecteurs aspirants, la propriété d'être Restarting, c'est-à-dire, à réamorçage automatique, est obtenue au moyen de cône de mélange avec clapet articulé, etc.

Dans d'autres injecteurs aspirants, l'eau reçoit successivement l'impulsion de deux jets de vapeur concentriques ; le premier est plus spécialement destiné à élever le liquide, tandis que le second, lui, imprime la vitesse nécessaire pour pénétrer dans la chaudière. Le but de cette disposition est de rendre l'injecteur automatique dans des conditions variables de débit et de pression de vapeur, et d'assurer le réamorçage dans le cas où l'écoulement d'eau viendrait à se trouver accidentellement arrêté.

La soupape d'entrée de vapeur est disposée de telle façon que la vapeur est admise d'abord sous la forme d'un jet annulaire qui aspire l'eau, puis en un jet central destiné à refouler le

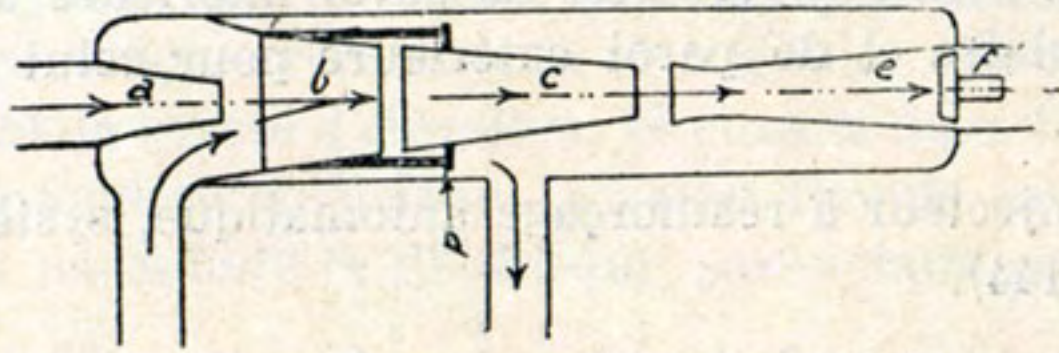


Fig. 142.

Dispositif. — Système Campe.

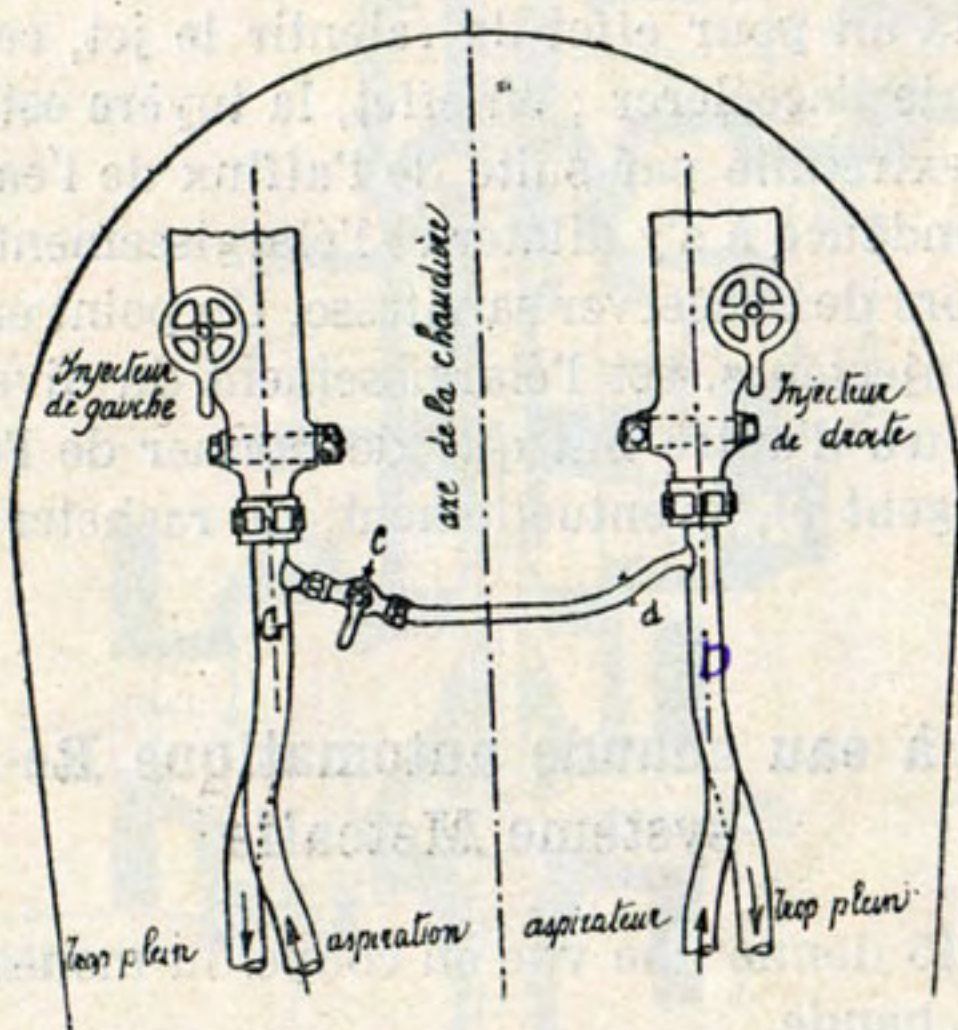


Fig. 143.

Injecteur Friedmann.

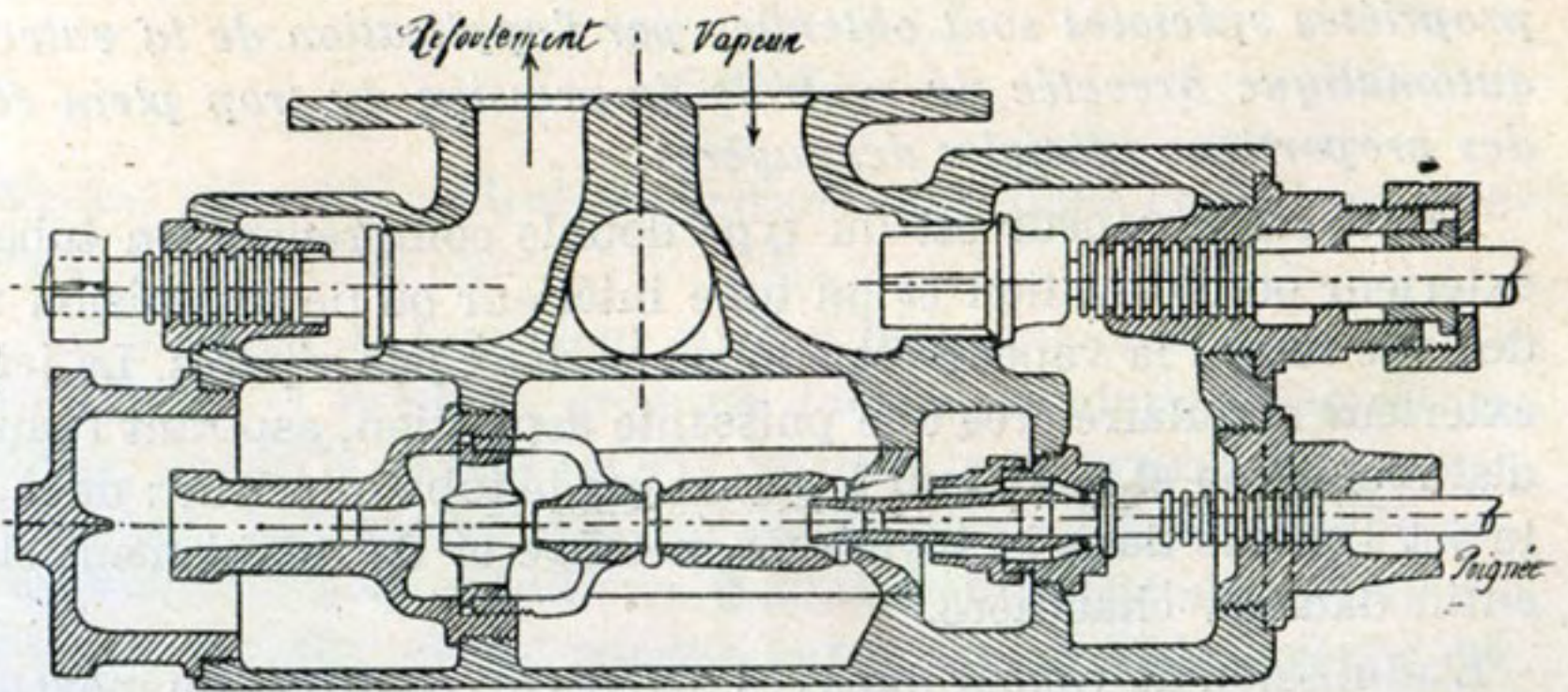


Fig. 144.

liquide. Une même tuyère sert de paroi intérieure au passage du jet annulaire et de paroi extérieure pour celui du jet de refoulement.

Tel est l'injecteur à réamorçage automatique, système Friedmann (FIG. 144).

De la distance entre la tuyère et les cônes de mélange, dépend le bon fonctionnement des injecteurs à une pression déterminée. Certains dispositifs réalisent le réglage à la main ; d'autres, le réalisent automatiquement.

Enfin, la tuyère de vapeur y est divergente, bien qu'à première vue cela ait pour effet de ralentir le jet, cela a, au contraire, l'effet de l'accélérer ; en effet, la tuyère est relativement froide à son extrémité par suite de l'afflux de l'eau. La vapeur donc a une tendance à s'y dilater et l'élargissement de la section lui permet alors de conserver sa vitesse. Un point encore à signaler dans les injecteurs, est l'élargissement du divergent vers le trop-plein, il n'a d'autre but que de donner de l'entrée au jet dans le divergent et, éventuellement, de racheter de petits décentremments.

Injecteur à eau chaude automatique Re-Starting, système Metcalfe

La figure 145 donne une vue en coupe du modèle actuel d'injecteur à eau chaude.

Les parties qui travaillent consistent comme d'habitude en trois tuyères : c'est-à-dire, la *tuyère à vapeur*, la *tuyère de mélange* et la *tuyère de refoulement ou décharge*. L'injecteur est de construction simple sans aucune complication mécanique, ses *propriétés spéciales sont obtenues par l'application de la valve automatique brevetée de contrôle de pression du trop plein et des proportions spéciales des tuyères*.

La tuyère à vapeur est du type double comprenant un tube extérieur ou d'élévation et un tube intérieur ou de propulsion : de cette façon, la vapeur est admise en deux jets séparés. Le jet extérieur annulaire crée une puissante aspiration, aspirant l'eau d'alimentation et la forçant à passer par le tube intérieur : de là, le jet l'envoie dans la tuyère de mélange et de refoulement et enfin dans la chaudière.

L'admission de vapeur dans ces tuyères est contrôlée au moyen d'une prise de vapeur qui est ajustée à l'extrémité de la tuyère à vapeur. L'extrémité de la valve de réglage est ajustée avec une

extension cylindrique s'ajustant dans le tube central de manière qu'en ouvrant légèrement la prise de vapeur, celle-ci est aussitôt admise dans la tuyère d'élévation, et ensuite dans la tuyère centrale en ouvrant complètement la valve. Depuis la tuyère d'élévation, un jet annulaire de vapeur passe dans cet espace en-

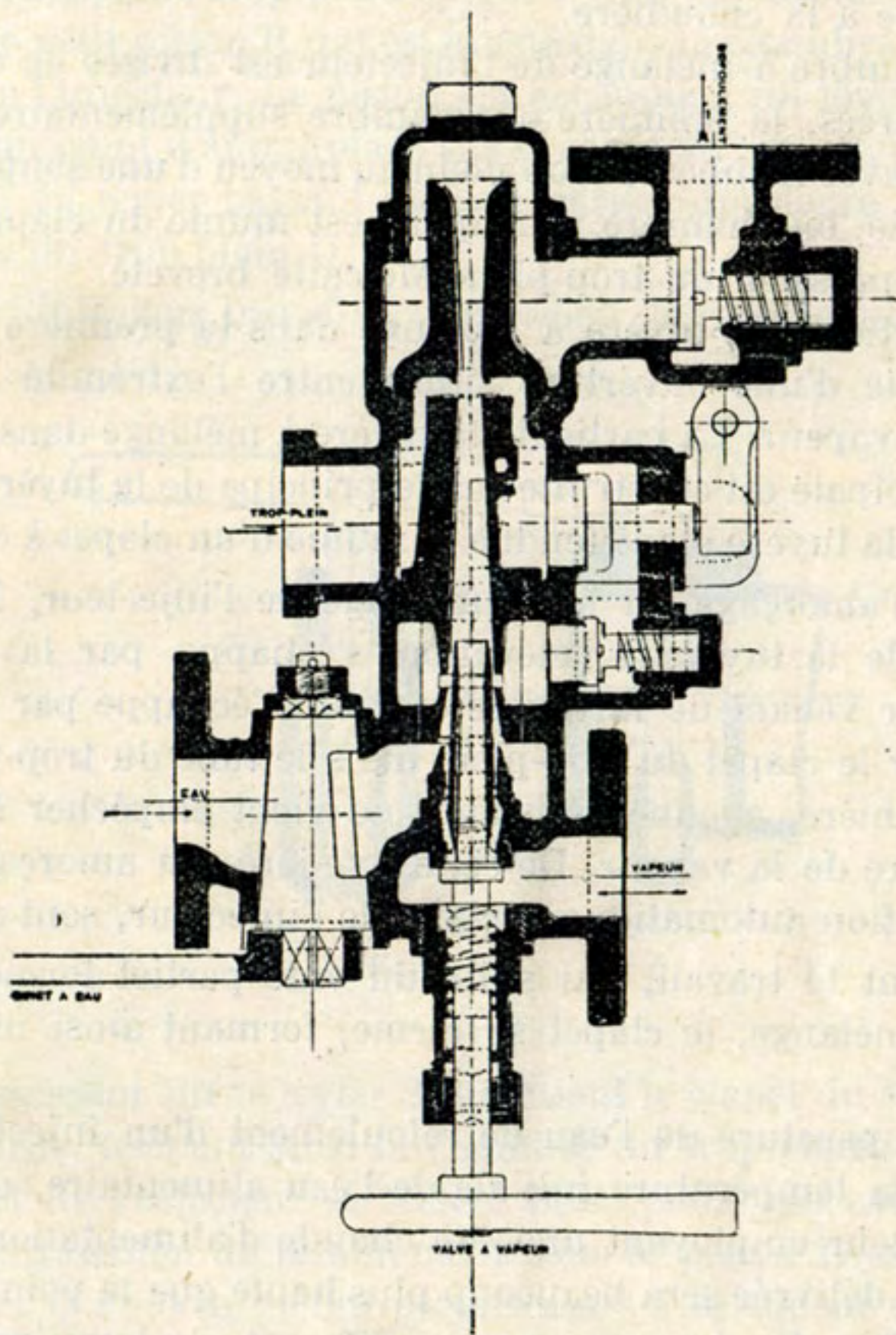


Fig. 145.

tourant la tuyère centrale en puisant ainsi dans l'approvisionnement d'eau alimentaire.

Les tuyères de l'injecteur sont si bien proportionnées qu'une aspiration est toujours produite dans la conduite d'aspiration, même, quand la vapeur est admise dans la tuyère centrale, ainsi, l'injecteur possède un réamorçage automatique pendant le travail sous toutes les conditions. Quand l'eau d'alimentation s'élève dans les tuyères, elle est poussée par la vapeur de la tuyère d'élévation : passée la tuyère centrale, la vapeur de ce tube lui donne une nouvelle impulsion et le jet passe le long de la tuyère de

mélange où la vapeur est condensée par l'eau et abandonne son énergie au jet combiné.

La tuyère à mélange est étudiée pour assurer un mélange complet de vapeur et d'eau avec une perte d'énergie aussi minime que possible. Dans ce cas, le jet d'eau chaude passe de la tuyère à mélange à la tuyère de refoulement à une très grande vitesse et ensuite à la chaudière.

La chambre à mélange de l'injecteur est divisée en deux parties séparées, la première ou chambre supplémentaire communiquant avec le tube du trop plein au moyen d'une soupape libre, la seconde, ou chambre principale, est munie du clapet de contrôle de pression du trop-plein Metcalfe breveté.

La partie de la tuyère à mélange dans la première chambre est munie d'une ouverture située entre l'extrémité des deux tubes de vapeur. La partie de la tuyère à mélange dans la chambre principale est construite sur le principe de la tuyère à clapet breveté, la tuyère étant fendue et munie d'un clapet à charnière.

Dans l'amorçage ou le réamorçage de l'injecteur, la vapeur venant de la tuyère à l'élévation s'échappe par la fente, et la vapeur venant de la tuyère centrale s'échappe par le clapet, de là par le clapet du trop-plein dans le tube du trop-plein : de cette manière, aucune résistance ne vient empêcher l'échappement libre de la vapeur. De cette manière, un amorçage rapide et une action automatique parfaite de l'injecteur, sont assurés.

Pendant le travail, par suite du vide partiel formé dans le tube à mélange, le clapet se ferme, formant ainsi une tuyère continue.

La température de l'eau de refoulement d'un injecteur varie suivant la température initiale de l'eau alimentaire, donc pour un injecteur employant une eau chaude d'alimentation, la température délivrée sera beaucoup plus haute que le point d'ébullition (100° cent.) et avec une eau à 60° cent., la température délivrée serait de 130° cent. Avec ces hautes températures, on obtient une pression correspondante dans la chambre principale du trop-plein, c'est pourquoi un trop plein fermé est nécessaire, autrement le jet irait se perdre dans le trop-plein.

Tous les systèmes de fermeture à main du clapet du trop-plein sont trop dangereux, car l'injecteur exige alors une constante attention et une manipulation très délicate, et si le jet se brisait pour une cause quelconque, la vapeur serait incapable d'échapper dans le trop-plein et serait refoulée dans le réservoir d'eau et par manque de contrôle, l'eau d'alimentation deviendrait trop chaude pour l'injecteur.

Un clapet de trop-plein fonctionnant automatiquement est, par ce fait, nécessaire et le type breveté Metcalfe de contrôle de pression est sans aucun doute la meilleure méthode absolument sûre qui ait été inventée jusqu'à présent.

La figure 145¹ représente une vue de cet appareil, il consiste en une soupape de trop-plein Q qui ferme la chambre du trop-plein et le petit piston R qui est ajusté dans la chambre de refoulement de l'injecteur. Le piston est accouplé à un levier S pivotant sur un point d'appui placé sur le corps de l'injecteur, l'autre extrémité du levier passant dans la partie supérieure de la tige du clapet du trop-plein Q.

Quand l'injecteur travaille, la pression de refoulement sous le

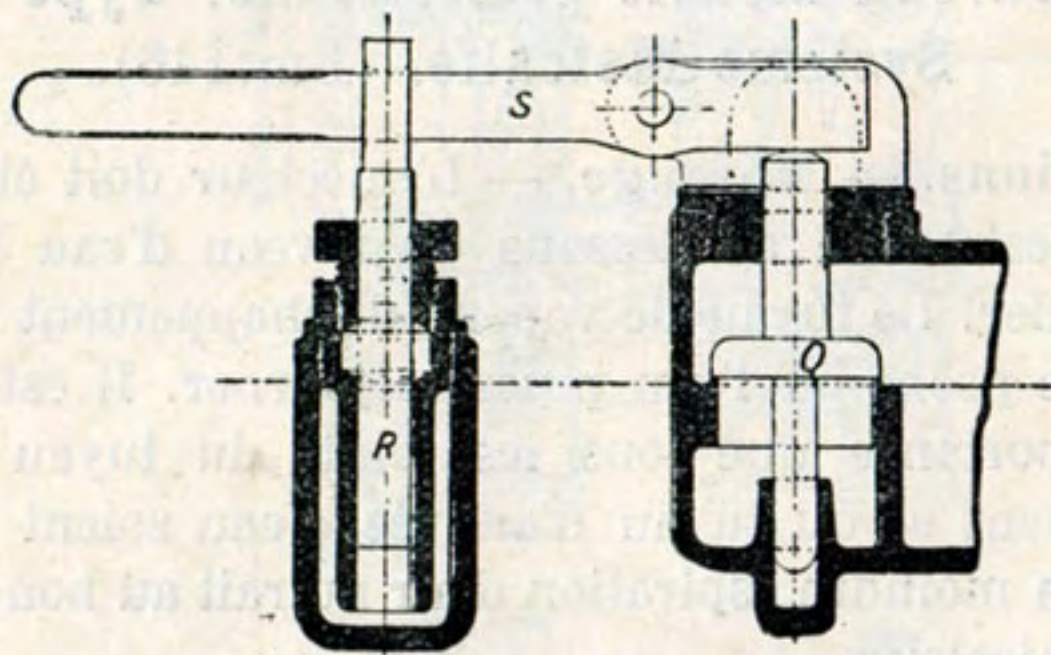


Fig. 145¹.

piston R agissant sur le levier S maintient le clapet du trop-plein sur son siège, fermant ainsi la chambre du trop-plein.

Si le jet de l'injecteur se trouve brisé pour une cause quelconque, la pression de refoulement sous le piston R est réduite et le clapet Q s'ouvre, ce qui permet alors à la vapeur et à l'eau de s'échapper dans le trop-plein jusqu'à ce que l'injecteur soit réamorcé, la pression de refoulement alors augmente et agissant sous le piston R ferme de nouveau le clapet du trop-plein. C'est une méthode absolument rationnelle et sûre, car, pas la moindre quantité de vapeur n'est refoulée dans le réservoir d'alimentation, et l'action étant parfaitement automatique, l'injecteur ne demande aucune attention.

Une autre particularité de l'injecteur, est le passage supplémentaire d'eau reliant la conduite d'eau à la deuxième chambre de trop-plein.

Un vide considérable est formé à l'ouverture placée à la partie la plus basse de la chambre, il est utilisé pour aspirer un appro-

visionnement additionnel d'eau, pour augmenter le refoulement de l'injecteur et fortifier le jet.

Un clapet est placé dans ce passage pour empêcher la vapeur de retourner dans la conduite d'eau au moment de l'amorçage.

L'injecteur est absolument simple à manipuler et ne demande pas le moindre apprentissage. Pour amorcer l'injecteur, il suffit d'ouvrir le robinet d'eau et la prise de vapeur.

L'amorçage est très rapide, c'est pourquoi il n'y a aucune perte d'eau ni de vapeur et une fois en route on peut être sûr qu'il travaillera régulièrement sans la moindre attention.

Injecteur à vapeur d'échappement pour locomotives Nouveau modèle perfectionné. Type F. Système Metcalfe. (FIG.146).

Instructions. — Montage. — L'injecteur doit être fixé non aspirant, c'est-à-dire au dessous du niveau d'eau le plus bas dans le tender. Le tuyau de vapeur d'échappement ne doit former aucune poche où l'eau puisse séjourner. Il est de la plus grande importance que tous les joints du tuyau de vapeur d'échappement et du tuyau d'arrivée d'eau soient absolument étanches ; la moindre aspiration d'air nuirait au bon fonctionnement de l'injecteur.

L'embouchure du tuyau d'eau d'alimentation dans le tender doit être protégée par un tamis à mailles très fines de façon qu'aucune matière étrangère ne puisse y pénétrer.

Fonctionnement. — Pour amorcer l'injecteur : ouvrir le robinet d'eau sur le tender, puis ouvrir la valve de vapeur d'échappement, ensuite ouvrir le robinet de vapeur vive supplémentaire A. Si la poignée du régulateur d'eau est dans la position voulue, l'injecteur doit amorcer immédiatement. S'il y a trop-plein : modifier la position de la poignée du régulateur d'eau, jusqu'à ce que le trop-plein cesse. Il est à noter que le régulateur d'eau ne sert qu'à régler la quantité d'eau arrivant à l'injecteur et non à fermer complètement l'arrivée d'eau.

Pour maintenir l'injecteur en fonctionnement, lorsqu'on ferme le régulateur, et pour éviter le désamorçage, il faut avoir soin d'ouvrir la valve de vapeur vive auxiliaire B avant de fermer le régulateur, et ne pas toucher à la valve de vapeur vive supplémentaire A.

La vapeur auxiliaire remplace tout simplement la vapeur d'échappement.

Pour amorcer l'injecteur pendant les stationnements de la locomotive : ouvrir le robinet d'eau sur le tender, ouvrir ensuite la valve de vapeur vive supplémentaire A, enfin ouvrir graduel-

Injecteur Metcalfe.

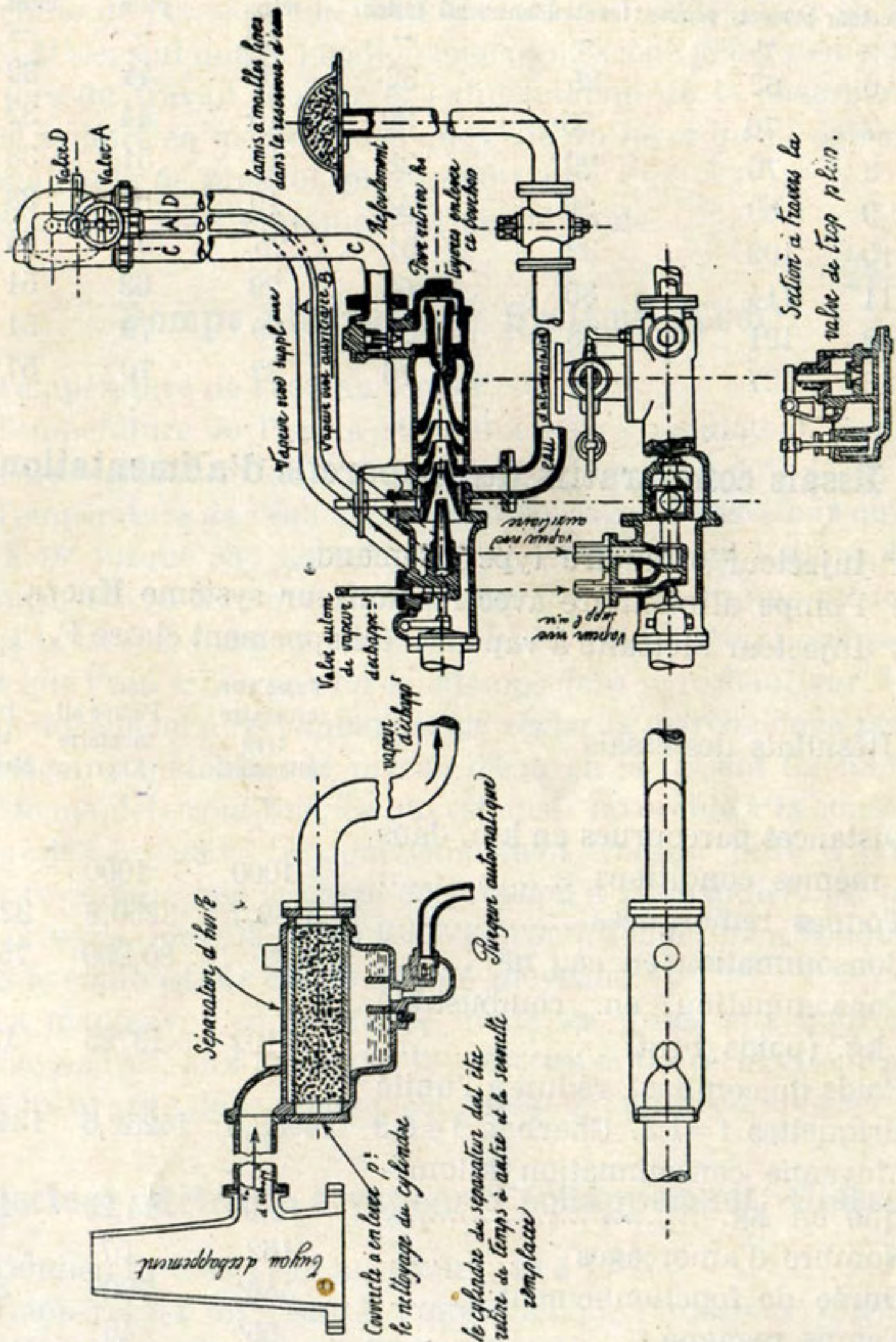


Fig. 146.

lement la valve de vapeur vive auxiliaire B jusqu'à ce que l'injecteur s'amorce.

Il est préférable de fermer la valve de vapeur d'échappement quand l'injecteur ne fonctionne pas à la vapeur d'échappement. Ceci pour éviter l'usure de cette valve.

Diamètre des tuyaux

Diamètre intérieur des tuyaux en millimètres

Numéro d'injecteur	Vapeur d'échappement.	Vapeur vive pendant le stationnement.	auxiliaire pour le fonctionnement.	Eau d'alimentation.	Vapeur vive supplémentaire.	Trop plein.	Refoulement.
6	63	25	32	16	44	32	
7	70	25	32	16	44	32	
8	76	29	38	19	51	38	
9	89	29	44	19	51	38	
10	102	32	51	25	57	44	
11	114	35	63	29	63	51	
12	121	38	63	29	70	51	
13	127	38	76	32	70	57	

Essais comparatifs des appareils d'alimentation

- 1° Injecteur ordinaire type allemand.
- 2° Pompe alimentaire avec réchauffeur système Knorr.
- 3° Injecteur Metcalfe à vapeur d'échappement classe F.

Résultats des essais	Injecteur ordinaire type allemand.	Pompe alimentaire Knorr.	Injecteur Metcalfe.
Distances parcourues en km. dans les mêmes conditions	1000	1000	1000
Tonnes remorquées	3189,7	3250,8	3245,6
Consommation en eau m ³	82	80,250	75,600
Consommation en combustible en kg. (poids brut)	14102	13725	12836
Poids du combust. réduit à l'unité Briquettes 1=1,3. Charbon 1=0,8	14985,6	14252,5	13424,3
Moyenne consommation kilométrique en kg.	14,98	14,25	13,42
Nombre d'amorçages	162	57	50
Durée de fonctionnement	446'	786'	838'
Temps regagné	55'	46'	45'

La quantité d'eau consommée ne concerne que celle pour le parcours proprement dit abstraction faite de l'eau dépensée pendant les stationnements etc. Pour le calcul du combustible utilisé, il n'est pas tenu compte de l'allumage de la locomotive, mais il est tenu compte de la quantité nécessaire pour le nettoyage du feu.

Injecteur ordinaire. Type allemand.

Température de l'eau prise au tender, 16°.

Température de l'eau à l'introduction, 68°.

Pendant le fonctionnement de l'injecteur et le travail moteur, la chute de pression à la chaudière est de 1 atmosphère en 1' 1/2 à 2'. Il s'ensuit que le fonctionnement n'excède généralement pas 2' lors du travail moteur et l'alimentation de la chaudière ne peut se faire en même temps que celle du foyer qu'au détriment d'une chute de pression plus importante.

Son débit n'est pratiquement pas réglable.

Pompe alimentaire. Système Knorr.

Voir page 7

Température de l'eau au tender, 16°.

Température de l'eau à l'introduction, à régulateur fermé et fonctionnement de la pompe Westinghouse, 45 à 50°.

Température de l'eau à l'introduction avec modérateur ouvert, 70 à 78° jusque 88°. La température varie suivant l'allure de la pompe, c'est-à-dire que plus la marche de la pompe est lente, plus la température de l'eau est élevée, ce qui s'explique par le fait que l'eau séjourne plus longtemps dans le réchauffeur. Il est donc fortement à recommander de régler la marche de la pompe de façon à maintenir le niveau d'eau en la faisant fonctionner d'une manière continue, ce qui est aussi favorable à la conservation des organes. Le fonctionnement continu peut d'autant mieux se faire que la chute de pression à la chaudière est nulle ou presque, lorsque le feu est bien conditionné, bien conduit et que le combustible est de qualité moyenne.

La manœuvre en est facile, mais les fuites aux bourrages des cylindres, aux joints des tuyauteries et du réchauffeur ainsi que les avaries de la pompe, etc., mettent l'appareil hors service.

Injecteur Metcalfe à vapeur d'échappement. Classe F.

Température de l'eau au tender, 16 à 17°.

Température de l'eau à l'introduction, l'injecteur fonctionnant avec son plus grand débit, 65°.

Fonctionnant avec son débit minimum, 77°.

Pendant le travail du moteur et le fonctionnement de l'injecteur, il n'y a pas de chute de pression à la chaudière avec un feu bien conditionné, bien conduit avec un bon combustible. La pression se maintient facilement et peut même monter avec un combustible de très bonne qualité. Le fonctionnement de

l'injecteur peut donc être continu, son débit étant facilement réglable. Comme pour la pompe alimentaire, le débit est réglé de façon à compenser la dépense de la chaudière.

Jusqu'à la pression de 10 atmosphères à la chaudière, cet injecteur *fonctionne avec la vapeur d'échappement seule*.

Au delà de 10 atmosphères, la prise de vapeur vive supplémentaire doit être ouverte, mais d'une quantité très minime.

Conclusion. — Cet injecteur est nettement supérieur aux autres et l'économie réalisée est réelle ; cette économie dépasse celle obtenue par l'emploi de la pompe Knorr.

Principaux avantages de cet injecteur :

- 1° manœuvre facile ;
- 2° amorçages sûrs et très rapides, pertes d'eau très minimales ;
- 3° fonctionnement continu sans chute appréciable de pression ;
- 4° fonctionnement à toutes pressions ;
- 5° débit variable à volonté ;
- 6° fonctionnement avec la vapeur d'échappement seule jusqu'à 10 atmosphères.

Les injecteurs non aspirants.

On a cherché à réduire la complication des injecteurs en rendant *leurs parties fixes*. Généralement ils perdent de cette façon la propriété d'aspirer l'eau, inconvénient qui force à les placer plus bas que le niveau inférieur des soutes à eau. La commodité d'avoir les injecteurs à portée de la main a fait de l'aspiration un des buts les plus ardemment poursuivis par les constructeurs d'injecteurs simplifiés.

Injecteur Rongy. — Non aspirant (FIG. 147). Explications sur croquis.

a tuyère ; *b* et *c* cônes de mélange ; *d* divergeant ; toutes ces parties sont fixes ; *e* prise d'eau ; *f* trop-plein.

Quant à son fonctionnement, voir principe figure 140.

Le fonctionnement des injecteurs étant maintenant connu, par ces quelques exemples, nous ajouterons quelques développements pour établir la théorie de leur mode d'action.

Le débit d'un injecteur peut être représenté par la formule suivante : $Q = RS \sqrt{p}$; dans laquelle :

- Q, débit en litres par seconde ;
- R, coefficient variant de 0,9 à 1 ;
- S, section minimum du cône divergeant en cm ;
- p*, pression effective de la chaudière en atmosphères.

La vapeur s'échappant par la tuyère conique de l'injecteur, une certaine quantité d'eau vient s'y mélanger, la condense et forme un jet liquide composé de la masse d'eau et de celle de la vapeur et dont la vitesse sera d'autant inférieure à celle de la vapeur, que celle-ci représentera une plus petite partie de la masse totale en mouvement. Moins on lance d'eau, ce qui pourra se faire d'autant mieux qu'elle sera plus froide, et plus le jet est rapide et plus haute sera la pression qu'il pourra vaincre.

Les deux tableaux ci-après, qui résultent de l'étude mathéma-

Injecteur Rongy.

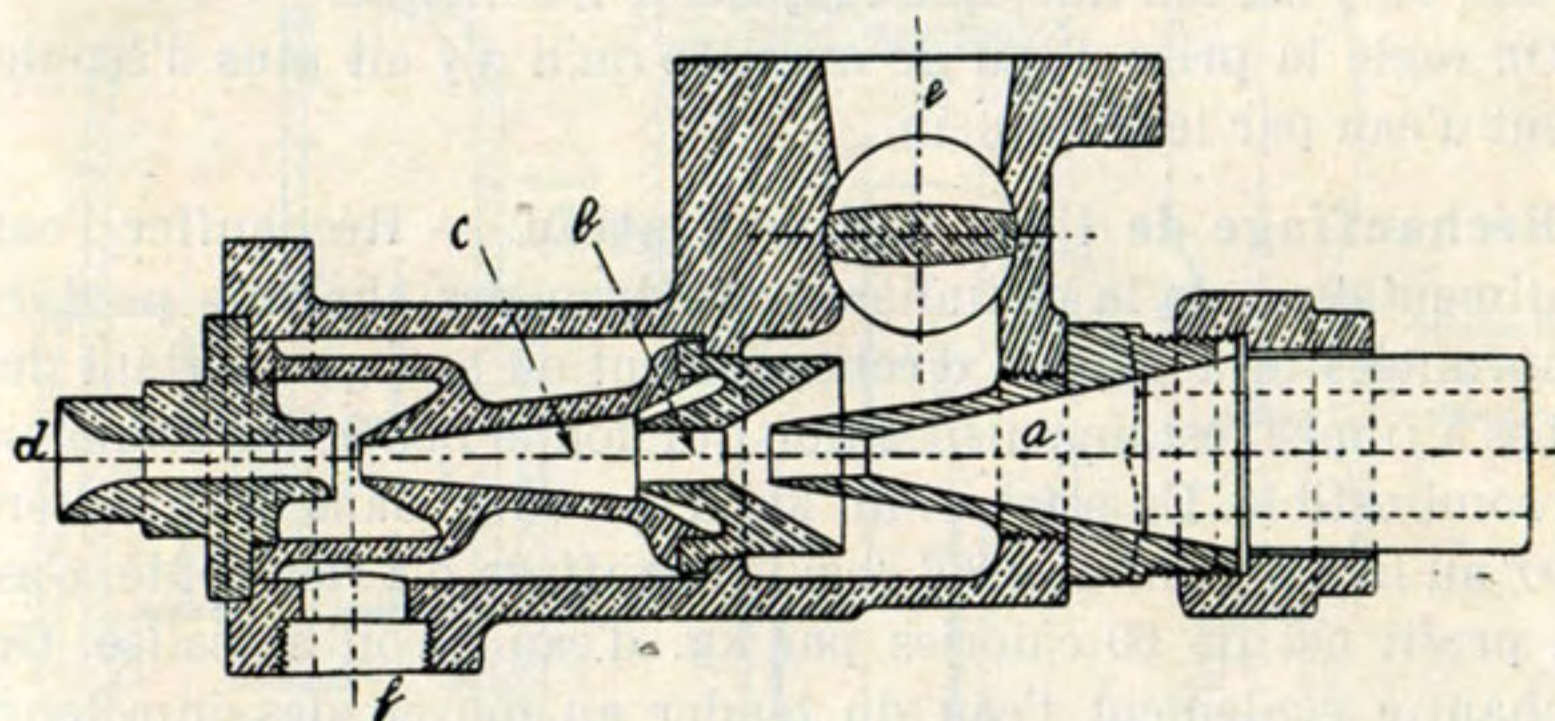


Fig. 147.

tique du fonctionnement de l'injecteur, montrent les variations rapides des diverses constantes dans les divers régimes de fonctionnement d'un injecteur.

Température de l'eau d'alimentation.	Température du mélange à la sortie du cône de mélange.	Fonds d'eau froide pour 1 kg. de vapeur.	Hauteur de refoulement en mètres.	Vitesse du jet en mètres.
15°	90°	6,6	530	102
	70°	9,3	294	77
	50°	13,6	143	53
	30°	25,7	43	29
40°	90°	9,4	283	75
	70°	14,8	122	49
	50°	31,5	29,4	24

La température de la vapeur étant de 165° (correspondant à 7 atm.). La vitesse du jet de vapeur 780 mètres.

Bien se pénétrer des conséquences de ces chiffres.

Ces tableaux montrent aussi que l'on peut parfaitement ali-

menter des chaudières à haute pression avec de la vapeur sortant de chaudières à basse pression.

Le rendement de l'injecteur pendant son fonctionnement est parfait, sauf les pertes par rayonnement. Ce n'est que la perte pendant l'amorçage qui cause l'abaissement de son rendement général.

Mise en marche d'un injecteur. — On ouvre la prise d'eau, ensuite la prise de vapeur. On règle cette dernière jusqu'à ce que l'eau est aspirée, on le reconnaît à ce qu'il en sort par le tuyau du trop-plein, l'amorçage a lieu en faisant un bruit particulier dû au choc de la vapeur et de l'eau, et qui permet de reconnaître, quand on y est habitué, que l'injecteur fonctionne.

On règle la prise d'eau de manière qu'il n'y ait plus d'écoulement d'eau par le trop-plein.

Réchauffage de l'eau d'alimentation. — Réchauffer l'eau d'alimentation de la chaudière au moyen des chaleurs perdues empruntées à la vapeur d'échappement ou aux gaz sortant des tubes à fumée, est une disposition qui donne lieu à une économie de combustible. En effet, si un kg. d'eau entre dans la chaudière à 90° au lieu d'y entrer à 30° et si le chauffage n'a rien coûté, c'est un profit net de 60 calories par kg. d'eau qu'on a réalisé. On réchauffe également l'eau du tender au moyen des injecteurs lorsque la chaudière fournit trop de vapeur, à la fin d'un service, etc. Malheureusement, les injecteurs aspirants ordinaires ne permettent d'alimenter en toute sûreté qu'avec de l'eau chauffée modérément:

Quant aux injecteurs non aspirants, ils permettent d'alimenter avec de l'eau à une température voisine de 49° C.

Tuyauterie des injecteurs

La prise de vapeur doit se faire dans le dôme de façon à éviter une des causes qui peut rendre la vapeur humide, cause de ratés. Le tuyau d'introduction débouche dans l'eau. En le faisant déboucher dans la vapeur, on a l'avantage de ne pas envoyer éventuellement de l'air dans l'eau (*corrosions par pustules*) les sels dissous dans l'eau se précipitent d'une façon pulvérulante et on évite en partie des incrustations dures.

Les causes qui peuvent entraver la bonne marche des injecteurs :

- 1° Eau d'alimentation trop chaude ;
- 2° Vapeur pas assez sèche ;

- 3° Présence d'incrustations ou de corps étrangers dans l'injecteur ou dans les tuyaux ;
- 4° Joints non étanches ou qui obstruent une partie de la conduite.
- 5° Rentrées d'air ;
- 6° Ruptures intérieures, cônes lâchés, usés ;
- 7° Injecteur trop chaud par tentatives d'amorçage infructueuses ;
- 8° Soupapes de retenue et de prise de vapeur non étanches ;

Pompe alimentaire. — Système Knorr.

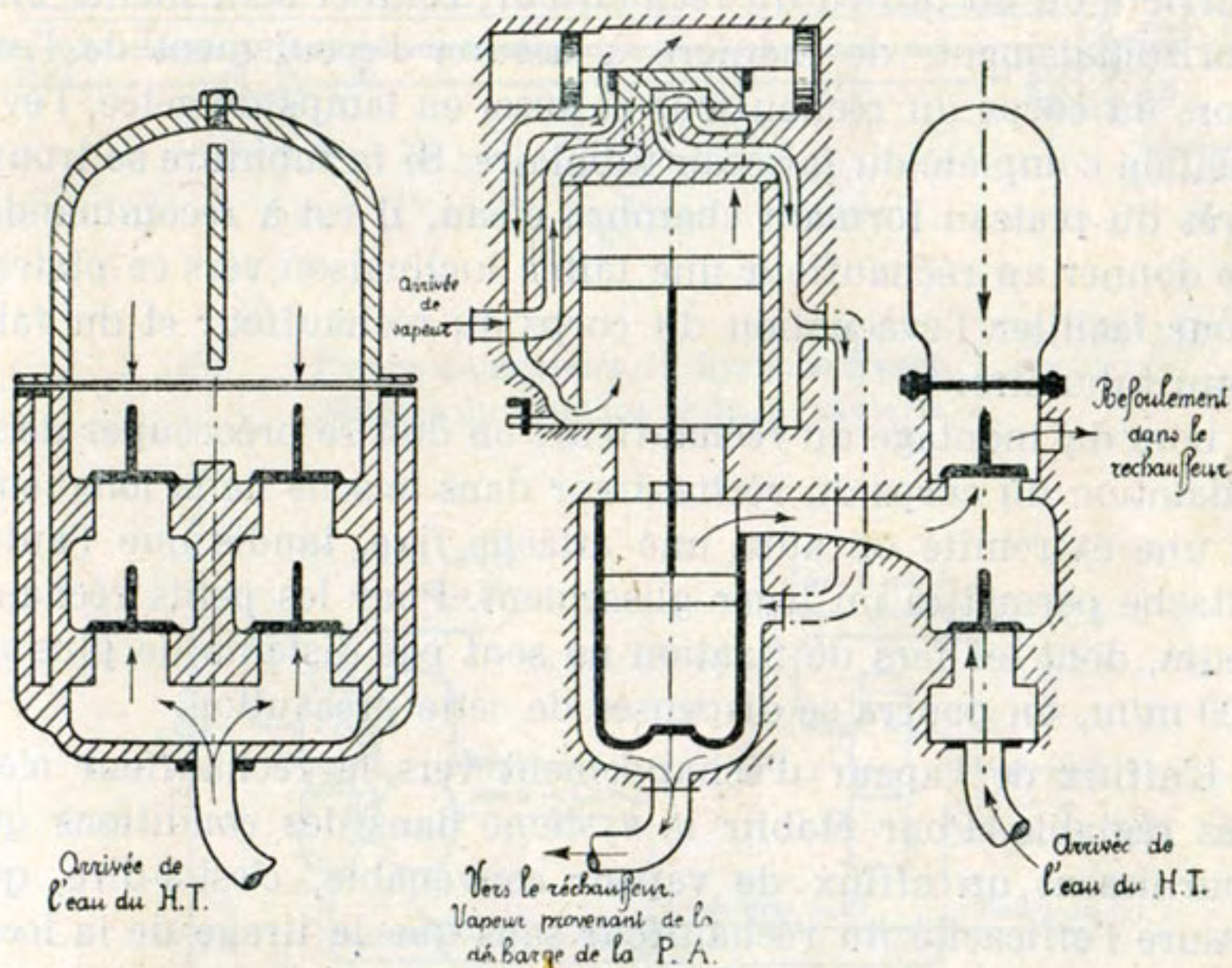


Fig. 143.

- 9. Mauvais état des bourrages dans l'injecteur Giffard ;
- 10° Oublis et fausses manœuvres, examiner au préalable s'il y a de l'eau dans le tender ; si la vanne de prise d'eau du tender est ouverte, si le robinet d'introduction est ouvert.

Réchauffeur d'eau d'alimentation utilisant une partie de la vapeur d'échappement

Le principe de l'appareil consiste à faire passer l'eau du tender, au moyen d'une pompe, dans un faisceau de tubes autour desquels circule une partie de la vapeur d'échappement. Un couvercle placé à chaque bout de l'appareil permet le nettoyage intérieur. L'eau peut être portée à une température voisine de 90°. L'alimentation est faite au moyen de pompes.

Montage, conduite et entretien des réchauffeurs d'eau d'alimentation pour locomotives, système Knorr.

(FIG. 148, 149, 150)

Montage. — Lorsque la pompe est installée en dehors de la marquise, il faut la monter de telle sorte que le corps de pompe se trouve en avant de la boîte à soupapes ; de cette manière le cylindre protège la boîte à soupapes contre le courant d'air pendant la marche.

Si la tubulure d'écoulement de l'eau condensée est placée à l'arrière ou au milieu du réchauffeur, celui-ci sera monté bien horizontalement, de manière à assurer l'écoulement de l'eau hors du corps du réchauffeur et aussi en temps de gelée, l'évacuation complète du faisceau tubulaire. Si la tubulure se trouve près du plateau formant chambre d'eau, il est à recommander de donner au réchauffeur une faible inclinaison vers ce plateau pour faciliter l'évacuation du corps du réchauffeur et du faisceau tubulaire.

Lors du montage du réchauffeur, on doit se préoccuper de la dilatation du corps du réchauffeur dans le sens de la longueur. A une extrémité on aura une attache fixe, tandis que l'autre attache permettra un léger glissement. Pour les petits réchauffeurs, dont les fers de fixation ne sont pas distants de plus de 500 m/m, on pourra se dispenser de cette précaution.

L'afflux de vapeur d'échappement vers le réchauffeur n'est pas réglable. Pour établir le système dans des conditions qui fournissent un afflux de vapeur convenable, c'est-à-dire, qui assure l'efficacité du réchauffeur sans que le tirage de la locomotive ne soit réduit sensiblement, on se sert d'une lentille qui forme joint à la tubulure d'entrée de la vapeur dans le réchauffeur et à laquelle on donne une section de passage à déterminer par des essais.

La vapeur d'échappement de la pompe alimentaire est conduite dans l'enveloppe de la pompe et de là dans le réchauffeur où arrive aussi la vapeur d'échappement de la pompe à air.

L'eau condensée qui s'écoule du réchauffeur, tombe sur la voie. Quand c'est possible, l'extrémité du tuyau doit être amenée devant le cendrier afin que le tirage de la machine aspire le nuage de vapeur qui en sort parfois et pourrait gêner le personnel.

Les conduites d'aspiration et de refoulement, de même que les conduites de vapeur d'échappement doivent être pourvues de robinets de purge à leurs points bas. Pour les conduites de va-

Réchauffeur d'eau d'alimentation. — Système Knorr.

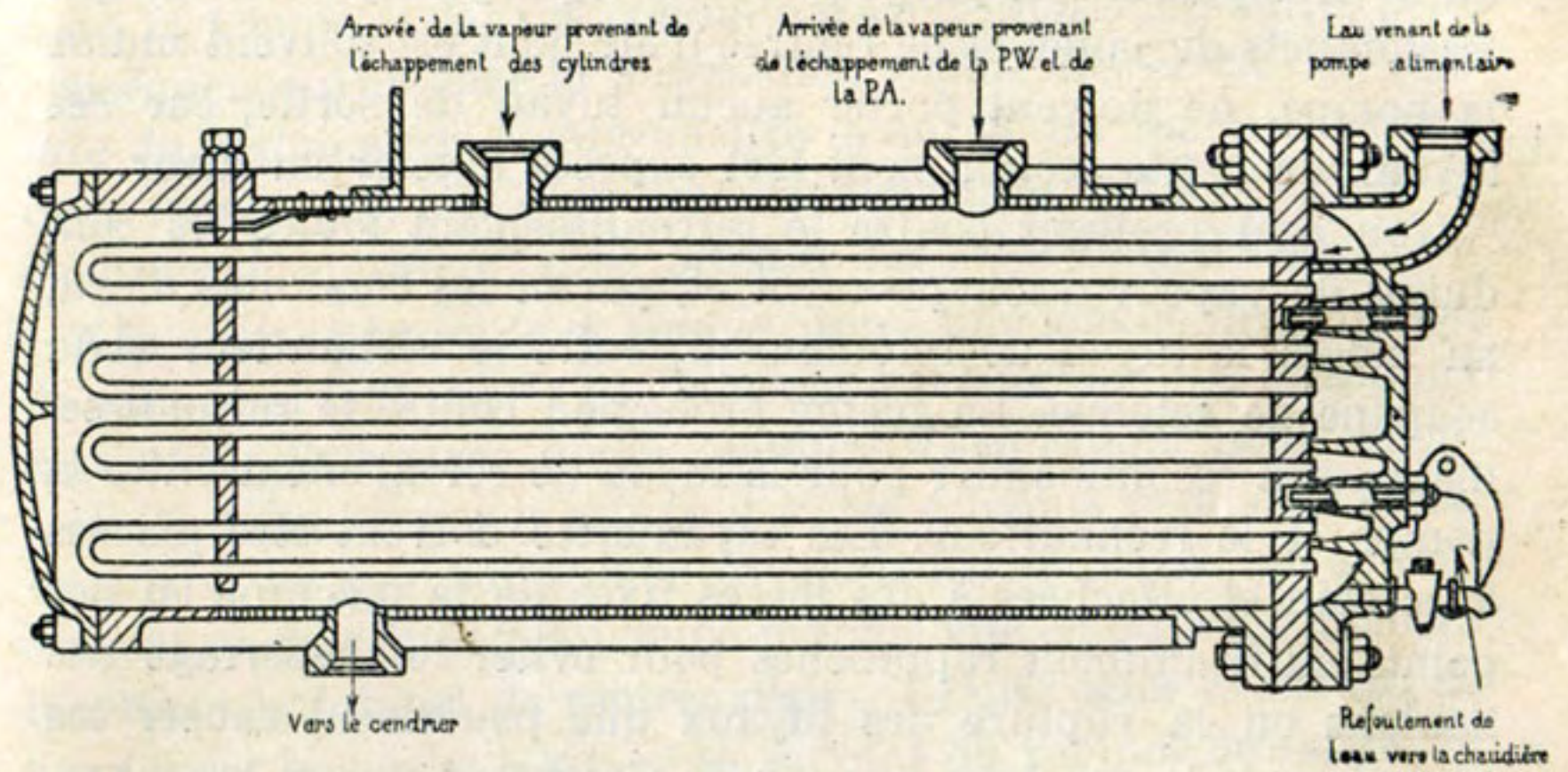


Fig. 149.

Pompe alimentaire. — Système Knorr. Schéma du montage et de la tuyauterie.

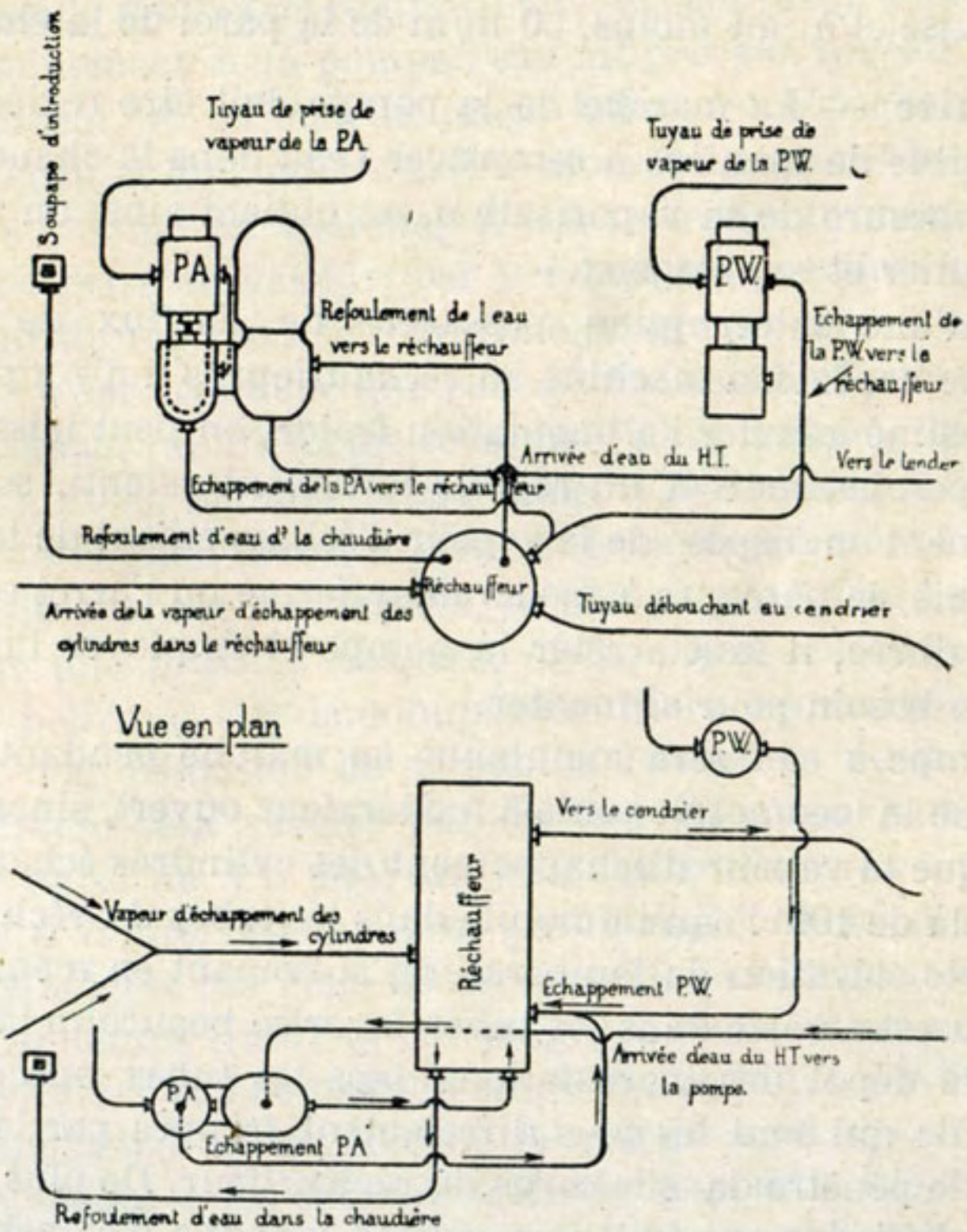


Fig. 150.

peur d'échappement on peut employer des purgeurs automatiques. Ces appareils de purge (robinets et purgeurs) de même que les robinets de jauge et de rentrée d'air dont est souvent munie la pompe, ne doivent porter aucun tuyau de sortie, car ces tuyaux de petite section sont fort exposés à geler en hiver.

L'on doit protéger contre le refroidissement toutes les conduites de vapeur d'échappement et, parmi les conduites d'eau, au moins le tuyau de refoulement, entre le réchauffeur et la soupape de retenue. La même protection contre le refroidissement est à recommander pour le tuyau de refoulement entre la pompe et le réchauffeur. Les tuyauteries doivent être placées avec soin et attachées à des pièces fixes de la machine en des points suffisamment rapprochés pour éviter le desserrage des boulons ou la rupture des tuyaux que pourraient causer les secousses de la machine auxquelles s'ajoutent encore les vibrations produites par le fonctionnement de la pompe dans les tuyauteries d'aspiration et de refoulement. Le manomètre qui sert à contrôler la marche de la pompe, et dont l'index, marqué par une secousse chaque coup de pompe, doit être installé dans la marquise et à, au moins, 50 m/m de la paroi de la chaudière.

Conduite. — La marche de la pompe doit être réglée autant que possible de manière à remplacer l'eau dans la chaudière au fur et à mesure de sa vaporisation, on obtient ainsi un chauffage régulier et avantageux.

Lors d'une interruption passagère de l'afflux de vapeur d'échappement de la machine au réchauffeur, s'il n'y a pas d'appareil destiné à éviter l'alimentation froide, on peut laisser marcher la pompe, mais à un régime fortement ralenti, surtout si à ce moment on dispose de la vapeur d'échappement de la pompe à air. Mais, le parcours à modérateur fermé ou l'arrêt est d'une certaine durée, il faut arrêter la pompe et employer l'injecteur en cas de besoin pour alimenter.

La pompe à eau sera maintenue en marche pendant tout le temps que la locomotive roule à modérateur ouvert, sinon il peut arriver que la vapeur d'échappement des cylindres chauffe jusqu'au-delà de 100° l'eau immobile dans les tubes du réchauffeur. Cette forte élévation de température, survenant en même temps que l'eau est arrêtée dans les tubes favorise beaucoup la séparation et le dépôt des incrustations dans les tubes, spécialement aux points qui sont les plus directement frappés par la vapeur lorsqu'elle pénètre dans le corps du réchauffeur. De plus, comme on peut difficilement éviter un certain manque d'étanchéité, de la soupape de retenue de la chaudière, l'eau de la chaudière

passant dans la conduite de refoulement, provoque aussi la formation de dépôts dans les tuyaux. La pénétration d'eau chaude dans la pompe et dans la conduite d'aspiration a, en outre, pour conséquence d'amener la *destruction rapide des cercles en ébonite du piston* et de compromettre la sûreté du fonctionnement de la pompe car, lors d'un échauffement trop fort de l'eau de la conduite d'aspiration, il se produit des ratés dans l'aspiration.

A la mise en train de la pompe, après une longue interruption de service, il faut ouvrir pendant une ou deux minutes le robinet de rentrée d'air placé sur la chambre d'aspiration, pour renouveler l'air du réservoir qui peut s'être échappé pendant l'arrêt. De même, on peut supprimer les chocs des soupapes, qui se produisent parfois quand la pompe marche vite en ouvrant momentanément le robinet de rentrée d'air. Il faut régler le niveau de l'eau dans la cloche à air en se servant du robinet de jauge. Si ce robinet laisse échapper de l'air d'une manière continue, cela indique que le niveau de l'eau est trop bas, s'il en sort un jet d'eau continu, le niveau de l'eau est trop haut. Dans les deux cas, on laisse le robinet de jauge ouvert ; dans le second cas, on ouvre aussi le robinet de rentrée d'air ; et cela jusqu'à ce que par le fonctionnement de la pompe l'eau ait pris son niveau normal. A ce moment, le robinet de jauge laisse échapper successivement de l'eau et de l'air. On ferme alors les deux robinets. Pour mettre la pompe en marche, il faut ouvrir prudemment le robinet de prise de vapeur, car pendant les premiers coups de piston l'air du réservoir se comprime progressivement ; au début, la pompe n'éprouve donc que peu de résistance et peut prendre un mouvement rapide même sous une faible pression de vapeur. Avant la mise en marche de la pompe, il faut s'assurer si la soupape d'interruption placée à l'entrée de la chaudière est ouverte ; car si cette soupape est fermée, la pompe produira dans le réchauffeur une pression exagérée et les pièces soumises à cette pression pourront être endommagées. Si la locomotive possède une tête d'alimentation de sûreté, la fermeture de la soupape d'interruption sera révélée par un fort jet d'eau lancé par la tubulure de sortie. Un jet d'eau plus faible indique ou bien que la soupape d'interruption n'est pas complètement ouverte ou bien qu'elle n'est pas étanche. Si lors d'un arrêt prolongé de la pompe par temps froid, on craint que le réchauffeur ne gèle, il faut le purger d'eau complètement. Dans ce but, on vide la conduite d'aspiration et la conduite de refoulement, puis les robinets de vidange et les robinets d'air de la pompe étant ouverts, on fait marcher la pompe pendant trois ou quatre minutes à sa

plus grande vitesse. Quand toute l'eau a été évacuée ainsi du cylindre à eau et des boîtes à soupapes, on referme les robinets de vidange et les robinets d'air.

Pour purger l'eau du réchauffeur, il faut ouvrir les robinets de purge du réchauffeur, de la chambre de compression de la pompe et de la soupape d'alimentation.

Pour le réchauffeur plat, il faut ouvrir les deux robinets de purge sur le couvercle formant chambre d'eau afin de vider complètement le faisceau tubulaire et les chambres d'eau.

Entretien. — Le cylindre à vapeur doit être graissé au moyen d'huile minérale pure, comme on en emploie pour les machines à vapeur. La pompe à huile peut fournir de l'huile pour 8 à 10 heures de marche de la pompe.

Les boîtes à bourrage de la tige de piston ne doivent être serrées que dans la mesure où c'est nécessaire pour éviter les fuites de vapeur et d'eau. En serrant davantage les écrous, on augmente la résistance au frottement et on provoque ou favorise le broutement de la pompe.

La tige de piston est graissée par le cercle de feutre qui l'entoure et qu'il faut imbiber d'huile de temps en temps. Chaque pompe doit être démontée tous les six mois.

Les deux cylindres, de même que les plateaux de cylindres, et les soupapes sont passés dans une lessive de potasse bouillante et nettoyés à fond. Les cercles de pistons, qui parfois sont calés, seront rendus libres ; ils doivent pouvoir tourner facilement.

Comme cercles de pistons, on n'emploie que des cercles en ébonite. Avant de les couper, on les travaille avec une lime dure, les faces A (FIG. 151) de façon que l'ensemble puisse rouler à frottement doux dans la rainure du piston. Ensuite, les cercles sont sciés suivant un trait de coupe incliné à 45°. Les sections sont polies à la lime ; puis chaque cercle est introduit dans le corps de pompe et les lèvres usées de façon qu'à leur point de contact il y ait un ressaut d'environ 1 m/m (FIG. 152).

Les cercles sont alors prêts à être mis en service ; on les plonge successivement environ pendant une minute dans de l'eau chauffée à 60 ou 80° pour les rendre flexibles et pouvoir les passer facilement par dessus le bord du piston. Celui-ci pourra être introduit dans le corps de pompe à l'aide d'un marteau ou d'un bloc de bois, après quelques heures de service, il prendra dans la pompe un mouvement doux, les cercles s'étant polis au contact de la paroi. L'enlèvement des cercles du piston doit se faire rationnellement en plongeant le piston dans l'eau chaude pendant quelques minutes jusqu'à ce que les cercles aient

acquis la flexibilité voulue. Le remontage de la pompe doit se faire en posant les deux cylindres par leurs brides de fixation sur une taque bien dressée. Les cylindres sont ensuite boulonnés sur la partie centrale en veillant à ce que les brides de fixation restent bien dans le même plan. De petites différences peuvent être rachetées en serrant plus ou moins fortement certains boulons. Pour avoir une bonne étanchéité des plateaux de cylindres, il ne faut pas employer des joints de plus de 1 m/m d'épaisseur.

Quand la boîte à soupape est rapportée, on doit veiller au montage à obtenir une bonne étanchéité de la cloison qui sépare les deux canaux. Les fuites de ce joint seront révélées par une rainure qui donne passage à l'eau vers le haut ou vers le bas. Le nettoyage du réchauffeur sera effectué par l'atelier à l'occasion de la réparation et de la mise en état de la *hl* ; on retirera le faisceau tubulaire et on lavera les tubes et l'intérieur du réchauffeur avec une lessive de soude. Mais, comme il arrive souvent que par suite d'une conduite défectueuse il se forme au fond du

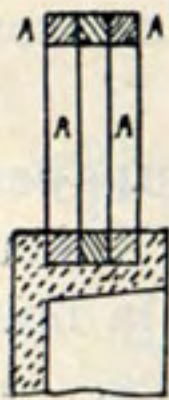


Fig. 151.



Fig. 152.

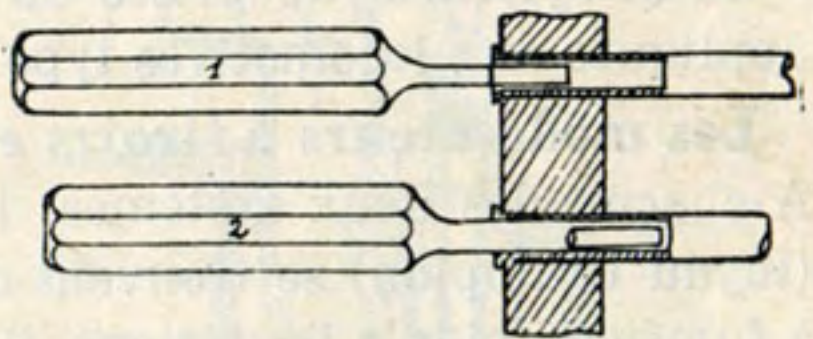


Fig. 153.

réchauffeur des dépôts d'huile et même de cambouis qui contrarient la circulation de la vapeur et la transmission de la chaleur, il conviendra de procéder à une visite plus fréquente du réchauffeur.

Pour nettoyer l'intérieur des tubes, on les souffle à la vapeur après les avoir au besoin préalablement débarrassés des incrustations au moyen de l'appareil Knorr. On est certain d'obtenir ainsi un enlèvement complet de tous les dépôts. Il est à recommander de procéder au nettoyage des tubes à intervalles réguliers, pas trop longs (2 à 4 mois suivant la qualité des eaux et le service imposé à la *hl*), de manière que les matières précipitées n'aient pas le temps de durcir. Si on le juge utile, on peut aussi au 3^e ou 4^e lavage de la *hl* passer les tubes à l'eau sous pression et enlever ainsi déjà une certaine quantité de dépôts en formation. Les tubes qui sont fortement incrustés au point de rendre leur nettoyage difficile sans les démonter, seront remplacés ; les tubes neufs sont essayés à une pression de 25 atm. pour vérifier leur étanchéité. Pour sertir les tubes, on se sert de deux man-

drins. Le mandrin 1 (FIG. 153), est profilé de façon à border légèrement le tube, ce qui l'empêche de sortir de la plaque quand on chasse le mandrin 2. Celui-ci est chassé de préférence au marteau pneumatique ; on le graisse d'abord soigneusement pour en faciliter le retrait et diminuer l'effet des chocs latéraux.

On peut découvrir facilement les fuites au sertissage des tubes soit en envoyant de l'eau sous pression dans la chambre de vapeur après avoir enlevé le plateau formant chambre d'eau, soit, si le faisceau tubulaire est démonté en envoyant l'eau sous pression dans la chambre d'eau. L'épreuve du faisceau tubulaire doit être faite par ce dernier procédé à une pression dépassant de 5 atm. celle de la chaudière chaque fois qu'on a remplacé des tubes défectueux ou qu'on a enlevé le plateau formant chambre d'eau et chaque fois avant de replacer le faisceau tubulaire dans le réchauffeur.

Prises de vapeur, régulateurs ou modérateurs

Deux systèmes de prises de vapeur ou modérateurs sont appliqués aux locomotives type Etat Belge.

Les modérateurs à tiroirs et les modérateurs à soupapes.

A chacun des deux systèmes, les tuyaux de prise de vapeur (tuyau Crampton) se trouvent dans la chaudière. Dans la boîte à fumée ou bien à l'extérieur, il y a les tuyaux de livraison.

Quand ces tuyaux se trouvent dans la chaudière et dans la boîte à fumée, la vapeur sur tout son parcours se trouve dans un milieu à haute température. La vapeur reste sèche et il n'y a pas de condensation. Par contre, les réparations à faire, aux tuyaux en question, dans la boîte à fumée et notamment dans la chaudière, présentent des difficultés et la durée d'immobilisation des moteurs est toujours prolongée.

Quand le tuyau ou le joint à l'intérieur de la chaudière est avarié, l'eau arrive dans les cylindres, c'est un inconvénient.

La partie inférieure des tuyaux de livraison, dans la boîte à fumée, se brûle. Quand il y a des fuites, aux tuyaux de livraison, notamment dans les parties supérieures, le tirage est contrarié, c'est aussi un inconvénient.

Avec les tuyaux de livraison extérieurs, l'entretien est plus facile, et leur durée est plus longue. Par contre, les pertes par condensation sont importantes lorsque les tuyaux sont mal protégés contre les courants d'air. Généralement, ces tuyaux sont à dilatation libre, leur raccord à la partie inférieure se fait au moyen d'un bourrage. Pour empêcher le tuyau de sortir de la boîte à bourrage, il est muni d'une partie saillante qui se trouve sous le presse-bourrage.

Modérateur Walschaerts à deux tiroirs plats superposés.
 (FIG. 154). — Sur la longue barre C est calée la clef de commande G et le levier D. Les manivelles de D de rayons inégaux sont à angle droit. Les deux tiroirs A et B au moyen des bielles EF, sont entraînés par D. Le tiroir A ouvre le premier les lumières sa surface étant faible, la pression qu'il supporte est petite, sa manœuvre est facile. Quand il a démasqué les lumières de la grande glissière B, la vapeur pénètre dans les tuyaux de prise de vapeur, etc. Le grand tiroir B, pressé des deux côtés par

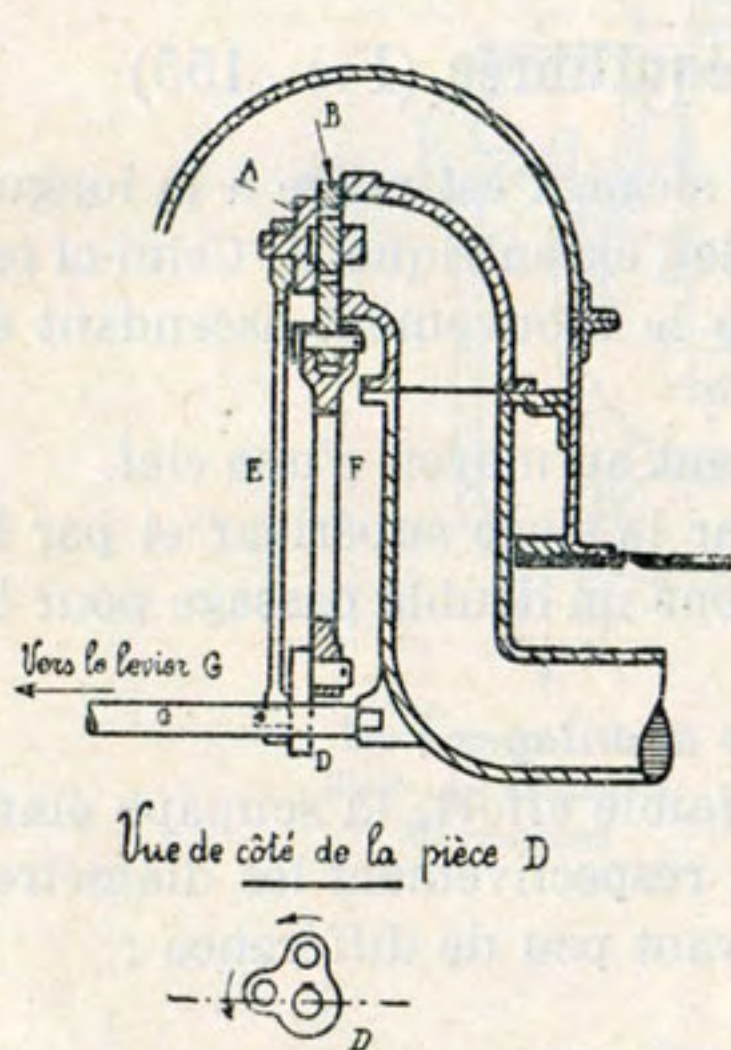


Fig. 154.

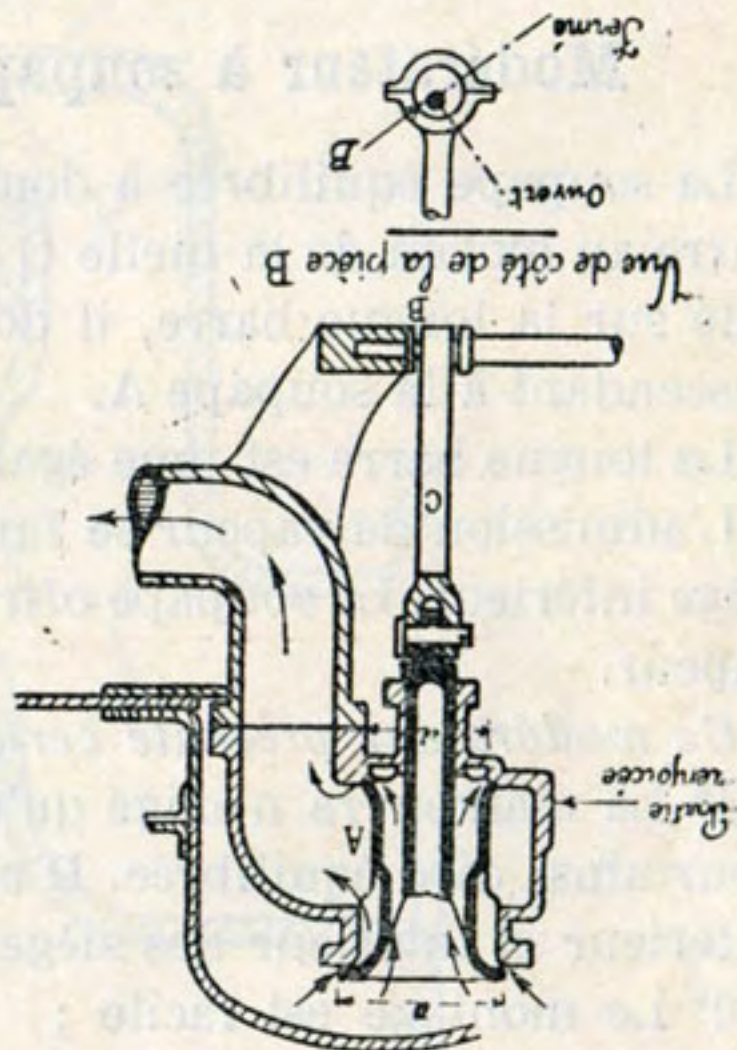


Fig. 155.

la vapeur est équilibré. Il ouvre alors les lumières de la tête du modérateur.

Lors de la fermeture du modérateur, le grand tiroir B referme d'abord les lumières de la tête du modérateur, et le tiroir A ne recouvre les lumières de B que quand celui-ci est à fond de course.

Les modérateurs à deux tiroirs plats superposés présentent les avantages ci-après :

1° Manœuvre facile ;

2° On réalise aisément une admission *progressive de vapeur* qui diminue le patinage de la *hl*. On évite le laminage de la vapeur en démasquant entièrement les lumières de la tête ;

3° Il demande peu d'entretien, il a une longue durée, il reste étanche. (Le tiroir B en bronze est à remplacer, après une moyenne de service de 4 années, parce que les arêtes des lumières sont rongées);

revue x

4° Les tiroirs se soulèvent en cas de suppression dans les tuyaux de prise de vapeur.

Ce modérateur demande les soins d'ajustage et de montage suivants :

- 1° Rôdage parfait des tiroirs ;
- 2° Répartition exacte des recouvrements ;
- 3° Montage sans gauche des tiroirs sur les parties rôdées ;
- 4° Réglage de la course des glissières comme il est dit précédemment.

Modérateur à soupape équilibrée (FIG. 155)

La soupape équilibrée à double siège A est reliée à la longue barre au moyen de la bielle C et de l'excentrique B. Celui-ci est calé sur la longue barre, il donne le mouvement ascendant et descendant à la soupape A.

La longue barre est mue également au moyen d'une clef.

L'admission de vapeur se fait par le siège supérieur et par le siège inférieur. La soupape offre donc un double passage pour la vapeur.

Ce modérateur présente certains avantages :

1° La manœuvre n'exige qu'un faible effort, la soupape étant pour ainsi dire équilibrée. D et *d*, respectivement les diamètres extérieur et intérieur des sièges ayant peu de différence ;

2° Le montage est facile ;

3° En cas de rupture de la bielle C, etc., la soupape retombe sur son siège.

+ *Ci-après les inconvénients :*

1° Il ne reste pas étanche et par conséquent est d'un grand entretien ;

2° Le siège inférieur est rongé par la vapeur d'où de fréquents rajustages et rôdages des sièges, conséquemment il a une courte durée. *La tête complète en bronze* est mise hors d'usage, après une moyenne de service de 5 années ;

3° Il est très difficile, au démarrage, d'obtenir une admission progressive de vapeur, donc d'éviter le patinage de la *hl*.

Ce modérateur exige des soins particuliers, notamment pour le rôdage et le réglage. Le rôdage doit être très précis pour que la soupape porte bien simultanément sur ses deux sièges.

Le réglage doit être fait de façon que la clef de commande ne puisse faire un tour complet ce qui est dangereux. *Une modification a été apportée au siège inférieur de la tête en vue de prolonger sa durée de service.*

Modérateur à soupapes, système Zara (Chemin de fer Italien). (FIG. 156.)

But, rendre la manœuvre facile et obtenir, en même temps, pendant la fermeture une pression *suffisante pour assurer une bonne étanchéité*.

Le corps de la soupape, qui est creux, forme piston à sa partie inférieure dans une cuvette portée par la tête du modérateur. La tige de commande est montée à frottement doux et n'entraîne la soupape qu'après s'être déplacée d'une certaine quantité ; elle

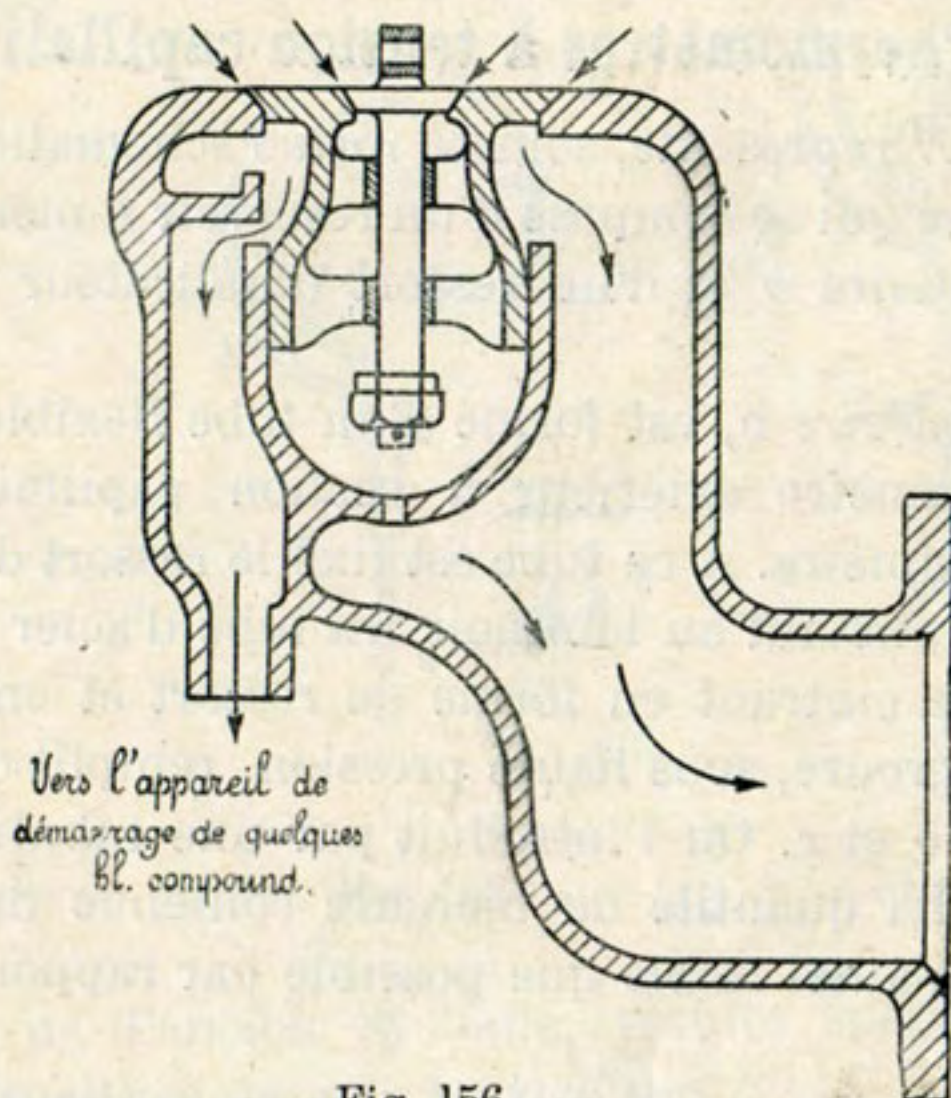


Fig 156.

fait corps avec une petite soupape qui découvre une ouverture centrale par laquelle la vapeur pénètre dans la cuvette. Il suffit alors de développer un effort correspondant à la différence des surfaces pour ouvrir la soupape principale. A la fermeture, la petite soupape se ferme un peu après la grande et celle-ci se trouve appliquée sur son siège par la pression sur une large surface annulaire.

Une petite ouverture percée au fond de la cuvette sert à évacuer l'eau qui pourrait y avoir été condensée.

Surchauffeurs

Avec les surchauffeurs, il est nécessaire de contrôler la température de la vapeur d'une façon continue, si on veut d'une part que ces appareils fonctionnent dans des conditions économiques, d'autre part, que leurs tubes ne soient pas exposés à des températures trop élevées et à une destruction trop rapide qui en serait la conséquence.

Pour établir ce contrôle continu, de la température, le meilleur procédé consiste à employer des *thermomètres à cadran avec conduites de raccordement capillaires*, dont les organes principaux sont en acier et contiennent du mercure ou un liquide, qui ont été adoptés presque partout à cet effet. Ils permettent au chauffeur de vérifier à chaque instant et sans quitter son poste ordinaire, la température de la vapeur surchauffée, et le mettent à même de conduire ses feux de façon à obtenir une surchauffe régulière.

Thermomètres à tension capillaire

La *figure 157* représente, sous sa forme schématique, un appareil de ce genre qui se compose d'un réservoir à mercure *a*, d'une conduite capillaire *b* et d'un ressort d'indicateur *c*, le tout en acier.

Le tube capillaire *b*, est formé d'un tube flexible en acier, de 5 m/m de diamètre extérieur à section capillaire d'environ 1/2 m/m de diamètre. A ce tube est fixé le ressort d'indicateur *c*, obtenu en aplatissant au laminoir un tube d'acier (voir en *d* la section), en le cintrant en forme de ressort et en le trempant ensuite. Le mercure, sous haute pression, remplit complètement les parties *a*, *b* et *c*. On l'introduit par une tubulure filetée de remplissage. La quantité de mercure contenue dans les tubes *b* et *c* doit être aussi faible que possible par rapport à celle contenue en *a*.

Quand on chauffe le réservoir *a*, le mercure se dilate, la pression intérieure augmente et se transmet par *b* au ressort tubulaire *c*. Ce ressort se déroule sous l'effort de la pression, de façon analogue à ce qui se passe pour le ressort des manomètres Bourdon ; ce mouvement entraîne celui de l'aiguille (voir la position indiquée en pointillés sur la figure 157). On gradue l'échelle du thermomètre par comparaison avec un autre thermomètre. Cette échelle est généralement circulaire, forme couramment adoptée pour les manomètres des chaudières à vapeur. Quant au ressort d'indicateur *c*, il peut recevoir diverses formes, celle la plus simple et la plus naturelle de la figure 157 n'est pas employée en raison de son peu de stabilité.

Le ressort de la *figure 158*, a le même mode d'action que celui de la figure 157, mais, son prolongement se recourbe en une branche concentrique à la première et dont l'extrémité libre est légèrement infléchie vers l'intérieur. Cette disposition procure une plus grande stabilité qu'on peut modifier, en cas de besoin, dans de certaines limites en changeant la courbure de

l'extrémité libre du ressort. Le mouvement du point A est transmis à l'aiguille.

Nouveau modèle à double conduite capillaire pour la compensation automatique des erreurs d'indication pouvant résulter des oscillations de la température de la conduite.

Cette dernière construction, qui représente un perfectionne-

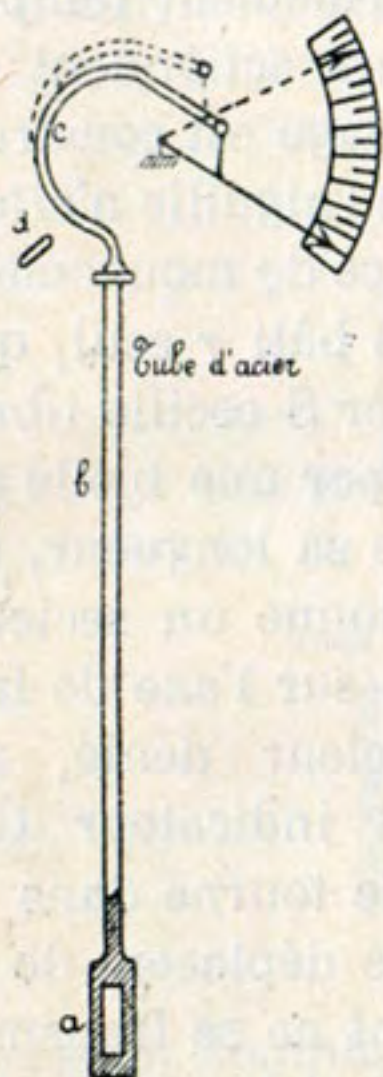


Fig. 157.

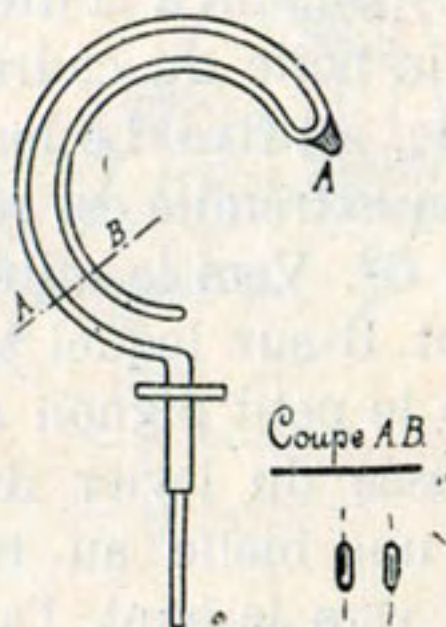


Fig. 158.

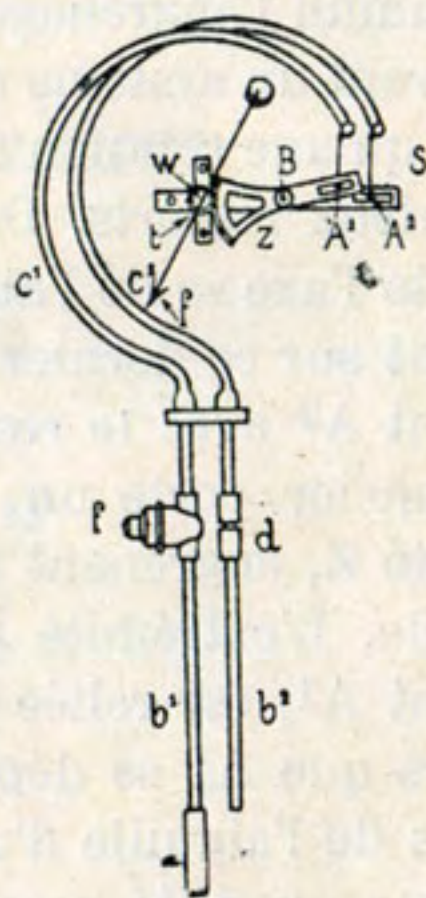


Fig. 159.

ment notable de l'ancien système, résulte spécialement des expériences recueillies dans le service des *hl*.

La température des locaux, dans lesquels se trouve la conduite capillaire dans les installations fixes, ne varie pas notablement. Par suite, il ne se produit pratiquement aucune erreur sensible, quand même cette conduite capillaire a une très grande longueur, lorsque le réglage a été fait une fois pour toutes au moyen des dispositifs à ce destinés.

Au contraire, dans les *hl*, il peut se produire à de courts intervalles de temps, de notables oscillations de température de la conduite capillaire par suite du vent, de l'état de l'atmosphère et de la vitesse de la marche.

Rendre les indications du thermomètre indépendantes de ces variations et limiter à des cas spéciaux l'emploi de l'appareil de réglage, tel est le but du compensateur automatique du nouveau modèle de thermomètre *Steinle et Hartung*.

La *figure 159* représente schématiquement les organes d'un thermomètre de ce genre et montre le principe de la compensation.

L'instrument est une combinaison de deux thermomètres ; un thermomètre principal $a\ b1\ c1$ et un thermomètre de correction $b2\ c2$. Ce dernier se compose d'une conduite $b2$ de même longueur que $b1$ et d'un ressort tubulaire $c2$ identique à $c1$ comme dimensions et comme construction. La conduite $b2$ n'aboutit cependant à aucun plongeur ; elle est soudée à son extrémité. Les deux thermomètres sont uniformément remplis de mercure et leurs deux ressorts d'indicateurs actionnent en commun l'engrenage d'une aiguille. Cet engrenage est construit suivant un système différentiel, c'est-à-dire que l'aiguille n'effectue qu'une rotation correspondant à la différence de mouvement de deux ressorts. Dans la boîte du cadran, le bâti r seul, qui porte l'axe w de l'aiguille, est fixe. Le balancier S oscille librement sur ce dernier ; son extrémité est reliée par une bielle au point A^2 avec le ressort C^2 . Vers le milieu de sa longueur, ce balancier porte un pivot B sur lequel tourillonne un secteur denté Z , engrenant avec le petit pignon t calé sur l'axe de l'aiguille. L'extrémité opposée du levier du secteur denté, au point A^1 , est reliée par une bielle au ressort indicateur C^1 , alors que A^1 se déplace vers le haut, l'aiguille tourne dans le sens de l'aiguille d'une montre ; si A^1 et A^2 se déplacent de la même quantité vers le haut, aucun mouvement ne se transmet à l'aiguille. Les ressorts d'indicateurs C^1 et C^2 et les conduites $b1$ et $b2$ étant juxtaposés et recouverts par la même enveloppe, ils seront toujours soumis à la même température. Quand cette température, en provoquant la dilatation du mercure contenu dans la conduite et le ressort tubulaire, détermine une extension ou une contraction de ce ressort, ce mouvement doit être le même pour les deux ressorts C^1 et C^2 , et, en raison de ce que l'on vient de dire, les indications se compensent ; l'aiguille ne se déplace que si la température du plongeur a se modifie, parce que le ressort principal C^1 reçoit une tension exactement proportionnelle à la différence de température et supérieure à celle du ressort de correction C^2 . Pour des raisons pratiques, on a adopté ici la forme représentée figure 158 pour les ressorts principaux et de correction (voir FIG. 160).

Le dispositif de réglage f de la conduite principale a été conservé pour permettre de compenser facilement la diminution de pression du mercure causée par le remplissage, après réglage, des porosités de l'acier ; cette baisse de pression provoquant un léger relâchement du thermomètre. L'excédent de mercure existant dans la conduite $b1$ par suite de la présence du dispositif de réglage f est compensé par une quantité égale contenue dans le manchon de remplissage de la conduite $b2$.

La simplicité dans l'aspect extérieur de l'appareil est fidèlement conservée ; les deux conduites reçoivent une bande d'isolation commune à l'asphalte qui les protège contre la rouille et l'humidité. La connexion aux boîtes de régulateur se fait par bride ou douille filetée. Le contrôle de la précision du thermomètre, en vue du réglage, peut se faire de différentes manières.

Il suffit de placer le plongeur dans la vapeur saturée à une

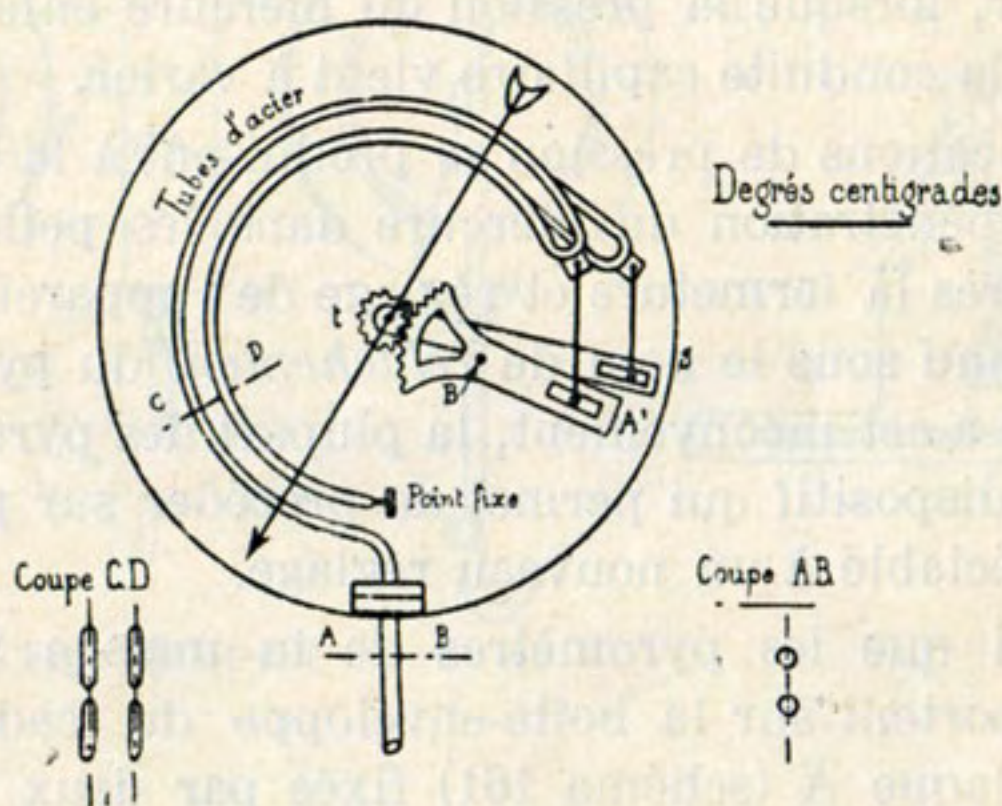


Fig. 160.

pression connue. Ci-après les températures en chiffres ronds de la vapeur jusqu'à 14 atmosphères de pression effective :

Pression effective en atmosph. (kg. par c/m ²)		Température en degrés C.	
1	120°	8	174°
2	133°	9	179°
3	143°	10	183°
4	151°	11	187°
5	158°	12	191°
6	164°	13	194°
7	169°	14	197°

On peut aussi effectuer le réglage du point 100° dans de l'eau bouillante.

Pour vérifier plusieurs températures, on se sert d'un thermomètre de contrôle, soit d'un *thermomètre à mercure* en verre qui peut être employé sans difficulté jusqu'à 400°, soit d'un court thermomètre à mercure en acier avec cadran du modèle des pyromètres de locomotives. La comparaison pour le point 100° se fait le plus simplement dans l'eau bouillante ; un bain de sable convient très bien pour les températures de 100 à 400°, et un bain métallique (plomb avec légère addition d'étain) entre

250 et 400°. Dans ces comparaisons, il faut simplement avoir soin de contrôler les températures pendant que le bain se refroidit ; et d'agiter constamment celui-ci pour maintenir une température uniforme. Il ne convient pas de faire les essais comparatifs pendant que le bain s'échauffe, parce qu'il existe des irrégularités de température assez grandes d'un point à un autre du bain. Les pyromètres des locomotives à surchauffe sont sujet à se dérégler, lorsque la pression du mercure enfermé dans le réservoir et la conduite capillaire vient à varier.

Ces modifications de pression se produisent à la suite notamment d'une pénétration du mercure dans les petites porosités de l'acier après la fermeture et réglage de l'appareil. Ce phénomène est connu sous le nom de *relâchement* du pyromètre. En vue de parer à cet inconvénient, la plupart des pyromètres sont munis d'un dispositif qui permet de procéder sur place et sans travail appréciable à un nouveau réglage.

C'est ainsi que les pyromètres de la maison Schaeffer et Budenberg portent sur la boîte-enveloppe du cadran gradué une petite plaque A (schéma 161) fixée par deux vis ordinairement réunies par un fil plombé. En enlevant cette plaque, on découvre une saillie carrée sur laquelle il suffit d'agir à l'aide d'une petite clé à moufle ou d'une tige en fer convenablement entaillée pour déplacer légèrement la spirale remplie de mercure. Suivant le sens de la rotation, l'aiguille indicatrice montera ou descendra.

Quant aux appareils de la *firme Steinle et Hartung*, marque Socius, le dispositif de réglage y est monté sur la conduite capillaire de mercure, en X (schéma 162) à quelques décimètres du cadran. Il consiste essentiellement en un couvercle A (schéma 163), lequel une fois dévissé découvre une vis *p* dont la tête est percée d'un trou. Cette vis agit sur une membrane élastique S qui permet d'accroître ou de diminuer la pression du mercure dans la conduite capillaire *b* et par suite de modifier dans l'un ou l'autre sens la position de l'aiguille indicatrice. La rotation de la vis de réglage s'obtient aisément en passant une broche dans le trou percé dans la tête de la vis.

A froid, l'aiguille du pyromètre devra être ramenée à 0, si elle ne s'y place pas d'elle-même ; à chaud, les indications de l'aiguille doivent être mises en concordance avec celles du thermomètre de contrôle (FIG. 164). Il faut toujours se rappeler que la conduite de ces instruments se compose d'un tube capillaire en acier rempli de mercure à haute pression ; quand la conduite est brisée, le thermomètre cesse de fonctionner, car la pression

du mercure disparaît. On reconnaît le manque de pression du mercure à l'inertie absolue de l'aiguille pour toute variation de température. L'instrument doit être alors envoyé en réparation.

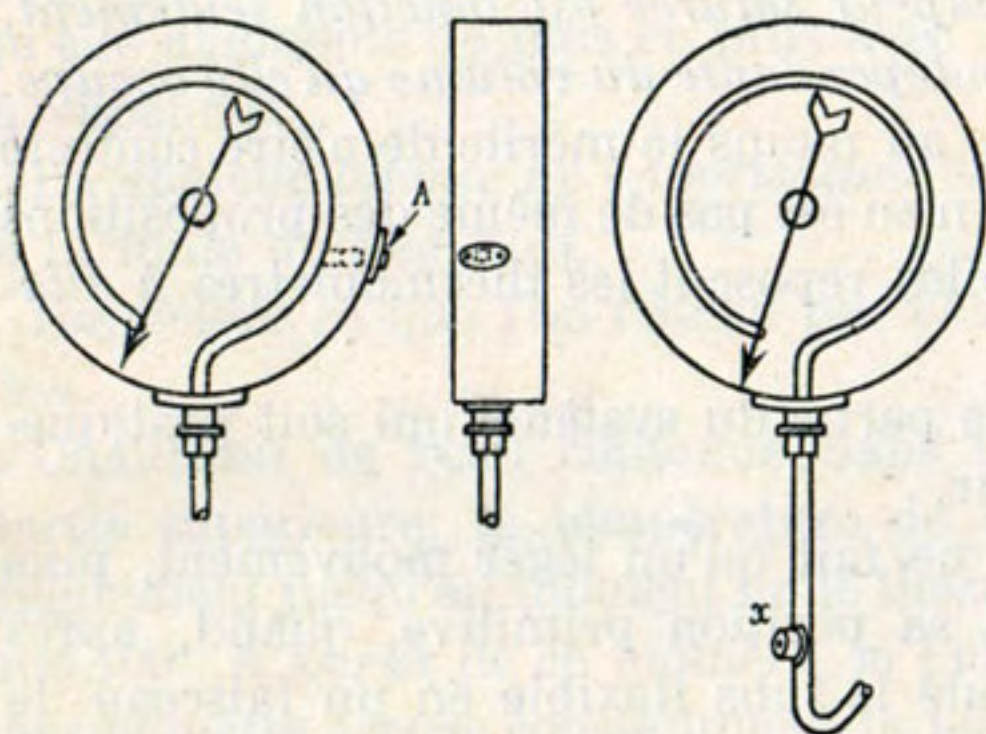


Fig. 161 et 162

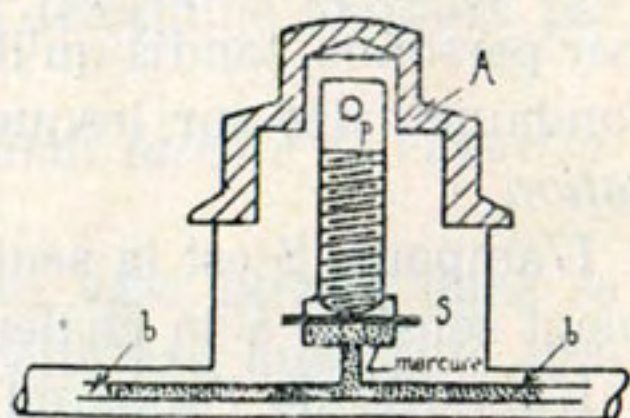


Fig. 163

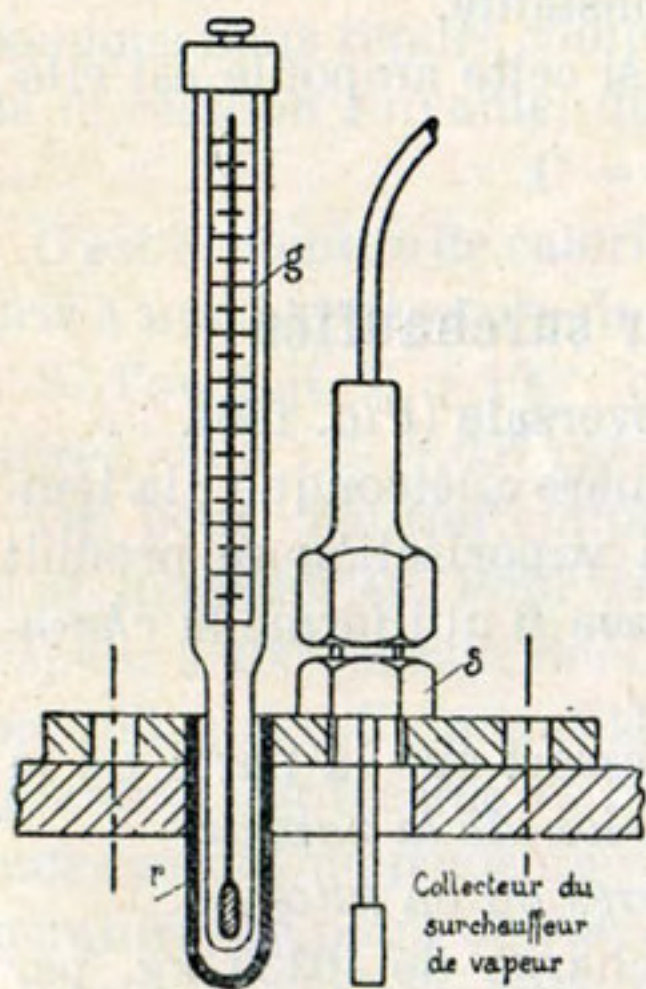


Fig. 164.

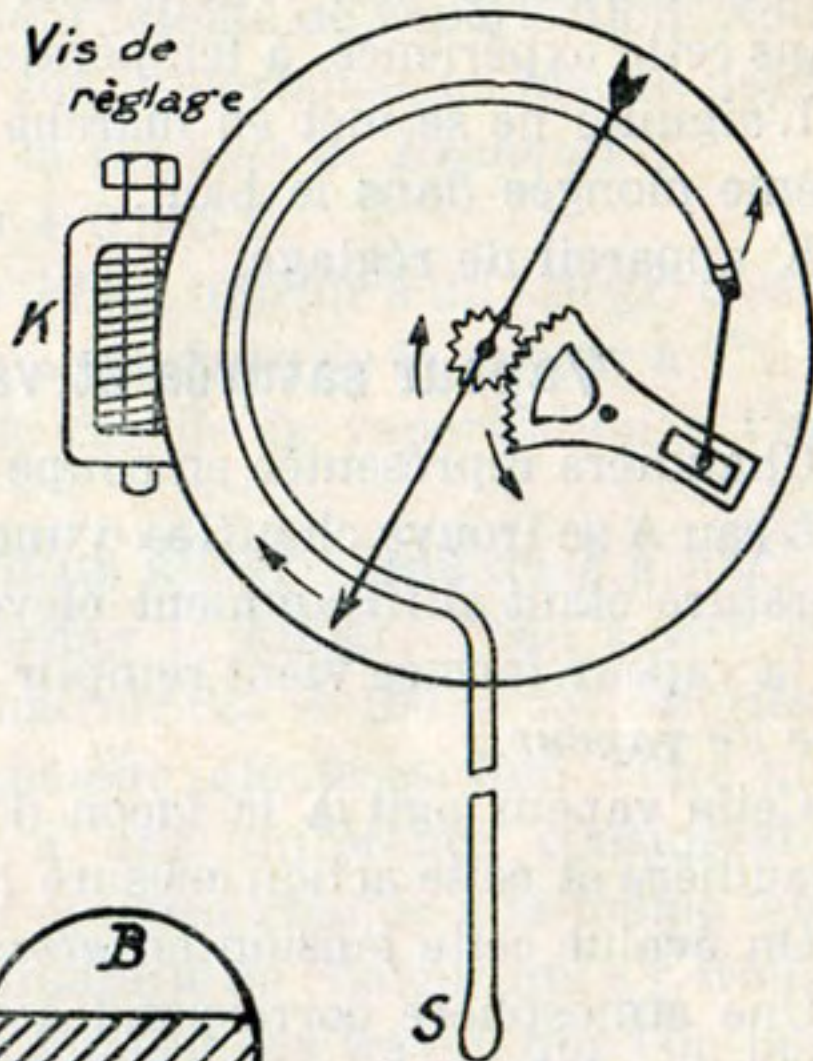


Fig. 165.

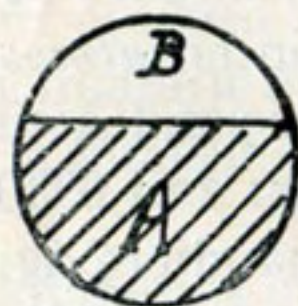


Fig. 166.

Pour éviter les ruptures de la conduite, on veillera à ne lui faire faire aucun angle vif dans la pose, et on s'en tiendra à un rayon de courbure minimum de 5 cm ; abstraction faite des pliages à angle vif, la conduite est flexible à volonté et peut être posée comme un câble.

Pyromètre à tension de vapeur saturée s/Fournier (FIG. 165).

Cet appareil est basé sur le principe de physique bien connu, à savoir :

Que la tension d'une vapeur saturée est fonction seulement, de sa température et est indépendante du volume qu'elle occupe.

Voilà un principe qui a, au moins le mérite de n'être contesté par personne, tandis qu'il n'en est pas de même des propositions fondamentales sur lesquelles reposent les thermomètres à *dilatation*.

L'ampoule S est la seule partie du système qui soit pratiquement sensible à la chaleur.

L'aiguille de l'appareil ne fait qu'un léger mouvement, puis revient rigoureusement à sa position primitive, quand, après avoir préalablement enroulé le tube flexible en un faisceau de spirales, on le plonge tout entier dans un bain ayant une température comprise entre les deux limites extrêmes de température entre lesquelles doit fonctionner l'appareil, l'ampoule restant, dans cette expérience, à température constante.

L'aiguille ne se met en marche que si cette ampoule est elle-même plongée dans le bain.

K appareil de réglage.

Vapeur saturée et vapeur surchauffée

Chaudière représentée en coupe transversale (FIG. 166).

L'eau A se trouve chauffée d'une manière quelconque ; la température étant suffisamment élevée, la vaporisation se produit et la vapeur formée vient remplir l'espace B qui forme la *chambre de vapeur*.

Cette vapeur agit à la façon d'un ressort sur la paroi de la chaudière et cette action mesure la *tension de la vapeur*.

On évalue cette tension en *atmosphères* ou en *kilog.*

Une atmosphère correspond à une charge de 10330 kg. par mètre carré de surface, ou de 1,033 kg. par centimètre carré.

A l'extérieur de la chaudière agit la *pression atmosphérique* qui correspond à une *atmosphère* et qui vient en aide à la paroi de la chaudière pour résister à la tension de la vapeur. Si on retranche cette pression atmosphérique de la tension de la vapeur, on obtient la pression effective de la vapeur. La *pression effective* est donc toujours égale à la *tension* ou *pression absolue* diminuée d'une atmosphère.

Les tensions ou pressions sont déterminées en atmosphères, en kilogr., au moyen de manomètres.

Si l'on chauffe de plus en plus l'eau A, contenue dans la chaudière, de nouvelles quantités de vapeur se forment et viennent se loger dans l'espace B. On constate en même temps, par le thermomètre et le manomètre, *que la température de la vapeur B est toujours égale sensiblement à la température de l'eau A* et qu'elle augmente de plus en plus avec la tension ou pression de la vapeur B.

La *chaleur latente de vaporisation* se détermine toujours par la formule de Regnault.

Rappelons ce que l'on entend par *chaleur latente de vaporisation*.

Chauffant de l'eau contenue dans un vase ouvert dans sa partie supérieure, la température de cette eau augmente graduellement jusqu'au moment où le thermomètre centigrade marque 100°. A partir de ce moment, si l'on continue à chauffer, le thermomètre accuse constamment la température 100° pour l'eau du vase ; la chaleur fournie à cette eau sert alors à faire passer celle-ci de l'état liquide à l'état de vapeur. C'est cette chaleur que l'on désigne sous le nom de *chaleur latente de vaporisation*. Nous pouvons nous rendre compte de son importance, en faisant usage de la relation suivante, qui est la *formule de Regnault* :

$$C = 606,5 + 0,305 T.$$

C est le nombre de calories qu'il faut fournir à un kilogr. d'eau, pris à une température de 0°, pour en faire de la vapeur à T°.

Si l'on fait $T = 100^\circ$ (c'est le cas de la vaporisation à l'air libre), on a : $C = 637$ calories.

Or, pour chauffer simplement un kilogr. d'eau de 0° à 100°, il faut 100 calories. Pour transformer le kilogr. d'eau à 100° en vapeur à 100°, il faut donc lui fournir $637 - 100 = 537$ calories ; on voit que cette quantité de chaleur latente est loin d'être une quantité négligeable et qu'il y a une différence considérable entre un même poids de vapeur et d'eau chaude à la même température, au point de vue de la quantité de chaleur qui s'y trouve contenu et par conséquent de la quantité de travail que l'on peut en retirer.

Pour fixer les idées, nous donnerons quelques valeurs dans le tableau suivant :

Tension de la vapeur en atmosphères.	Pression de la vapeur en atmosphères.	Température de la vapeur en degrés centigrades.	Nombre de calories donné par la formule de Regnault.	Chaleur latente de vaporisation.	Volume occupé par un kilogr. de vapeur, en litres
1	0	100	637	537	1700
4	3	144	650	506	475
7	6	165	657	492	285
10	9	180	661	481	207

Ce tableau permet de tirer quelques conséquences importantes :

Nous remarquerons tout d'abord qu'il faut presque la même quantité de *calories* pour produire un kilogr. de vapeur (4^e colonne), quelle que soit la pression de la vapeur, celle-ci ne sortant pas des limites ordinaires de la pratique.

(La *calorie*, unité de chaleur, c'est la quantité de chaleur qu'il faut fournir à un *kilogr. d'eau* pour que sa température augmente de *un degré* du thermomètre centigrade.

Un *kilogr. de houille* ordinaire dégage environ 8000 calories en brûlant complètement).

Mais, il ne faut pas perdre de vue que *la densité* de la vapeur change rapidement avec la pression, comme l'indique la sixième colonne du tableau. Ce que l'on gagne en pression on le perd donc en volume.

Nous voyons aussi que la chaleur latente de vaporisation diminue en même temps que la pression augmente, ce qui est rationnel, car la densité de la vapeur augmente.

La vapeur produite dans les conditions que nous venons d'indiquer est dite *vapeur saturée* ; si on lui enlève de la chaleur, une partie de cette vapeur repasse à l'état liquide, se *condense*.

Vapeur surchauffée ou gaz permanents

On appelle *vapeur surchauffée*, toute vapeur séparée de son liquide générateur et portée à une température supérieure à celle qui correspond à sa saturation.

Cette vapeur ne se liquéfie pas du moins par les procédés ordinaires tant qu'elle est désaturée.

Lorsqu'une masse de *gaz permanents* ou *vapeur surchauffée* change de volume, si on la comprime ou si on la fait détendre, par exemple dans un cylindre, sa force élastique, sa température et ce volume varient dans des proportions définies qui sont fixées par la loi de Mariotte et qui s'énonce ainsi :

La pression d'une masse de gaz donnée varie en raison inverse de son volume, pourvu que sa température reste constante.

Exemple :

Un réservoir contient 50 litres de gaz à une pression de 10 kg., le volume réduit à 1 litre de gaz, la pression sera de 50×10

» ramené à 100 litres de gaz, la pression sera de 50×10

Si on diminue de moitié *le volume primitivement occupé par les gaz, on aura :*

50 litres	a une pression de	10 kilogr.	
1 litre	»	»	50×10
25 litres	»	»	50×10
			————— = 20 kilogr.
			25

La pression est doublée, bien entendu la température restant invariable.

Lorsque la vapeur saturée se détend dans un cylindre de *hl*, elle ne se comporte pas tout-à-fait ainsi, parce que sa température va alors en diminuant ; toutefois, la différence est peu sensible, et on considère habituellement que cette détente s'opère suivant la loi de Mariotte.

Si dans les trois phases que l'on vient de considérer, on multiplie le volume occupé par le gaz par la pression correspondante, on obtient les résultats suivants :

Premier cas — $50 \times 10 = 500$

Deuxième cas — $100 \times 5 = 500$

Troisième cas — $25 \times 20 = 500$

qui montrent que le produit du volume d'une masse gazeuse par la pression correspondante est le même, quelle que soit cette pression.

La vapeur surchauffée à la température de 320° à 350° donne de très bons résultats dans les *hl* à simple expansion.

La réduction de frottement dans les tuyaux et les conduites des cylindres, la diminution de la densité et l'augmentation de volume sont la source d'une réduction de la dépense de vapeur, et dès lors, en vue de renforcer la puissance de traction des moteurs, les admissions de vapeur aux cylindres peuvent être allongées.

Mais, pour éviter dans ce cas les pertes inhérentes aux *hl* à simple expansion et dues à la détente incomplète, il est rationnel de conserver à ces admissions leurs valeurs normales en accroissant les volumes des cylindres.

EXEMPLE : Les diamètres des cylindres qui étaient de 470 m/m aux *hl* type 32 à simple expansion et à vapeur saturée ont été portés à 500 m/m aux *hl* type 32 à simple expansion à vapeur surchauffée.

REMARQUE. — La surface doit être moins poussée dans les *hl* compound à vapeur surchauffée parce que le refroidissement par l'effet des parois est moindre dans chaque cylindre.

Surchauffeurs de vapeur

Les économies de charbon et d'eau *que procure la surchauffe* proviennent essentiellement de *l'augmentation du volume de la vapeur sous pression constante, de la réduction ou suppression des condensations aux cylindres et de la vaporisation de l'eau entraînée dans les éléments surchauffeurs.*

Tableau donnant les économies d'eau et de charbon que procure l'augmentation de volume aux divers degrés de surchauffe, la pression étant de 13 kg. à la chaudière.

Température de surchauffe.	Economie %.		Température de surchauffe.	Economie %.	
	eau.	charbon.		eau.	charbon.
200° C	2.5	2	260° C	16	12
210° C	5	2,5	270° C	18,5	13
220° C	8	5	280° C	20.5	14.5
230° C	10	7	290° C	22	16
240° C	12.5	9	300° C	24	17
250° C	14.5	10	350° C	34	24

Comme on le voit, l'économie augmente avec le degré de surchauffe.

Un calcul analogue fait pour des pression de 11, 9 et 7 kg. et une surchauffe à 300° donne les résultats consignés dans le tableau ci-après :

Tension de vapeur.	Température de la vapeur saturée.	Température de surchauffe.	Degrés de surchauffe.	Economie %.	
				eau.	charbon.
13 kg.	190,57° C	300° C	109,43° C	24	17
11 kg.	183,05° C	300° C	116,95° C	25,5	18
9 kg.	174,38° C	300° C	125,62° C	27	19,5
7 kg.	164,03° C	300° C	135,97° C	29	21

Il résulte de ce tableau qu'à la plus haute surchauffe, c'est-à-dire, à celle qui est réalisée par la plus faible pression de vapeur, correspond la plus grande économie en eau et en charbon, d'où cette première indication que l'on n'a pas en général, avec la vapeur surchauffée, intérêt à marcher avec une pression élevée à l'admission.

Les deux tableaux qui précèdent sont basés sur une égale consommation de volume de vapeur saturée et surchauffée pour un même travail à produire, mais si, on établit le travail théorique de 1 kg. de vapeur saturée et 1 kg. de vapeur surchauffée à 300° en se basant dans les deux cas sur l'équation de la détente adiabatique, et si on recherche ensuite par cheval-heure le poids de vapeur dépensé et le nombre correspondant de calories, on

trouve pour les économies théoriques en eau et charbon, les chiffres suivants (c p étant pris égal à 0,48) :

Tension de la vapeur.	Température de surchauffe	Economie théorique %	
		eau.	charbon.
13 kg.	300° C	10,99	3,95
11 kg.	300° C	13,33	6,13
9 kg.	300° C	14,96	7,21
7 kg.	300° C	16,75	8,56

Economie due à la réduction ou suppression des condensations

Lorsque la vapeur venant de la chaudière arrive dans les cylindres, elle se trouve en contact avec des parois qui ont été refroidies par la vapeur de décharge ; comme elle est bonne conductrice de la chaleur, elle se condense en partie en abandonnant sa chaleur latente qui passe au métal du cylindre. Vers la fin de la détente et surtout au commencement de l'émission, l'eau condensée est revaporisée par la chaleur cédée par les parois du cylindre, qui ont alors atteint une température plus élevée que celle de la vapeur d'échappement, et cette chaleur reprise aux cylindres s'écoule en pure perte dans l'atmosphère.

L'importance des condensations varie avec le timbre, le développement des surfaces refroidissantes et le degré de détente : elle peut atteindre jusqu'à 50 0/0 du poids total de vapeur qui sort de la chaudière.

En chauffant suffisamment la vapeur saturée dans un surchauffeur en communication avec la chaudière qui maintient sa pression constante, on en fait en quelque sorte un gaz parfait dont la propriété est d'être mauvaise conductrice de la chaleur et de se prêter mal aux échanges de calorique entre la vapeur et les cylindres.

Cette propriété n'est réellement atteinte que pour autant que la vapeur ne contienne plus de particules humides, car celles-ci non seulement refroidissent les particules surchauffées, mais leur conductibilité contribue au refroidissement du mélange. Une économie appréciable ne commence à se manifester qu'à partir d'une surchauffe d'au moins 50°, pour augmenter rapidement ensuite, et il est nécessaire que la température moyenne dans la boîte à tiroir atteigne 300° centigrades pour que la vapeur surchauffée soit homogène, c'est-à-dire ne contienne plus de particules humides ou saturées, et à partir de 320° de surchauffe toutes les condensations, même dans la machine à simple expansion, sont supprimées.

La chaleur absorbée par les parois des cylindres est alors fournie par un abaissement de la température de la vapeur au lieu de l'être par la condensation. Si la vapeur est fortement surchauffée, il peut même y avoir de la surchauffe à l'échappement, mais, même dans ce cas, les échanges de chaleur qui s'opèrent à chaque tour entre la vapeur et la matière des cylindres sont incomparablement moindres que s'il s'agissait de vapeur saturée ou de vapeur insuffisamment surchauffée susceptible de se condenser pendant le cycle : la température moyenne du cylindre reste plus élevée. D'où une économie appelée économie due à la température provenant de ce que la vapeur a été portée à un degré de surchauffe tel qu'elle peut se refroidir sans condensation.

Lors d'essais faits par l'inventeur, il a été constaté que pour chaque pour cent de vapeur condensée à la fin de l'admission avec la vapeur saturée, il faut 4° de surchauffe de la vapeur introduite pour éviter toute condensation jusqu'à ce point. Quand il se condense 25 0/0 de vapeur saturée pendant l'admission, il faudrait 100° de surchauffe pour qu'elle se maintienne sèche. Si on suppose que chaque cylindrée correspond à un kilogr. de vapeur, l'admission totale aura été, avec 25 0/0 de condensation, de $1/0.75 = 4/3$ kilogr. : chaque kilogr. de vapeur à 13 kilogr. de pression nécessitant 664 calories pour sa production, la transfor-

mation en vapeur de $4/3$ kilogr. d'eau absorbera $\frac{664 \times 4}{3} = 885$

calories. Avec la vapeur surchauffée de 100°, 1 kilogr. ne nécessitera que $664 + (0.54 \times 100) = 718$ calories, d'où une économie

de $\frac{(885 - 718) 100}{885} = 18.9$ 0/0 du fait que la température de la va-

peur est assez élevée pour pouvoir se refroidir sans condensation immédiate.

Comme correctif à ce qui précède, il y a lieu de tenir compte de ce que :

1° Les pertes internes ne sont que réduites et non supprimées par la surchauffe ;

2° Il peut même subsister de la surchauffe au moment de l'échappement ;

3° Le surchauffeur n'utilise pas aussi bien le calorique que la chaudière. Les gaz qui entrent dans les tubes de surchauffe les quittent à une température plus élevée que ceux sortant des tubes à fumée et constituent une perte dans le rendement de la

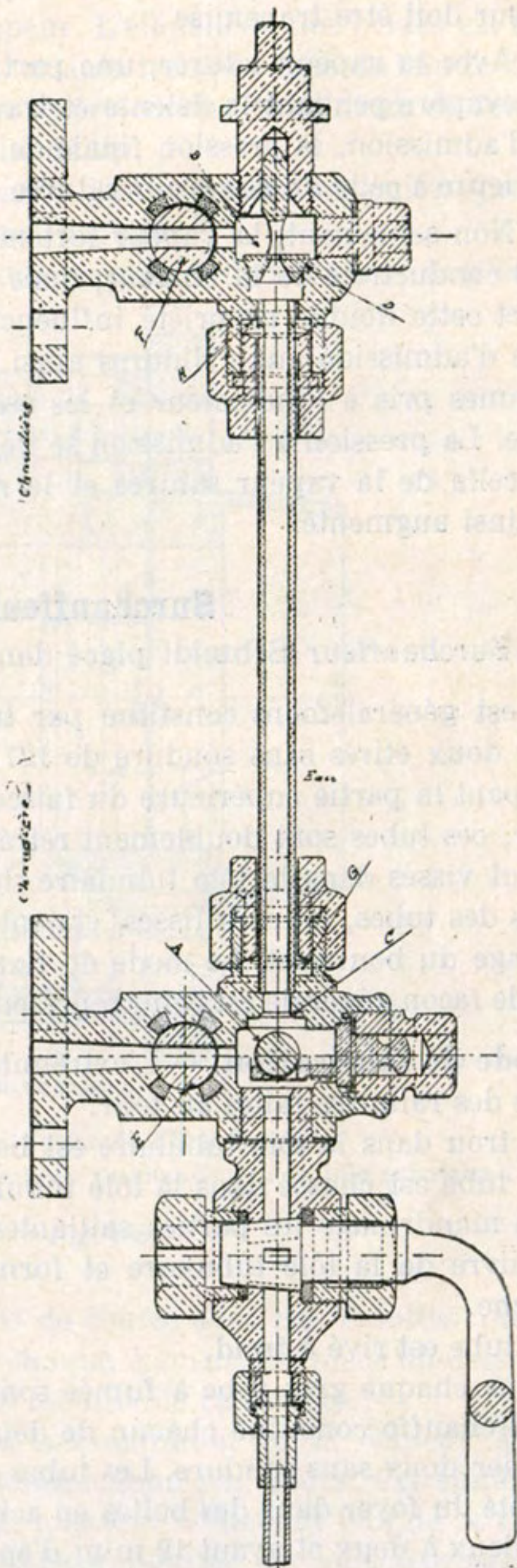
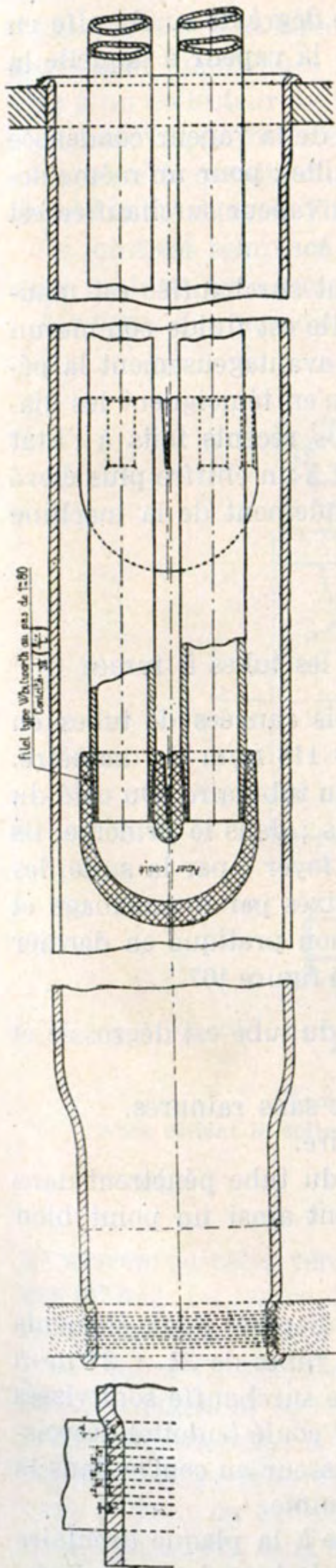


Fig. 167 et 1671.

chaudière. Cette perte augmente avec le degré de surchauffe en raison de la température plus élevée de la vapeur à laquelle la chaleur doit être transmise ;

4° Avec la vapeur saturée, une partie de la vapeur condensée se réévapore pendant la détente et travaille : pour un même degré d'admission, la pression finale de la vapeur surchauffée est inférieure à celle de la vapeur saturée ;

5° Non seulement, la vapeur fortement surchauffée est mauvaise conductrice de la chaleur, mais elle est fluide comme un gaz et cette double propriété influence avantageusement la période d'admission aux cylindres ainsi qu'en témoignent les diagrammes pris à l'indicateur et les essais récents faits à l'Etat Belge. La pression à l'admission se tient à un chiffre plus élevé que celle de la vapeur saturée et le rendement de la machine est ainsi augmenté.

Surchauffeur

Surchauffeur Schmidt placé dans les tubes à fumée

Il est généralement constitué par trois rangées de tubes en acier doux étirés sans soudure de 127×118 m/m de diamètre, occupant la partie supérieure du faisceau tubulaire. Du côté du foyer, ces tubes sont doublement rétrécis ; dans le principe, ils étaient vissés dans la tôle tubulaire du foyer ; par la suite, les bouts des tubes, tournés lisses, étaient fixés par mandrinage et rivetage du bourrelet. Le mode de fixation pratiqué en dernier lieu de façon générale est celui représenté figure 167.

Mode de fabrication. — L'extrémité du tube est dégrossie et porte des rainures faites au tour.

Le trou dans la tôle tubulaire est lisse sans rainures.

Le tube est chassé dans la tôle tubulaire.

Au mandrinage les parties saillantes du tube pénètrent dans le cuivre de la tôle tubulaire et forment ainsi un point bien étanche.

Le tube est rivé à froid.

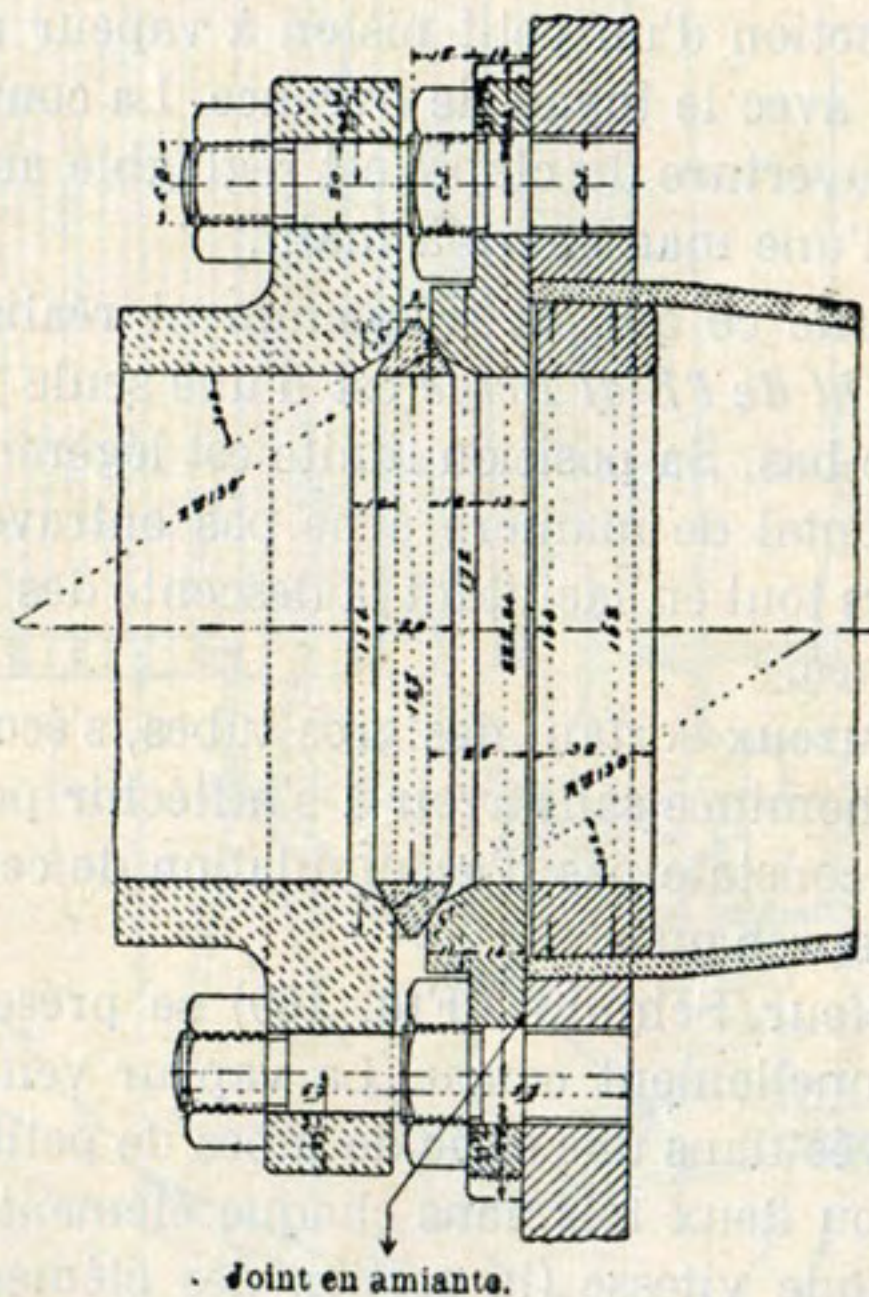
Dans chaque gros tube à fumée sont disposés deux éléments de surchauffe constitué chacun de deux tubes de 34×27 m/m en acier doux sans soudure. Les tubes de surchauffe sont vissés du côté du foyer dans des boîtes en acier coulé (culotte) décroisées deux à deux et ayant 12 m/m d'épaisseur au centre dans la partie exposée à l'action directe de la flamme.

La distance de l'extrémité de la culotte à la plaque tubulaire du foyer varie de 0.66 à 0.75 m., suivant le type de la machine.

Les tubes s'infléchissent dans la boîte à fumée et leurs extrémités sont maintenues dans des brides fixées par quatre boulons à un collecteur de vapeur. L'étanchéité des brides est assurée au moyen de joints en amiante trempés dans de l'huile de lin et recouverts ensuite d'une légère couche de minium de fer également dilué dans de l'huile de lin.

Ce joint est remplacé par le joint s/Goedze en cuivre profilé, sans couture, avec amiante graphité.

Les tubes de chaque élément sont maintenus à leur écartement



Chemins de fer de l'État belge.

Joint reliant le collecteur du surchauffeur à la tôle tubulaire.

Fig. 168.

au moyen de cales venues de coulée avec les culottes qui les assemblent. Le centre de chaque élément est placé au-dessus du centre du tube, en vue de faciliter le ramonage.

Les tubes U, destinés à la circulation de la vapeur à surchauffer, mettent en communication par leurs extrémités les deux compartiments d'un collecteur contenant l'un de la vapeur saturée, l'autre de la vapeur surchauffée. Ce collecteur est placé dans le haut de la boîte à fumée, contre la tôle tubulaire ; il prend appui sur deux cornières rivées à la boîte à fumée, *et son contact avec celle-ci doit être bien assuré au montage*, afin qu'il

ne pèse pas sur le joint qui le relie à la tôle tubulaire. Dans le but d'assurer une certaine mobilité à l'ensemble de l'installation, ce joint est en lentille (FIG. 168).

Dans la boîte à fumée, les extrémités des tubes de surchauffe sont enfermées dans une chambre en tôle. Pendant la marche à vide, il ne circule pas de vapeur dans les petits tubes de surchauffe et le passage des gaz dans les gros tubes est entravé par un clapet obturateur maintenu fermé par des contrepoids.

Dès qu'on ouvre la prise de vapeur, le clapet de l'étouffoir s'ouvre sous l'action d'un petit piston à vapeur automatique en communication avec le tuyau de livraison. La course de ce piston et par suite l'ouverture du clapet est réglable au gré du machiniste à l'aide d'une manœuvre à main.

A l'encontre de ce qui est fréquemment réalisé, le clapet de l'étouffoir des *hl de l'Etat Belge* est d'une seule pièce et s'ouvre du haut vers le bas. Sa position limite est légèrement en dessous du plan horizontal de manière à ne pas entraver le tirage des tubes inférieurs tout en facilitant la descente des escarbilles dans la boîte à fumée.

Le courant gazeux sortant des gros tubes, s'écoule en ligne directe vers la cheminée sans avoir à s'infléchir pour se redresser ensuite, on ne constate pas d'accumulation de cendrées dans les gros tubes de surchauffe.

Le surchauffeur Schmidt (FIG. 169) se présente comme un appareil rationnellement conçu. La vapeur venant de la chaudière est envoyée dans une série de tubes de petit diamètre ; elle y circule une ou deux fois dans chaque élément en double parcours et à grande vitesse (la section des éléments n'est que le vingtième en moyenne de la surface du piston). La division de la vapeur en filets minces est particulièrement propice à la haute surchauffe de toutes les particules, en même temps que la grande vitesse assure le refroidissement des parois et la conservation des tubes.

Le surchauffeur est constitué d'éléments multiples, simples, indépendants, facilement accessibles et démontables, à libre dilatation.

Le ramonage des gros tubes n'offre aucune difficulté.

Le machiniste est absolument maître de l'intensité de la surchauffe ; il la règle suivant le travail que doit donner la *hl*.

Dès que le modérateur est fermé, les gaz du foyer cessent automatiquement de traverser l'appareil.

La vapeur surchauffée passe du collecteur aux cylindres sans chute de température.

Bien que logé dans le corps cylindrique, le surchauffeur forme un appareil indépendant de la chaudière. Solidement constitué, il assume le rôle de porter la température de la vapeur de 190°

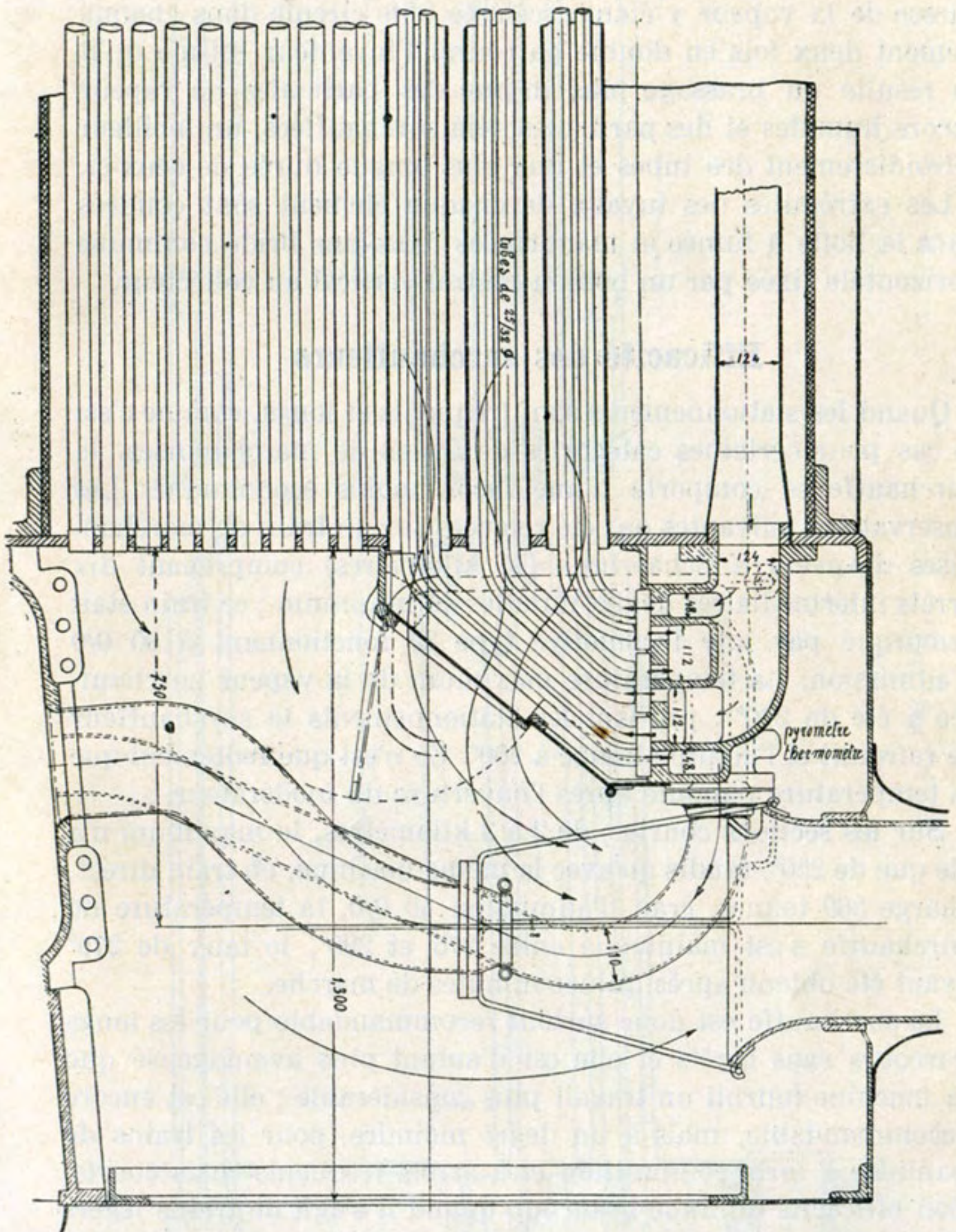


Fig. 169.

jusque 350°; la chaudière proprement dite, c'est-à-dire, l'organisme le plus coûteux et le plus compliqué, ne supporte aucune fatigue additionnelle : elle se borne à fournir de la vapeur saturée à la même température qu'avant l'applicatoir du surchauffeur.

Surchauffeur Schmidt à double circuit. (FIG. 170).

Les essais auxquels il a été procédé ont établi la supériorité de ce dispositif sur le premier (FIG. 169).

Le nouveau dispositif constitue donc une amélioration. La vitesse de la vapeur y étant accélérée (elle circule dans chaque élément deux fois en double parcours) l'inventeur estime qu'il en résulte un brassage plus intime des particules de vapeur encore humides et des particules déjà surchauffées, un meilleur refroidissement des tubes et une plus longue durée de ceux-ci.

Les extrémités des tuyaux de chaque élément sont coudées dans la boîte à fumée et mandrinées dans une bride commune horizontale fixée par un boulon central vertical au collecteur.

Efficacité des surchauffeurs

Quand les stationnements sont fréquents et longs, comme c'est le cas pour certaines catégories de trains de marchandises, la surchauffe se comporte d'une façon moins économique. Les observations suivantes ont été relevées sur un train de marchandises d'Anvers à Schaerbeek (41 kilomètres) comprenant dix arrêts intermédiaires de dix minutes au minimum ; ce train était remorqué par une locomotive type 32 fonctionnant à 30 0/0 d'admission. La température maximum de la vapeur surchauffée a été de 270° : pendant les stationnements le surchauffeur se refroidit et l'aiguille tombe à 200°. Ce n'est que lentement que la température remonte après l'ouverture du modérateur.

Sur les sections courtes, de 2 à 3 kilomètres, le maximum n'a été que de 250°, tandis qu'avec la même machine, en train direct, charge 860 tonnes, cran d'admission 40 0/0, la température de surchauffe s'est maintenue entre 275 et 290°, le taux de 275° ayant été obtenu après quinze minutes de marche.

La surchauffe est donc surtout recommandable pour les longs parcours sans arrêts et elle est d'autant plus avantageuse que la machine fournit un travail plus considérable ; elle est encore recommandable, mais à un degré moindre, pour les trains de banlieue à forte composition et à arrêts fréquents mais courts. Son efficacité diminue beaucoup quand il s'agit de trains légers de banlieue ou de trains de marchandises à arrêts rapprochés de quelque durée.

La supériorité des locomotives à surchauffe ne dépend pas seulement de l'espèce de trains desservis : elle est également liée au profil des lignes parcourues. Les lignes de niveau sur lesquelles le régime de la locomotive reste pour ainsi dire constant

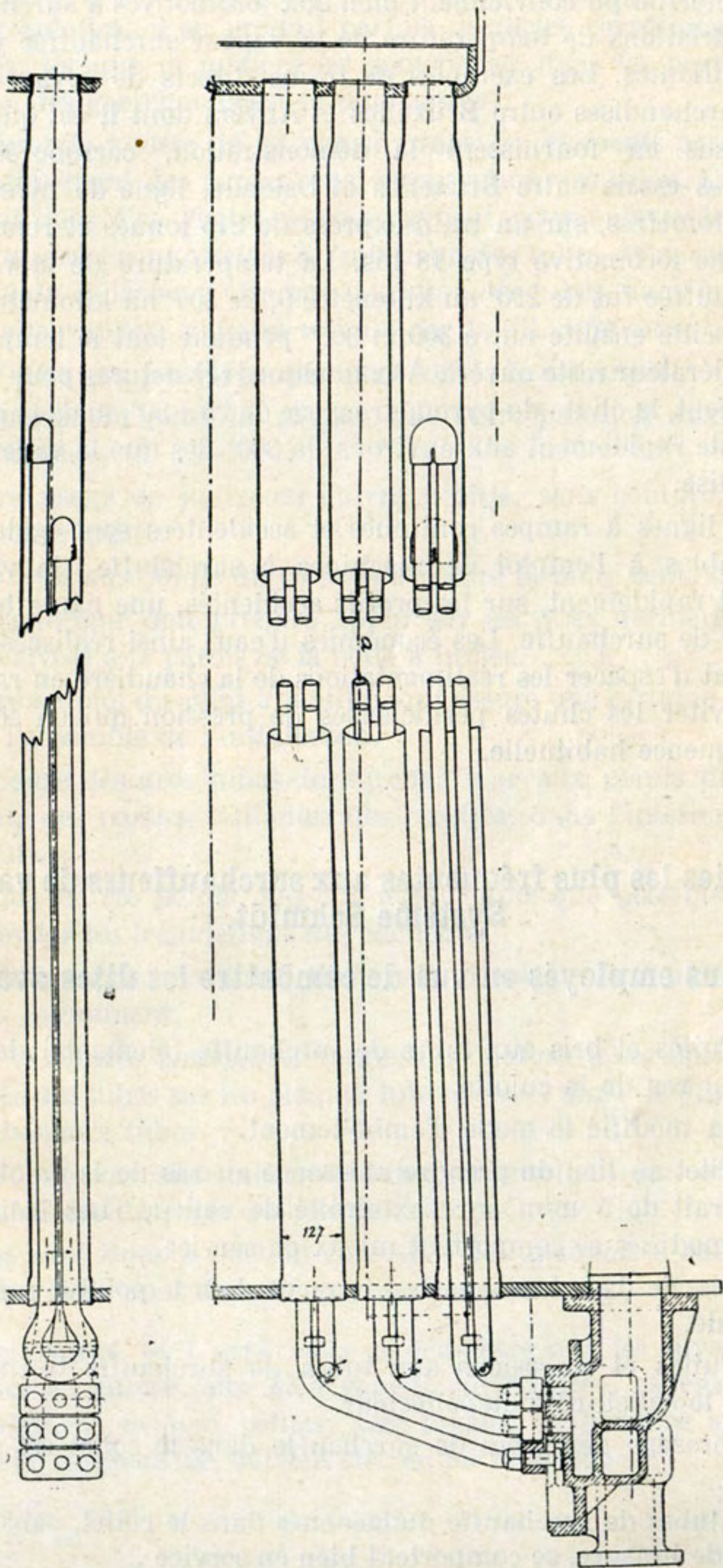


Fig. 170.

et ininterrompu conviennent bien aux locomotives à surchauffe. Les variations de température de la vapeur surchauffée y sont insignifiantes. Les exemples de trains directs de voyageurs et de marchandises entre Bruxelles et Anvers dont il est question ci-dessus en fournissent la démonstration, corroborée par d'autres essais entre Bruxelles et Ostende, ligne de niveau de 125 kilomètres, sur un train express de 275 tonnes et remorqué par une locomotive type 18 bis. La température de la vapeur surchauffée fut de 290° au kilomètre 6, de 300° au kilomètre 19 ; elle oscille ensuite entre 300 et 305° pendant tout le temps que le modérateur reste ouvert. Aux quelques fermetures pour ralentissement, la chute du pyromètre varie de 25 à 30°, mais l'aiguille remonte rapidement aux environs de 300° dès que la vapeur est réadmise.

Les lignes à rampes continues et accidentées sont également favorables à l'emploi de machines à surchauffe ; la vapeur atteint rapidement, sur les profils accidentés, une haute température de surchauffe. Les économies d'eau, ainsi réalisées, permettent d'espacer les réalimentations de la chaudière en rampes et d'éviter les chutes pernicieuses de pression qui en sont la conséquence habituelle.

Avaries les plus fréquentes aux surchauffeurs de vapeur Système Schmidt.

Moyens employés en vue de combattre les dites avaries.

1° Fuites et bris aux tubes de surchauffe (éléments) dans le filet au ras de la culotte.

On a modifié le mode d'emboîtement.

Le filet au lieu de prendre naissance au ras de la culotte est en retrait de 5 m/m sur l'extrémité de celle-ci. Les éléments ainsi modifiés se comportent mieux en service.

On essaie dans le même but le raccord en U pointu, renforcé et soudé.

2° Fuites et corrosions aux tubes de surchauffe (éléments) contre le collet, côté du collecteur.

Le brasage des tubes de surchauffe dans le collet est abandonné.

Les tubes de surchauffe dudgeonnés dans le collet, sans faire usage de brasure, se comportent bien en service.

3° Culottes et tubes de surchauffe brûlés, ceux-ci sur une longueur atteignant parfois 30 centimètres.

Aux culottes, il se produit parfois de fortes corrosions extérieures, lorsque la matière est spongieuse, dans les parties où l'action des gaz chauds est la plus active.

La grande vitesse de la vapeur dans les éléments assure le refroidissement des parois et la conservation des tubes. Ceux-ci doivent donc être visités périodiquement pour enlever le cambouis qui se forme parfois à l'intérieur des tubes de surchauffe du côté du collecteur, afin que la section des tubes, dans lesquels circule la vapeur, soit peu réduite par le dit cambouis.

4° Fuites aux joints des éléments contre le collecteur.

La portée du joint des éléments doit être parallèle aux tubes de l'élément.

Faire usage de joints en cuivre profilé, sans couture, avec amiante graphité.

5° Fuites aux joints du collecteur contre la boîte tubulaire.

Le collecteur doit prendre appui sur les deux dernières cornières rivées aux parois de la boîte à fumée.

Faire emploi du joint à lentille, qui assure une certaine mobilité à l'ensemble de l'installation.

6° Usure des gros tubes du surchauffeur aux points de frottement, des parties saillantes des culottes, dans l'intérieur des gros tubes.

Le jeu en ces points doit être aussi faible que possible et ce pour éviter les trépidations des éléments.

7° Fuites aux gros tubes du surchauffeur de la rangée inférieure notamment.

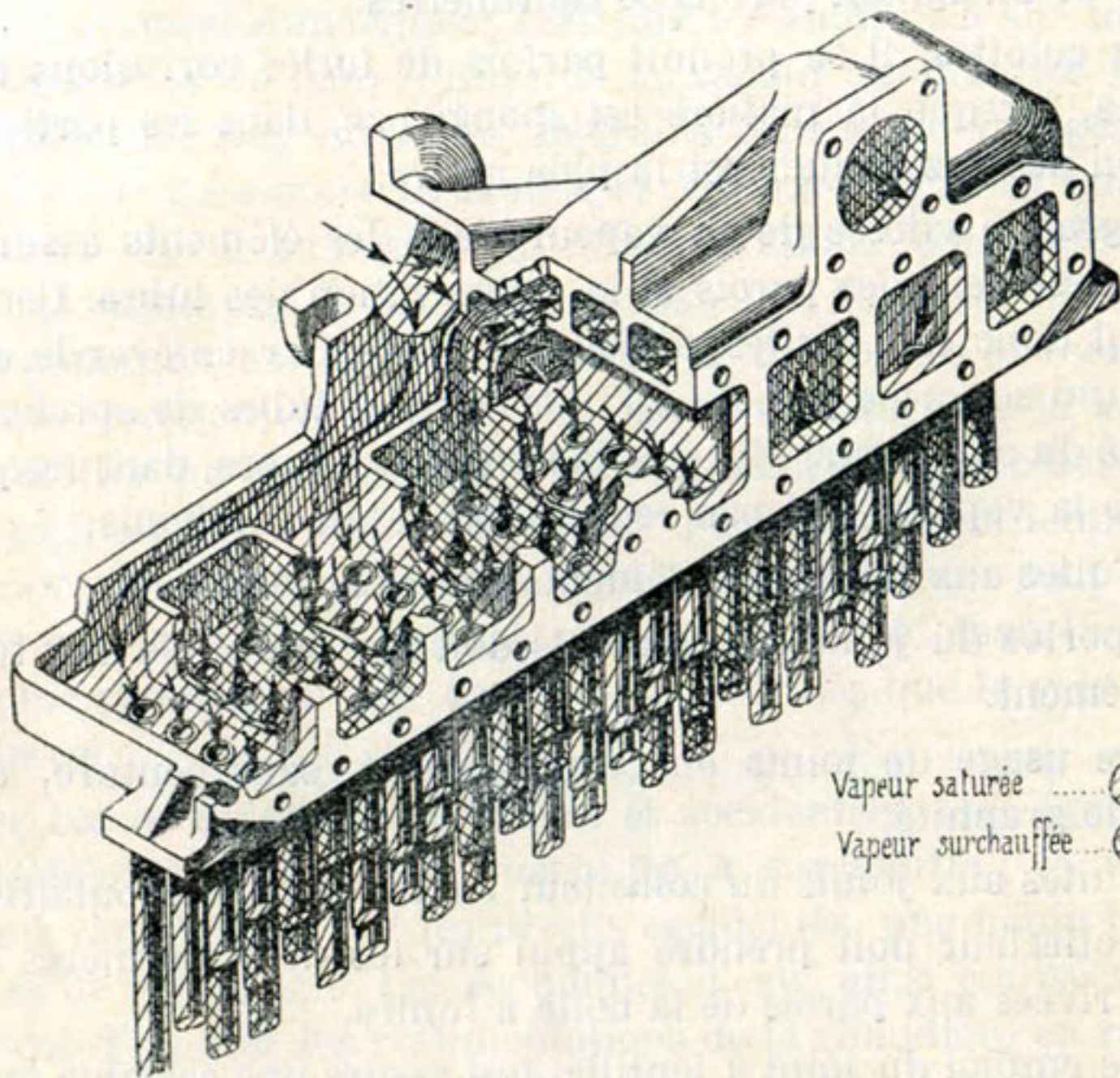
Les tubulures homogènes seraient de nature à régulariser la poussée des tubes sur les plaques tubulaires et ainsi de diminuer les fuites aux tubes.

8° Fortes corrosions aux gros tubes du surchauffeur contre la tôle tubulaire du foyer du côté de l'eau.

Elles sont dues à l'action corrosive des mauvaises eaux. Le remède réside donc dans l'épuration des eaux.

Remarques. — L'expérience a démontré que les tuyaux de livraison en cuivre, aux *hl* à vapeur surchauffée, cèdent et se désemboîtent de leur collets. Les tuyaux de livraison aux *hl* à vapeur surchauffée, doivent être en fer homogène.

Surchauffeur « Robinson » (FIG. 171)





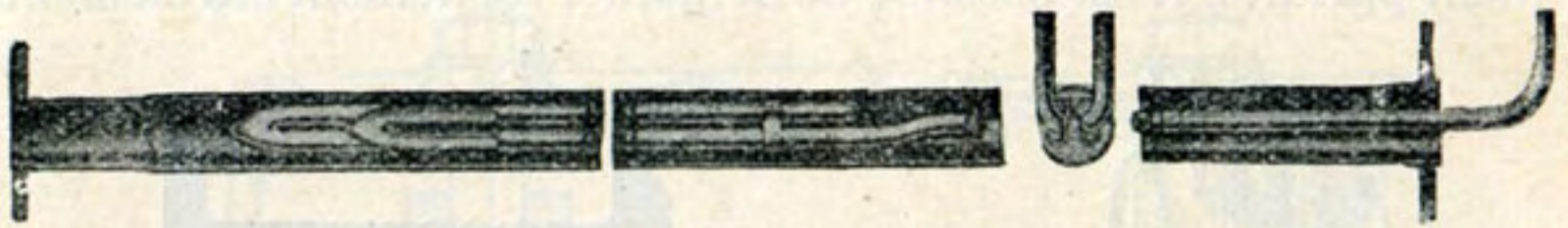
Vapeur saturée 
Vapeur surchauffée..... 

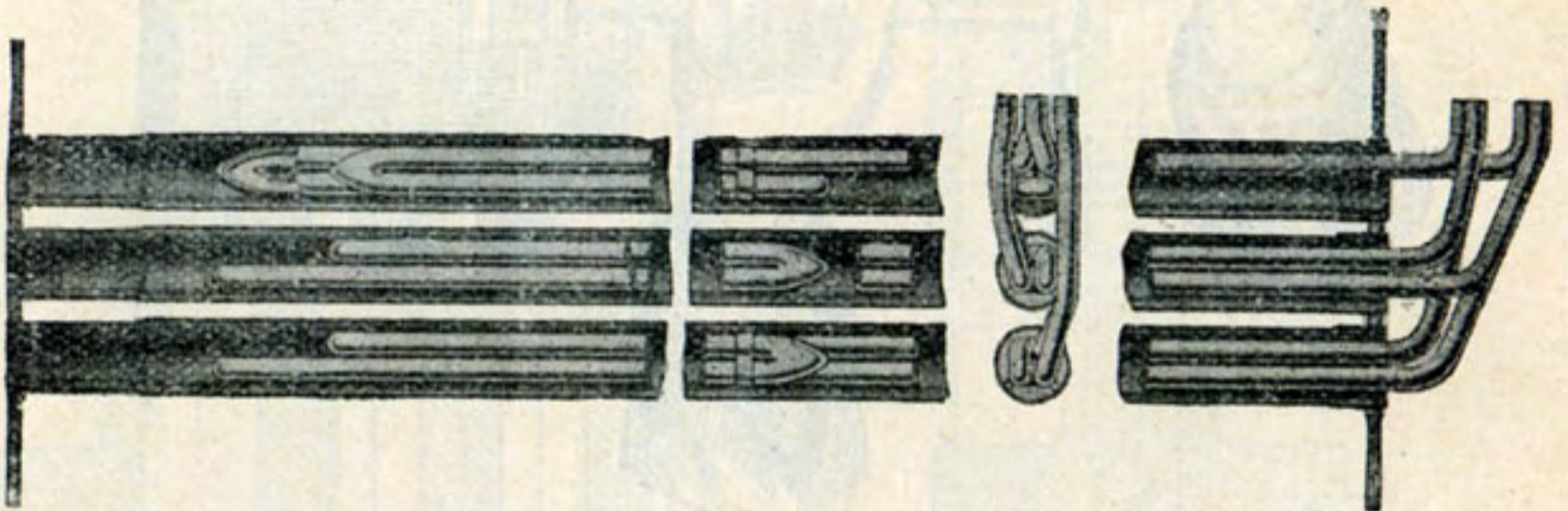


Fig. 171

Disposition des tubes à fumée et des éléments surchauffeurs (FIG. 172)



Tube à fumée et élément pour surchauffeur type « A ».



Tubes à fumée et éléments pour surchauffeur type « B ».



Tubes à fumée et élément pour surchauffeurs type « C » et « D ».

Fig. 172.

Fixation des éléments surchauffeurs dans la plaque tubulaire du collecteur (FIG. 173).

La fixation des éléments surchauffeurs dans la plaque tubulaire du collecteur se fait par simple dudgeonnage, comme le montre la figure 173. Ce dudgeonnage assure un joint parfait et évite l'emploi de brides, boulons, goujons, etc. Alors qu'un tube à fumée dudgeonné sur les plaques tubulaires d'une chaudière fait travailler ces plaques et les joints sous l'effet de la dilatation; ici, au contraire, les éléments surchauffeurs étant libres à une de leurs extrémités, peuvent se dilater librement sans soumettre les joints à aucun effort.

Démontage des éléments de la plaque tubulaire du collecteur (FIG. 174).

Quoique la fixation des éléments surchauffeurs soit absolument parfaite, il est possible de démonter facilement ces éléments

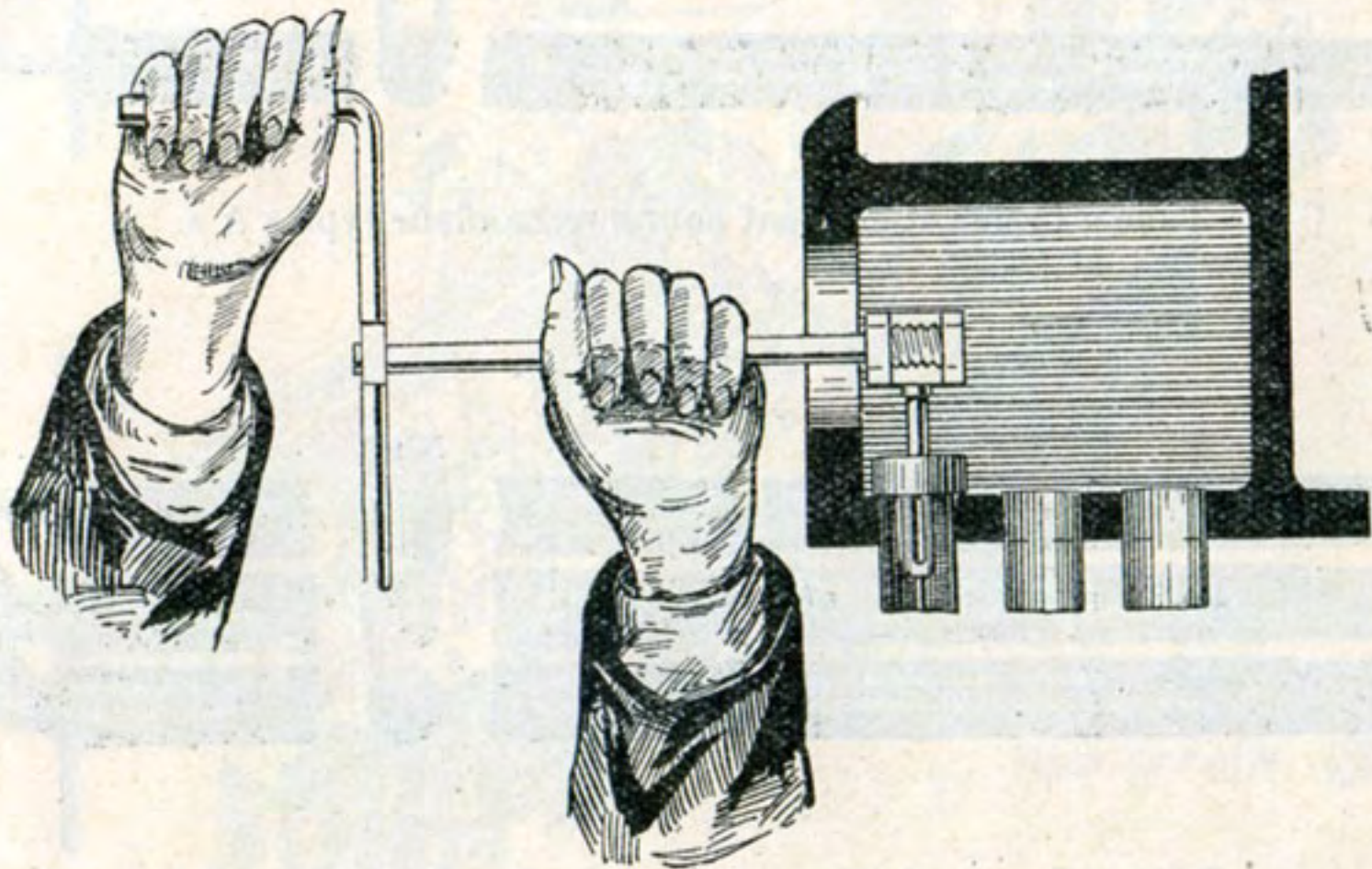


Fig. 173

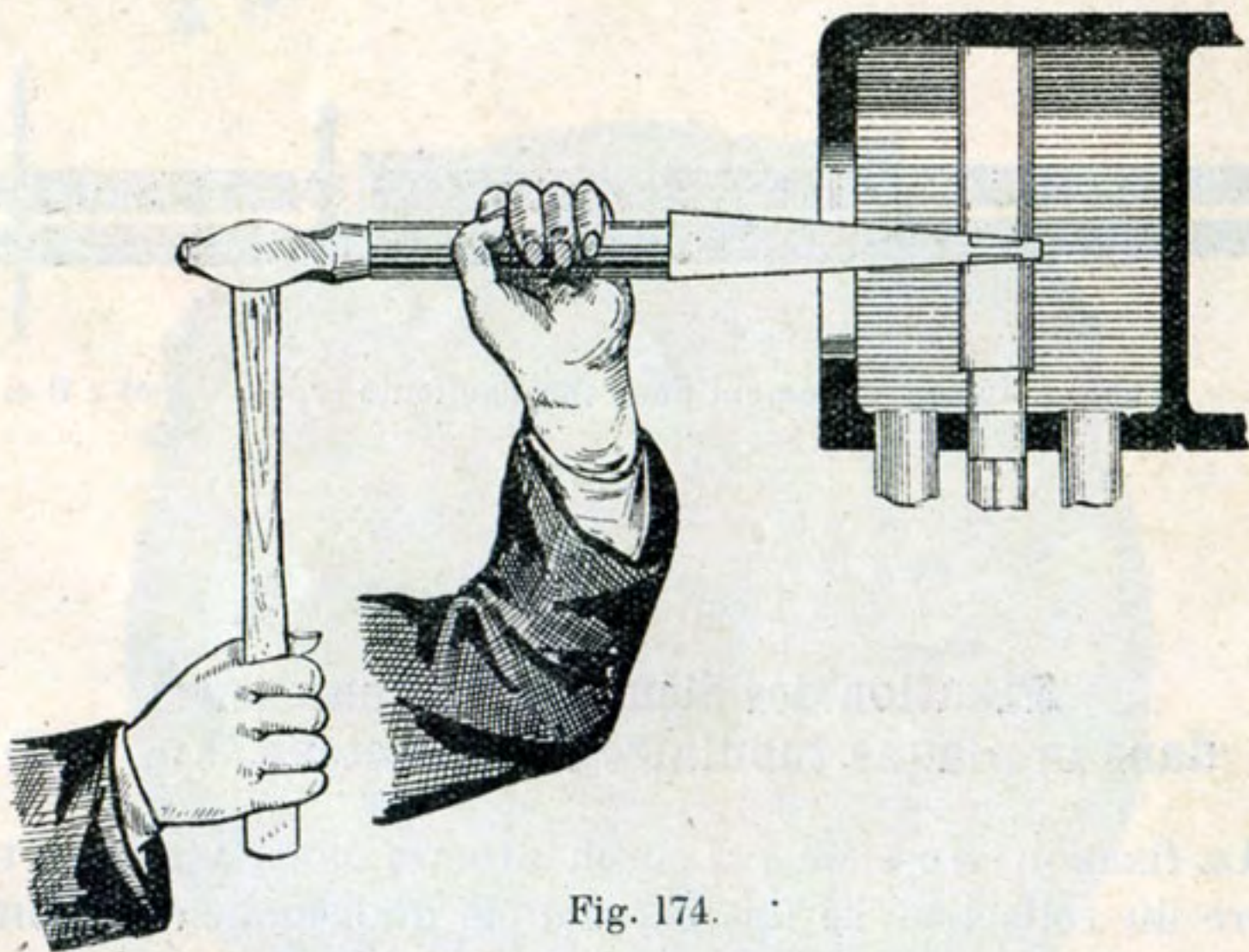


Fig. 174.

si l'on se sert des outils convenables. Après leur démontage, les éléments peuvent être remis en place par un nouveau dudgeon-
nage. Ces opérations peuvent être répétées plusieurs fois sans que l'épaisseur des extrémités des tubes en soit altérée et sans que les trous des plaques des collecteurs en soient détériorés.

Les outils employés pour effectuer ces diverses opérations sont représentés sur la figure 174.

Circulation de la vapeur dans les éléments surchauffeurs pendant la marche à régulateur fermé.
Soupape de circulation (FIG. 175).

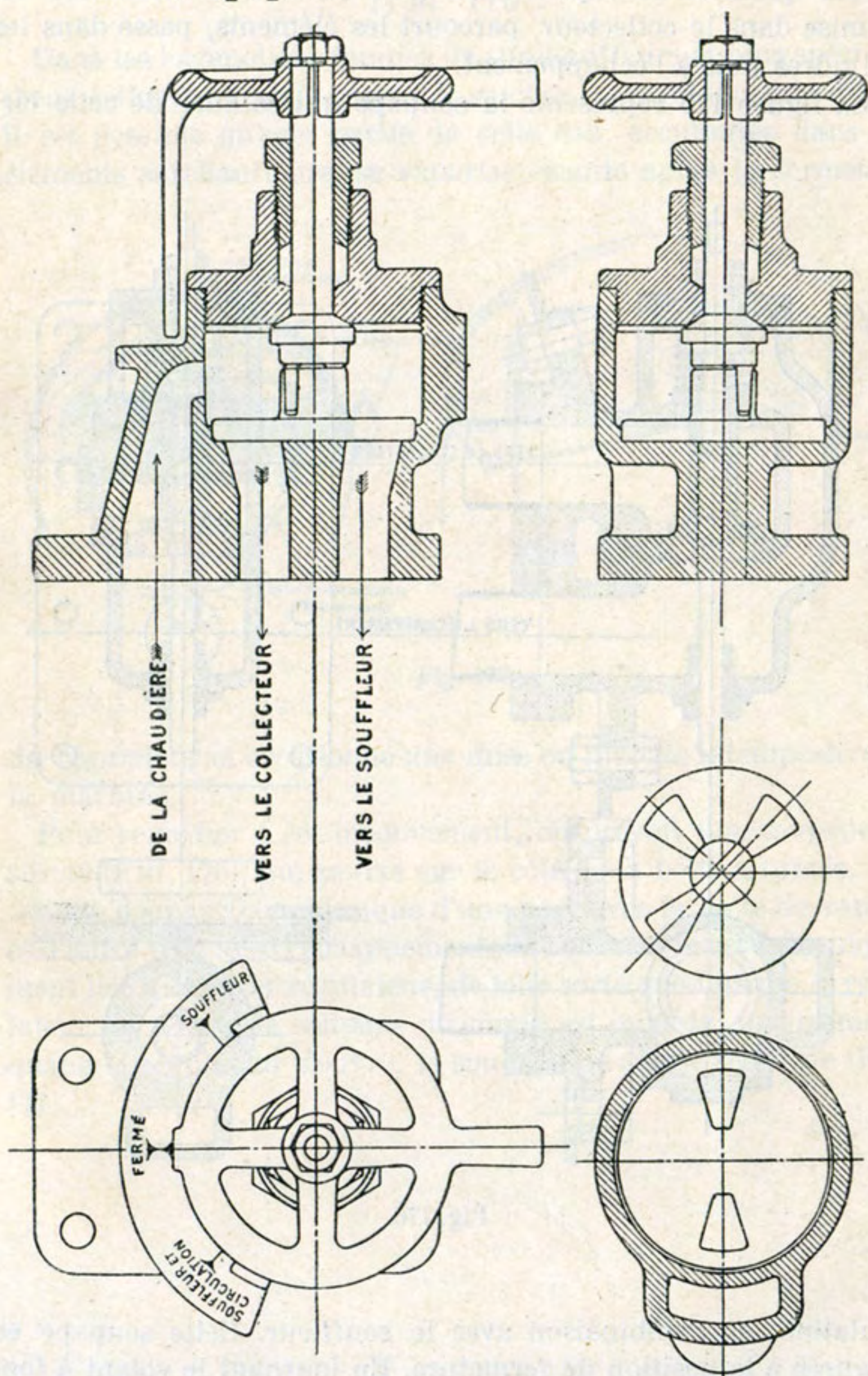


Fig. 175.

Quand une locomotive est destinée à un service comportant une marche fréquente à régulateur fermé, il est bon de la munir d'une soupape de circulation de vapeur dans le but d'assurer la

bonne lubrification des surfaces frottantes (tiroirs, etc.) et d'éviter un échauffement des éléments surchauffeurs. A cet effet, une faible quantité de vapeur saturée venant de la chaudière est admise dans le collecteur, parcourt les éléments, passe dans les cylindres puis à l'échappement.

La figure 175 représente la soupape qui commande cette cir-

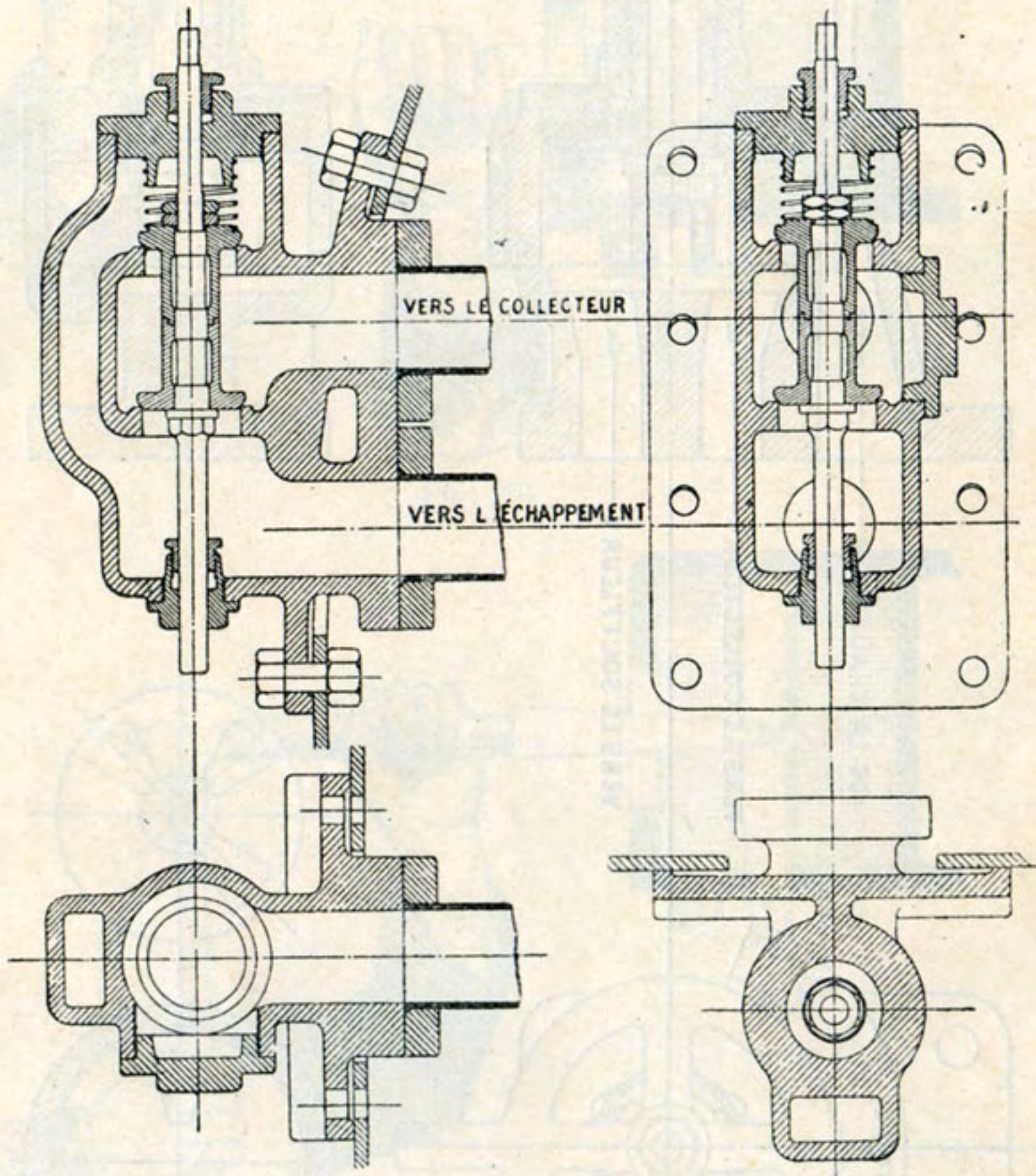


Fig. 176.

ulation, en combinaison avec le souffleur. Cette soupape est figurée à la position de fermeture. En tournant le volant à fond vers la droite ou vers la gauche, on actionne soit seulement le souffleur, soit à la fois le souffleur et la circulation de vapeur. La soupape se fixe sur la boîte à feu, à la place du robinet du souffleur ordinaire.

Mise en marche intempestive des locomotives à surchauffe. Soupape de sûreté (FIG. 176).

Dans les locomotives munies de surchauffeurs et plus spécialement celles de grande capacité, sujettes à entraînements d'eau, il est possible qu'une partie de cette eau, accumulée dans les éléments surchauffeurs, se vaporise ensuite après la fermeture

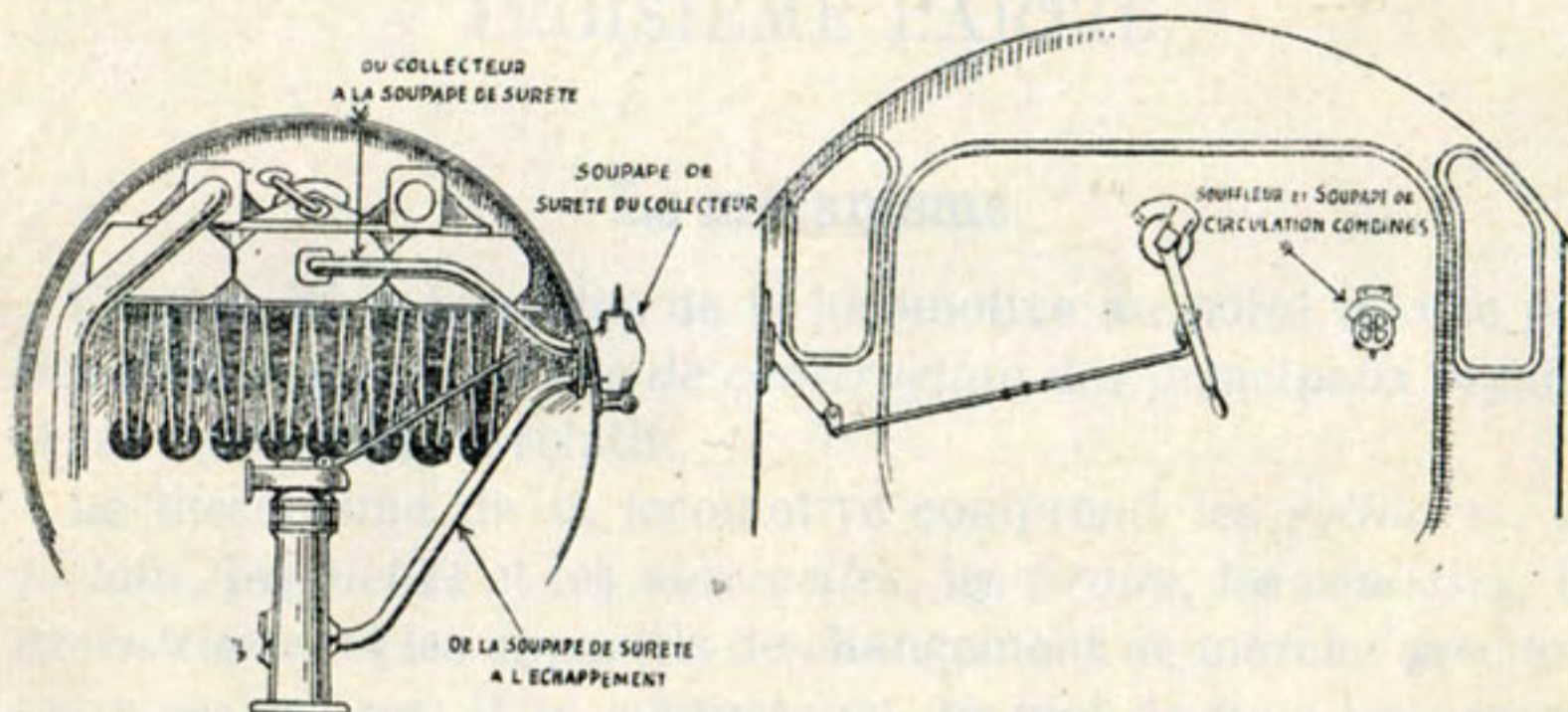


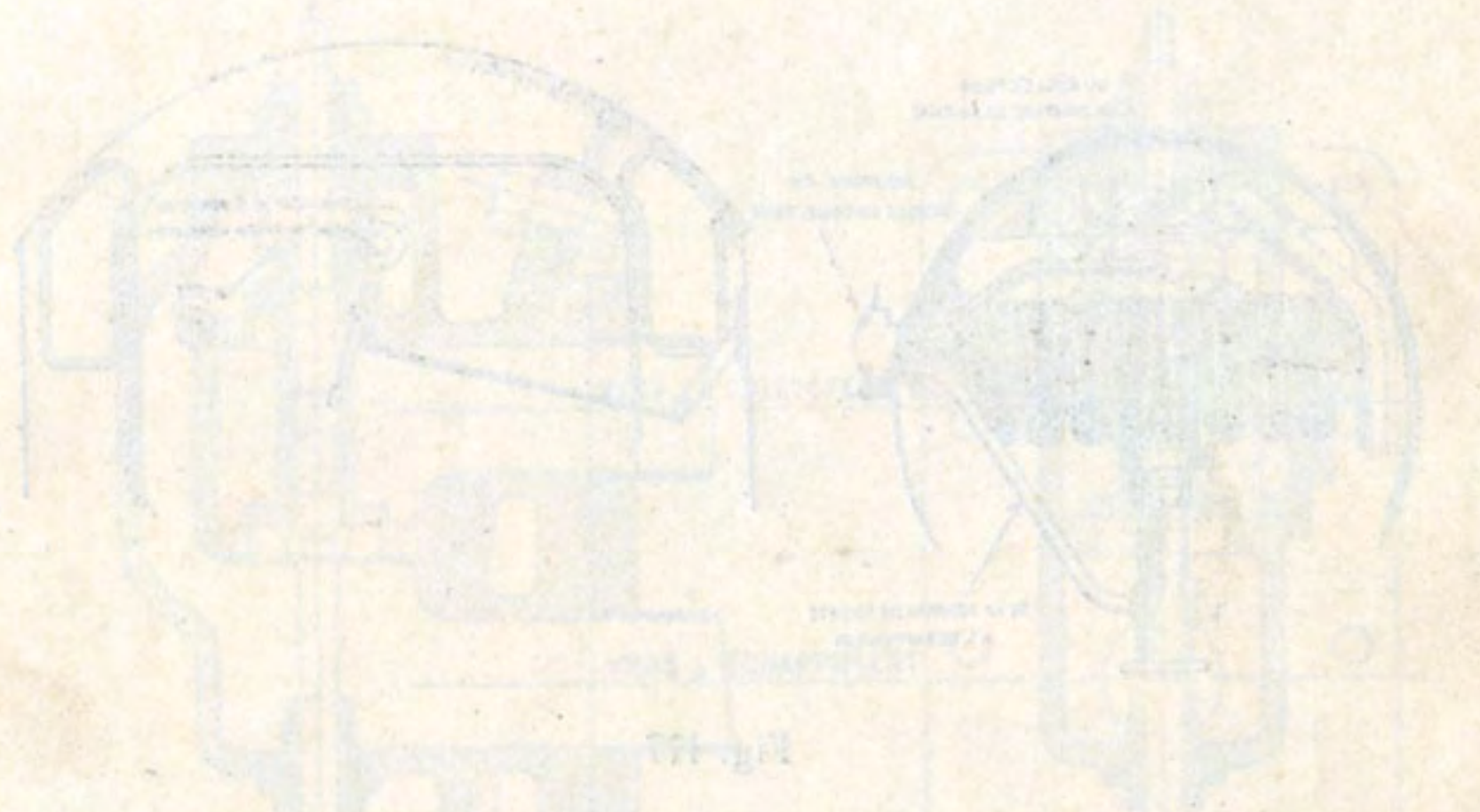
Fig. 177.

du régulateur et occasionne une mise en marche intempestive de la machine.

Pour remédier à cet inconvénient, on prévoit une soupape de sûreté (FIG. 176), qui se fixe sur le côté de la boîte à fumée.

Cette soupape communique d'une part avec la boîte de vapeur et d'autre part avec l'échappement. Sa commande est mécaniquement liée à celle du régulateur, de telle sorte que lorsque le régulateur est fermé, la soupape de sûreté est ouverte; inversement, quand le régulateur s'ouvre, la soupape de sûreté se ferme (FIG. 177).

Mise en marche des locomotives à vapeur
 Dans les locomotives à vapeur, les cylindres sont disposés de manière à ce que les pistons agissent sur les bielles qui sont attachées aux manivelles. Les manivelles sont fixées à l'axe de rotation des roues motrices. Les bielles sont fixées aux pistons et aux manivelles. Les pistons sont fixés aux cylindres. Les cylindres sont fixés à la chaudière. Les manivelles sont fixées à l'axe de rotation des roues motrices. Les bielles sont fixées aux pistons et aux manivelles. Les pistons sont fixés aux cylindres. Les cylindres sont fixés à la chaudière.



Le mouvement de rotation des roues motrices est communiqué aux roues à vapeur par les bielles et les manivelles. Les bielles sont fixées aux pistons et aux manivelles. Les pistons sont fixés aux cylindres. Les cylindres sont fixés à la chaudière. Les manivelles sont fixées à l'axe de rotation des roues motrices. Les bielles sont fixées aux pistons et aux manivelles. Les pistons sont fixés aux cylindres. Les cylindres sont fixés à la chaudière.

Les roues à vapeur sont fixées à l'axe de rotation des roues motrices. Les bielles sont fixées aux pistons et aux manivelles. Les pistons sont fixés aux cylindres. Les cylindres sont fixés à la chaudière. Les manivelles sont fixées à l'axe de rotation des roues motrices. Les bielles sont fixées aux pistons et aux manivelles. Les pistons sont fixés aux cylindres. Les cylindres sont fixés à la chaudière.