

CHAPITRE III

BOITE A FEU ET FOYER

La partie arrière de la chaudière de locomotive a une forme caractéristique. Elle comprend schématiquement deux boîtes en tôle placées l'une dans l'autre (*fig. 1*). La boîte extérieure est la boîte à feu proprement dite, la boîte intérieure est le foyer.

Le foyer est une caisse prismatique ouverte à la partie inférieure où se trouve la grille. Il comprend quatre parois sensiblement verticales et un fond supérieur ou ciel de foyer.

La boîte à feu a sensiblement la même forme que le foyer, mais avec de plus grandes dimensions. Sa partie supérieure est souvent en prolongement du corps cylindrique.

Le foyer et la boîte à feu sont réunis en bas par un cadre généralement en fer forgé.

La forme prismatique du foyer et de la boîte à feu a été adoptée pour avoir une chambre de combustion du plus grand volume possible dans les limites imposées par le gabarit, mais elle n'est pas favorable à la résistance des parois. Il est nécessaire de consolider ces parties. On y arrive en réunissant par des entretoises et des tirants suffisamment rapprochés les uns des autres toutes les faces parallèles ou en consolidant isolément les surfaces planes par des armatures ou des fermes.

Sous la grille sur laquelle se fait la combustion du charbon se trouve le cendrier qui est une boîte destinée à recevoir les cendres pendant la marche de la locomotive.

L'ouverture pratiquée dans les faces arrières de boîte à feu et de foyer reçoit une porte, dite porte de foyer; elle est normalement fermée et est ouverte par le chauffeur, soit pour le chargement, soit pour arranger son feu à l'aide d'outils appropriés.

1^o Boîte à feu

a) Différents types.

On distingue deux types principaux de boîtes à feu, celles à berceau cylindrique et celles à faces planes.

Les boîtes à feu à berceau cylindrique sont cintrées dans leur partie supérieure suivant un demi-cylindre ayant généralement le même axe que le corps cylindrique; les parois se prolongent parallèlement aux faces latérales de foyer (*fig. 2*) machines 231-500, 140-100, etc... Elles présentent l'avantage d'une grande facilité de construction. Elles se raccordent directement avec le corps cylindrique d'où économie d'une demi-plaque emboutie.

Les boîtes à feu sont dites renflées lorsque le diamètre du berceau cylindrique est plus

CHAUDIÈRE

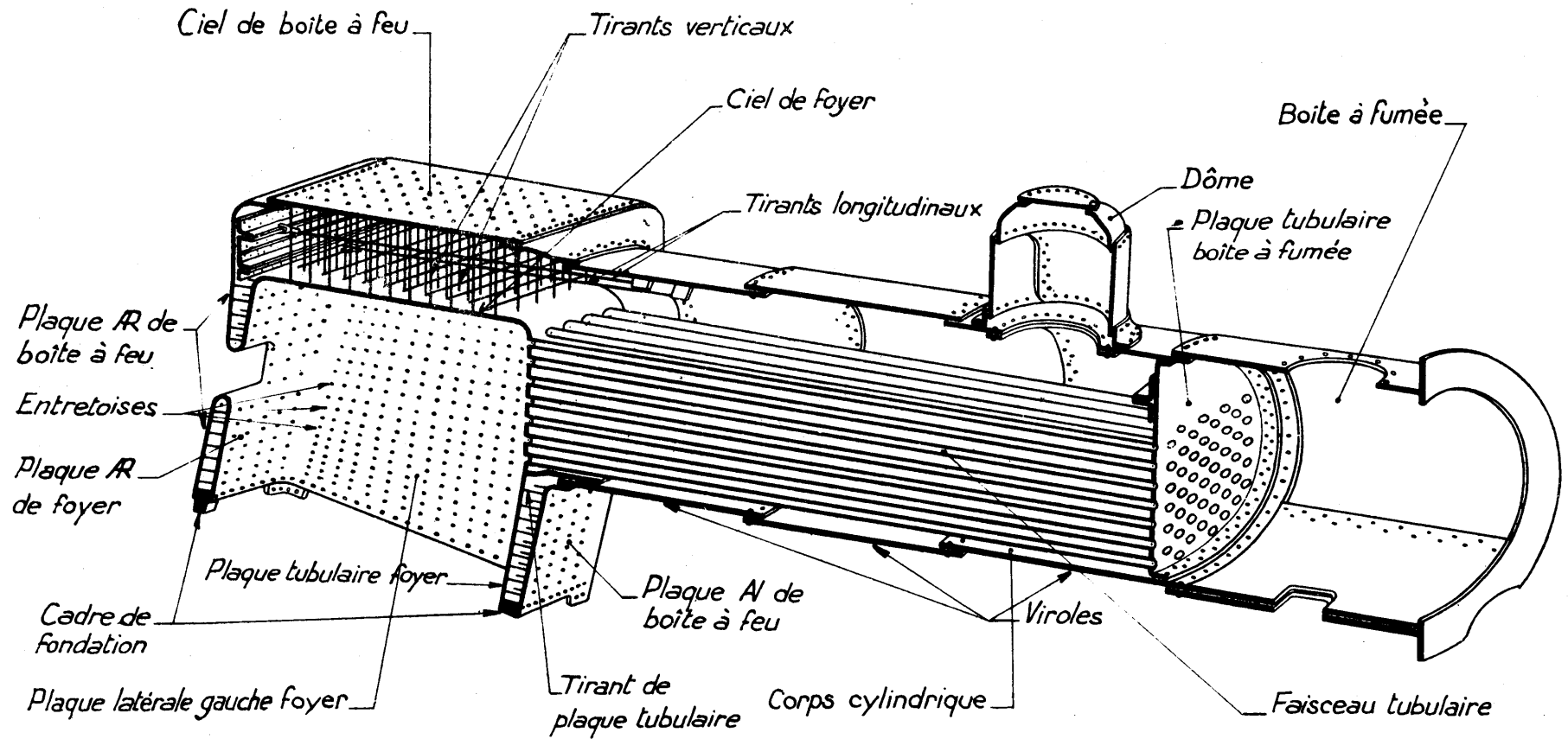


Fig.1

grand que l'écartement des parois qui doivent se loger entre les longerons (fig. 3). Les machines 140 B (ex-américaines B) sont dans ce cas, quoique la boîte à feu ne soit pas encastrée entre les longerons mais repose sur ceux-ci.

Les boîtes à feu à ciel plan sont dérivées du type Belpaire (fig. 5). La section transversale

— BOÎTE A FEU A BERCEAU CYLINDRIQUE —

Partie avant de boîte à feu

(Locomotives 231 C à J)

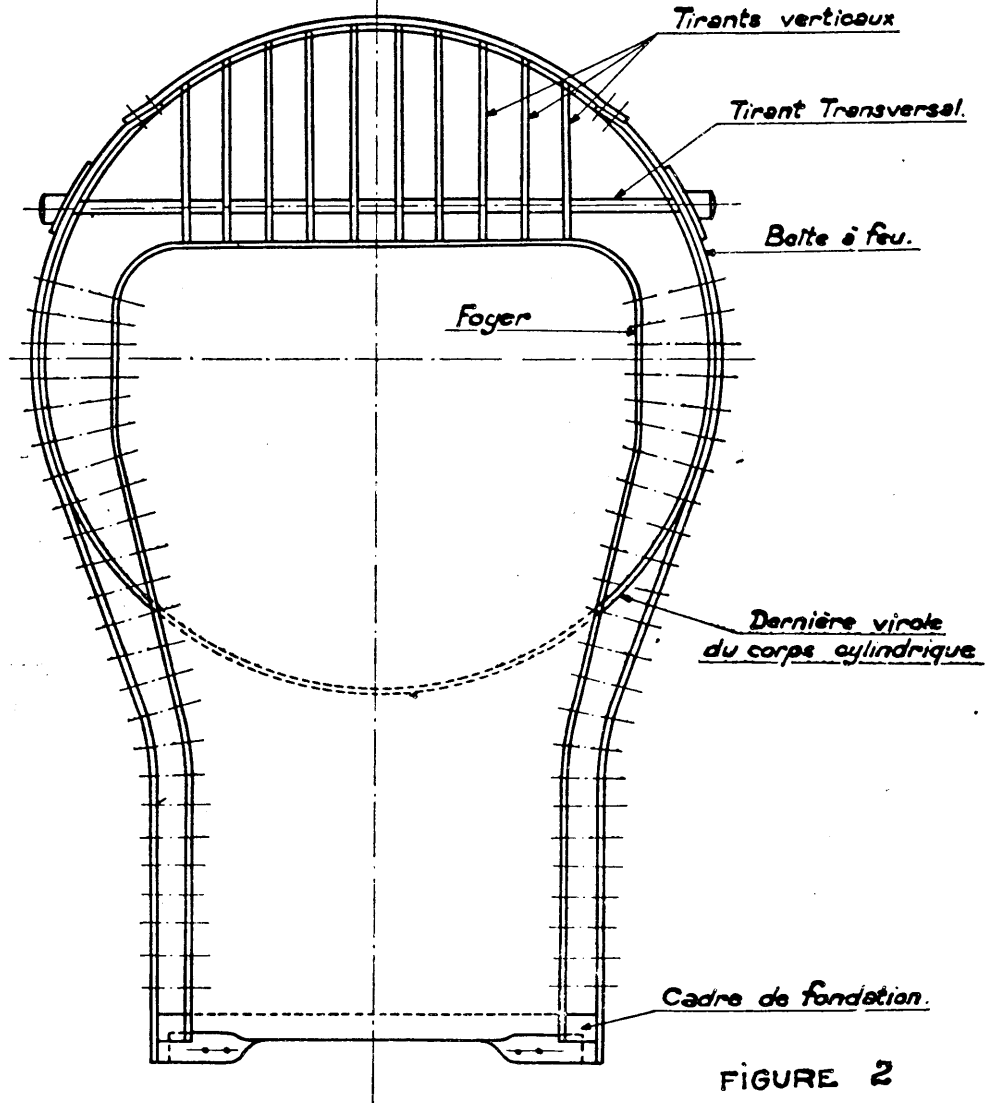


FIGURE 2

de boîte à feu est de forme à peu près semblable à celle du foyer, chaque paroi étant sensiblement parallèle à la paroi correspondante du foyer. Les parties planes sont raccordées entre elles par des arrondis. Ces arrondis sont du plus grand rayon possible (au moins 40 mm.) pour faciliter l'emboutissage, éviter la fatigue du métal et pour que la résistance de la plaque à la pression intérieure soit la plus grande possible.

Cette disposition facilite l'armaturage des parois de foyer et boîte à feu, par des tirants.

Les boîtes à feu peuvent être à foyer encastré ou à foyer débordant, ou encore à foyer semi débordant.

— BOÎTE A FEU A BERCEAU CYLINDRIQUE —

(Locomotives 140 B)

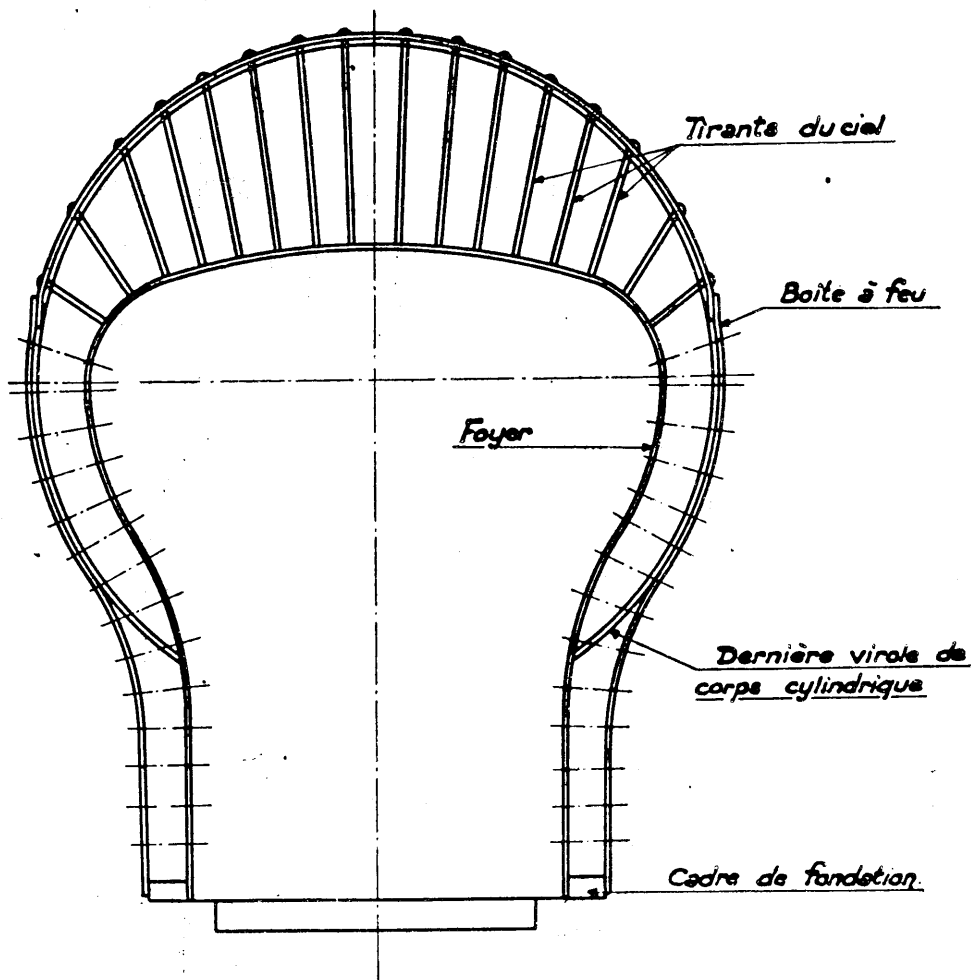


FIGURE 3

Dans la boîte à feu à foyer encastré, la partie inférieure des flancs de boîte à feu pénètre complètement entre les longerons du châssis. La largeur de la grille du foyer est donc limitée à un mètre et pour avoir une surface de grille suffisante, il faut une grille très longue. La longueur maximum admissible est 3 m. 50 et à la condition qu'elle soit inclinée pour faciliter le déplacement du combustible vers l'avant. Au delà le travail serait trop pénible pour le

chauffeur. La boîte à feu encastrée est très solide de forme mais, si elle est mal ajustée, elle peut entraîner des déformations de longerons (un armaturage convenable du châssis peut obvier à cet inconvénient).

BOÎTE A FEU BELPAIRE

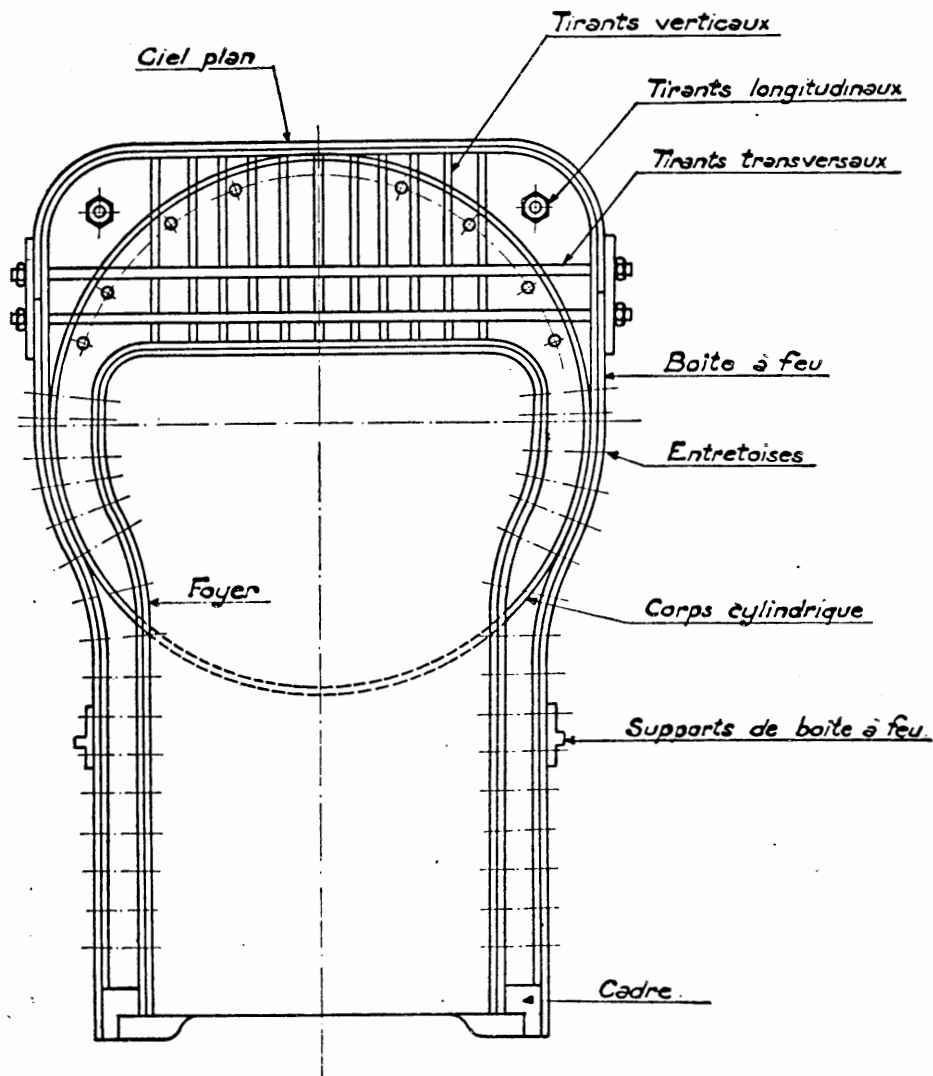


FIGURE 5

Dans le foyer débordant appliqué aux 231-B Ouest, aux machines américaines, aux Mountain et à la plupart des machines ex-P.-L.-M. le plan de grille est situé au-dessus des longerons et déborde. On peut obtenir des surfaces de grille de 4 m² et au-delà sans créer de grandes difficultés à la conduite du feu; les lames d'eau peuvent être larges, ce qui facilite le dégagement des bulles de vapeur. Les travaux d'entretien sont facilités mais ce type de foyer paraît plus sensible que le foyer encastré (ruptures d'entretoises et de tôles de flancs)

en raison peut-être de sa forme et surtout des rentrées d'air importantes sur les flancs par les poches d'air latérales supplémentaires.

La solution intermédiaire du foyer semi-débordant est assez répandue sur les machines

FOYER SEMI DÉBORDANT

(Locomotives 231 C à J et 141 B à D).

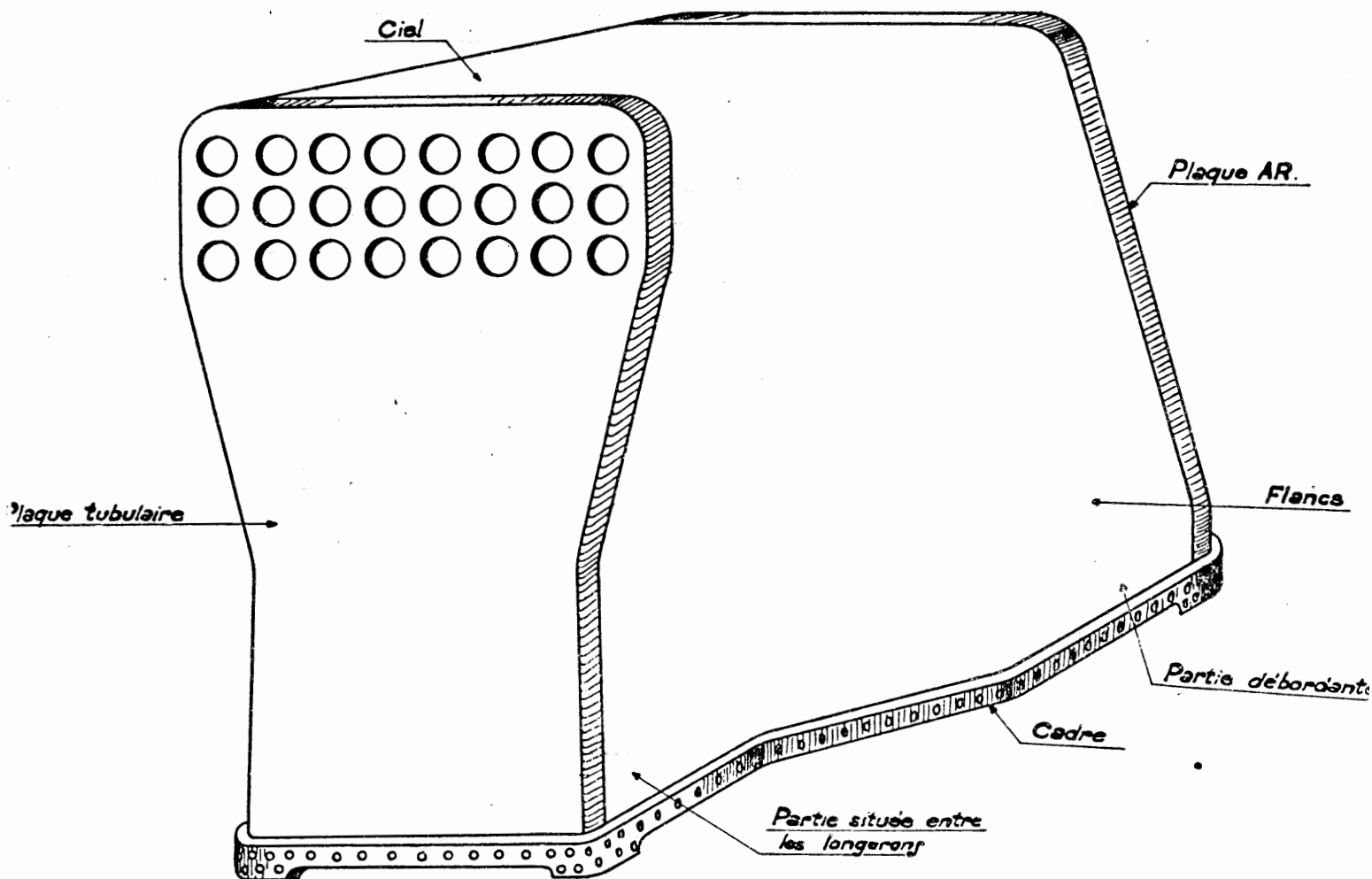


FIGURE 4

modernes (231-500-141-C). L'avant de la grille pénètre entre les longerons, tandis que l'arrière est plus large que le châssis. Généralement, les longerons s'abaissent à l'arrière au-dessus du bissel ou de l'essieu porteur et laissent le passage au foyer. Cette disposition intermédiaire entre les deux précédentes, fait donner aux flancs de foyer et de boîte à feu des formes plus compliquées (fig. 4); on ne peut pas réaliser le parallélisme des deux flancs sur toute la longueur et les entretoises qui sont inclinées par rapport aux parois travaillent dans des conditions défavorables.

Les boîtes à feu Belpaire sont généralement à foyer encastré sur notre région, sauf les cas des 141 C à foyer semi-déborderant et 231-B et 241-A à foyer débordant.

b) **Eléments.**

Une boîte à feu se compose d'une plaque arrière, d'une plaque avant et d'un pourtour en tôles d'acier de 14 à 17 mm. d'épaisseur. Les plaques sont assemblées au pourtour par deux rangées de rivets.

PLAQUE ARRIÈRE
DE BOÎTE A FEU BELPAIRE

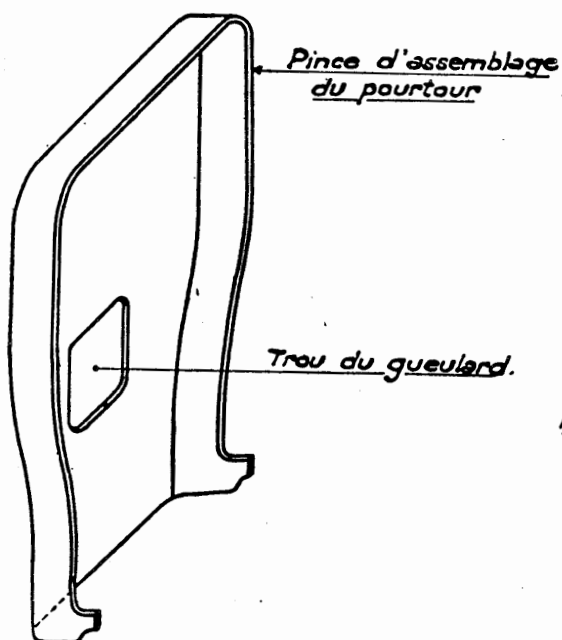


FIGURE 6

1/2 PLAQUE AVANT
DE BOÎTE A FEU RONDE

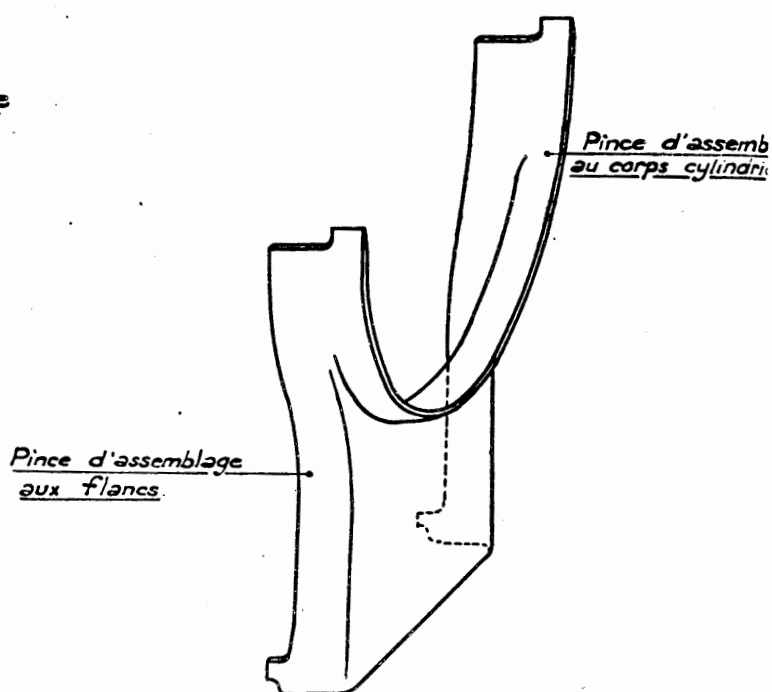


FIGURE 7

La plaque arrière (fig. 6) et la plaque avant sont constituées par des tôles embouties. La plaque arrière possède en son milieu une ouverture pour la porte du foyer. Quand la boîte à feu est à berceau cylindrique, la plaque avant (fig. 7) n'est assemblée qu'avec le demi-cylindre inférieur du corps cylindrique et les parties latérales du pourtour. Quand la boîte à feu est du type Belpaire, l'embouti de la plaque avant (fig. 8) assure sur toute la hauteur de la boîte à feu la liaison entre son pourtour et le corps cylindrique.

Le pourtour de boîte à feu (fig. 9) est constitué, soit par une seule tôle, soit par trois tôles réunies entre elles par rivure à recouvrement ou à couvre-joints ou par soudure entre deux rangées d'entretoises.

On n'a pas encore en France osé confectionner des boîtes à feu entièrement soudées. Citons cependant à titre documentaire, qu'en 1937 l'American Locomotive Company a cons-

truit pour le « Delaware et Hudson » une chaudière entièrement soudée. Cette chaudière fut l'objet de visites et épreuves trimestrielles la première année, puis semestrielles la deuxième année et ensuite annuelles. En 1945, la locomotive avait parcouru plus de 600.000 kms sans aucun incident de chaudière, ni réparation de pose de pièces.

Les Services officiels américains de contrôle sont depuis 1942 tout à fait familiers avec les détails de construction et possèdent des renseignements complets sur les exigences fondamentales, auxquelles doivent satisfaire la construction des chaudières de locomotives soudées.

PLAQUE AVANT
DE BOÎTE A FEU BELPAIRE

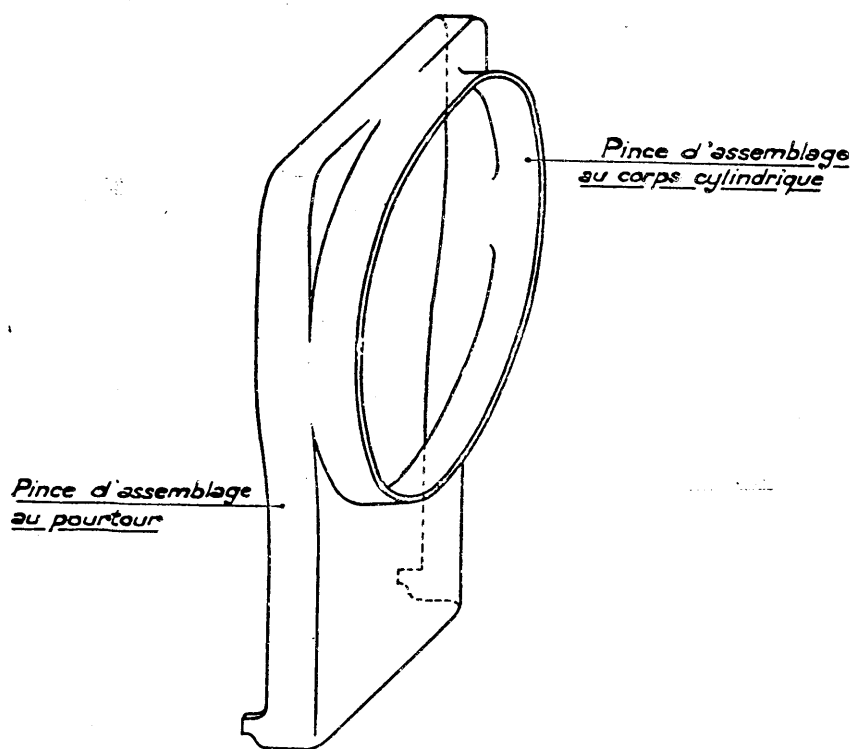


FIGURE 8

Les avantages qu'on retire de l'emploi de chaudières soudées sont les suivants :

- suppression absolue des infiltrations ou fuites par les joints rivés et des fissures consécutives à ce type d'assemblage.
- contours et surfaces unies facilitant la propreté intérieure, les lavages et le calorifugeage extérieur.
- allègement de 1 à 3 tonnes.
- frais d'entretien réduits.

Dans les exigences de construction figurent :

- l'homologation de la technique de soudure de l'atelier, des appareils, électrodes et tôles, le contrôle en cours d'exécution du travail par la production d'éprouvettes.
- la qualification très spéciale des soudeurs.
- l'examen obligatoire aux rayons X de toutes les soudures ayant des efforts à supporter,

POURTOUR DE BOÎTE A FEU
EN 3 PARTIES

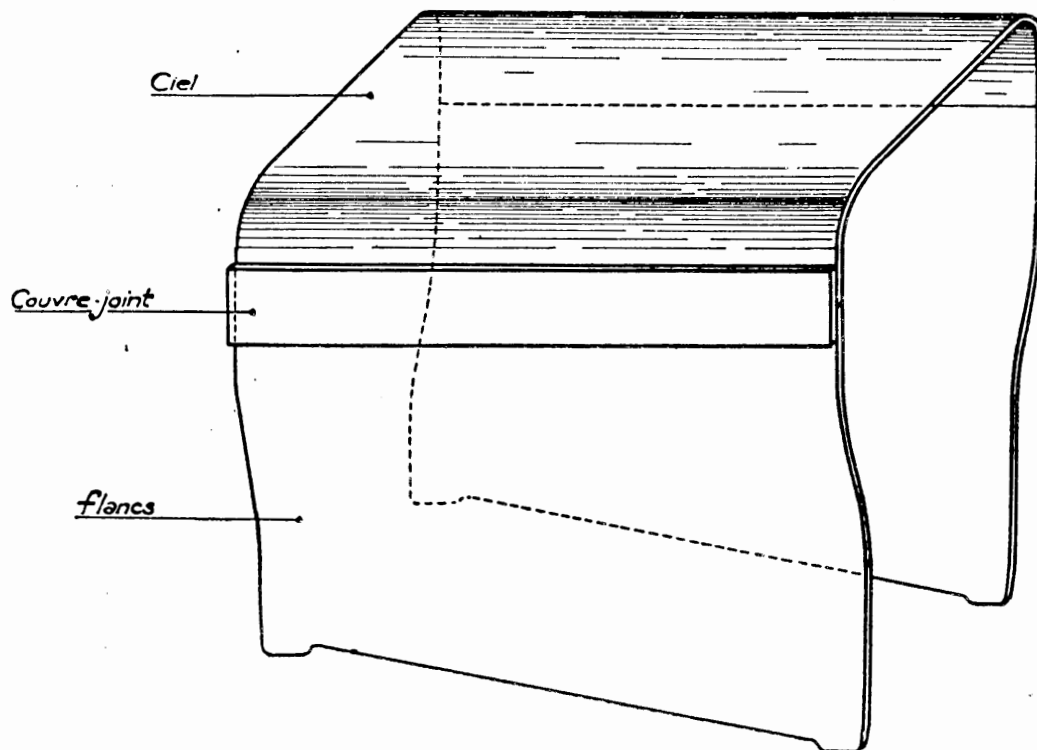
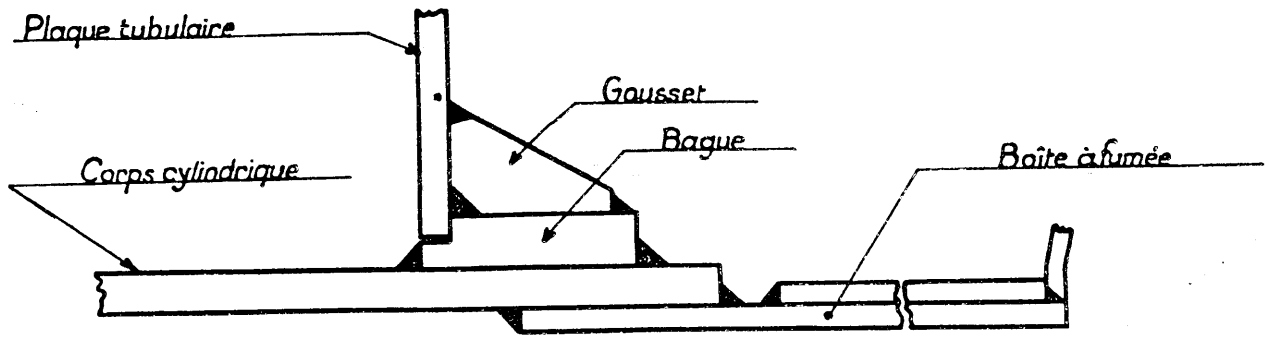


FIGURE 9

ces soudures devant accuser les degrés requis de qualité et l'absence d'inclusion ou de porosité.

- un recuit de détente de la chaudière dans un four de dimensions suffisantes et d'agencement spécial (1).
- une épreuve hydraulique à 1,5 fois le timbre avec essai de martelage à cette pression de toutes les soudures.

(1) C'est la nécessité de construire des fours de grandes dimensions donc très onéreux pour opérer ce recuit qui a fait reculer les constructeurs et réparateurs européens devant l'emploi de chaudières entièrement soudées.



Raccordement de la plaque tubulaire
et de la boîte à fumée

FIG. 9^{bis} A

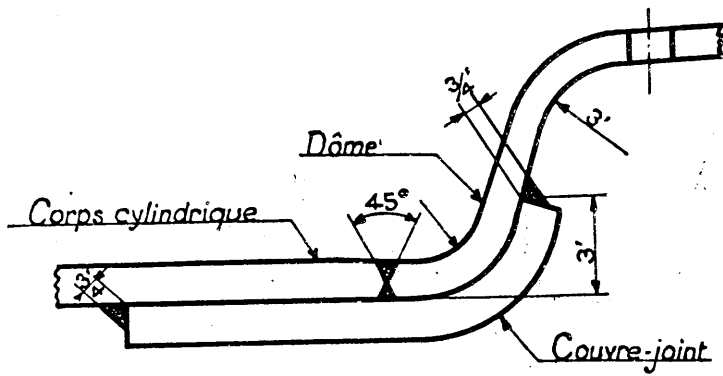


FIG. 9^{bis} B

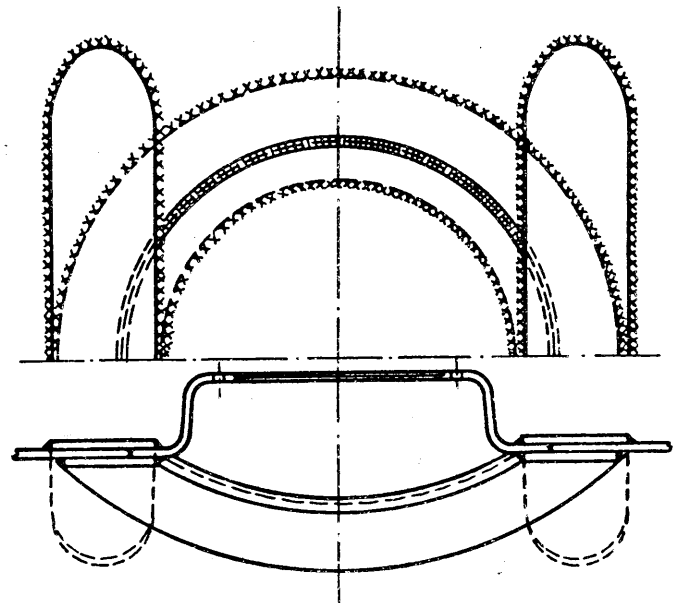


FIG. 9^{bis} C

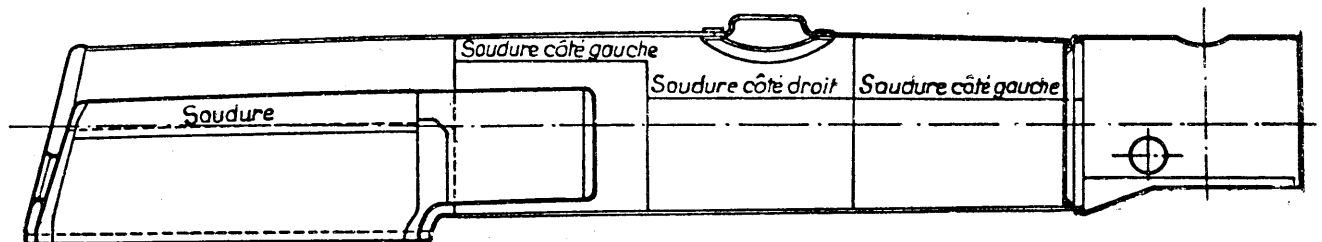


FIG. 9^{bis} D

Le montage de la chaudière soudée du « D et H » comporte plusieurs détails intéressants. La fixation de la plaque tubulaire de boîte à fumée est conçue pour pouvoir remplacer cette

— FOYER BELPAIRE —

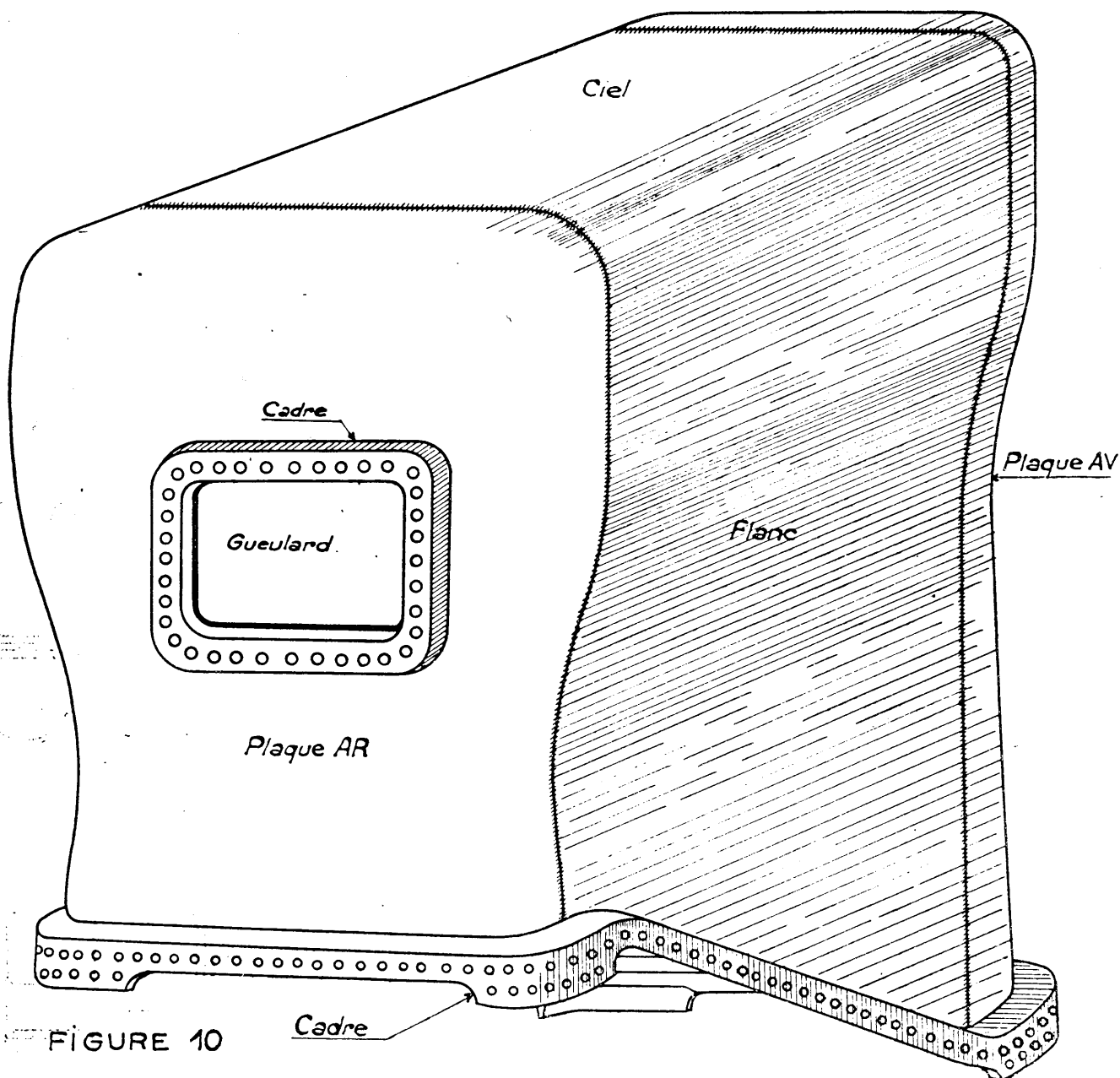


FIGURE 10

dernière sans difficultés (fig. 9 bis A). La fixation du dôme est également caractéristique (fig. 9 bis B et C). La figure 9 bis D donne les contours des lignes de soudure.

Depuis cet essai et la publication du code soudure en 1942 la construction soudée s'est énormément développée : 215 chaudières de locomotives partiellement soudées sont en service en Amérique :

- 100 chaudières avec des viroles soudées longitudinalement avec couvre-joints à l'intérieur et à l'extérieur (procédé mécanique à la machine par fil électro-conducteur union-melt).
- 115 chaudières sans couvre-joints.

— FOYER A CHAMBRE DE COMBUSTION —

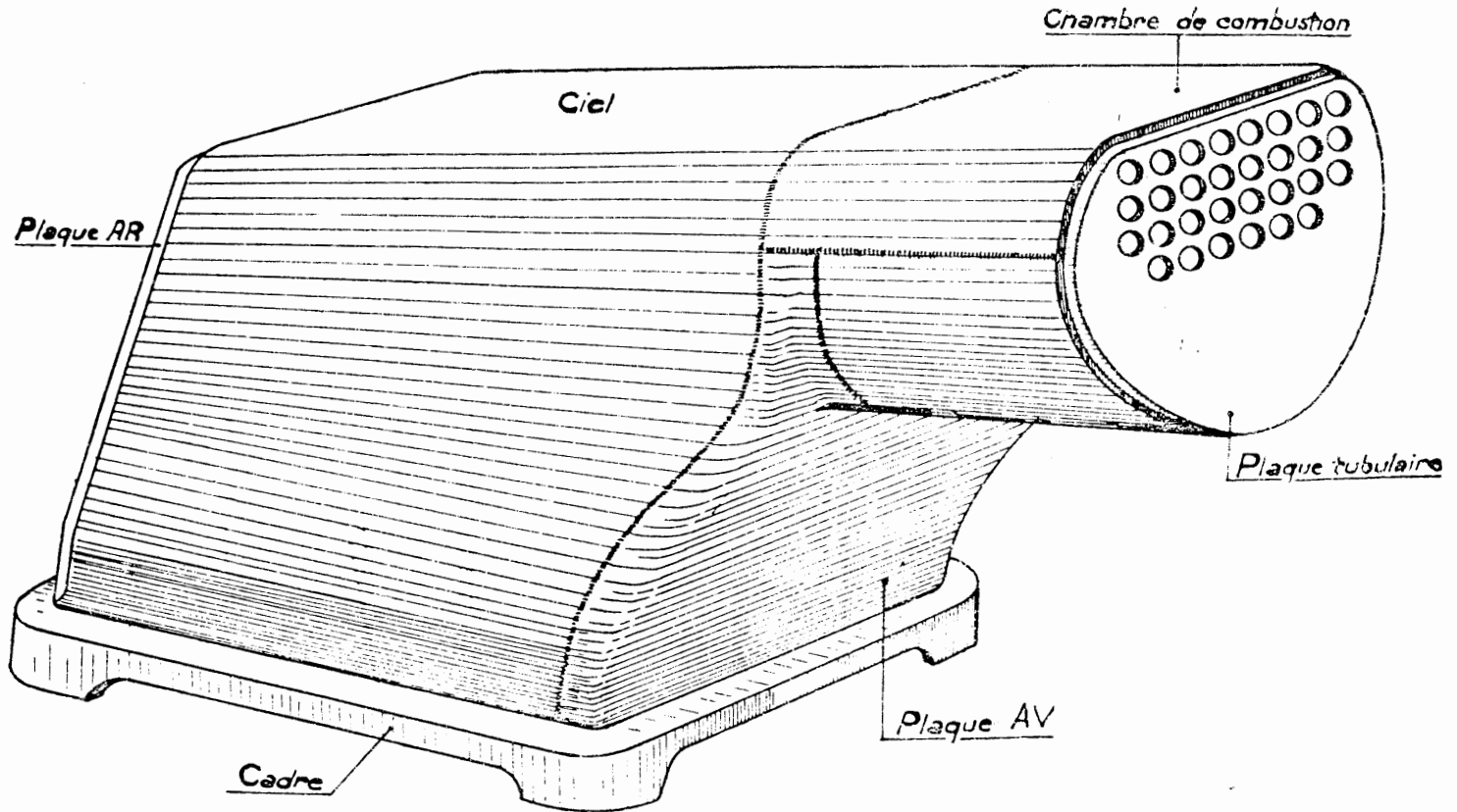


FIGURE 11

2° Foyer

a) **Forme du foyer.**

Le foyer (*fig. 10*) se compose d'une plaque avant, appelée plaque tubulaire (*fig. 13 et 13 bis*), d'une plaque arrière et d'un pourtour lui-même composé d'un ciel et de flancs.

Certains foyers, ceux des machines Mountan par exemple, possèdent un prolongement à l'intérieur du corps cylindrique appelé chambre de combustion (*fig. 11 et 12*). La combustion des gaz se termine dans cette chambre avant qu'ils entrent dans le faisceau tubulaire et la surface de chauffe directe est augmentée sensiblement. Cette chambre permet d'autre part

LIGNES DE SOUDURE
D'UN FOYER A CHAMBRE DE COMBUSTION

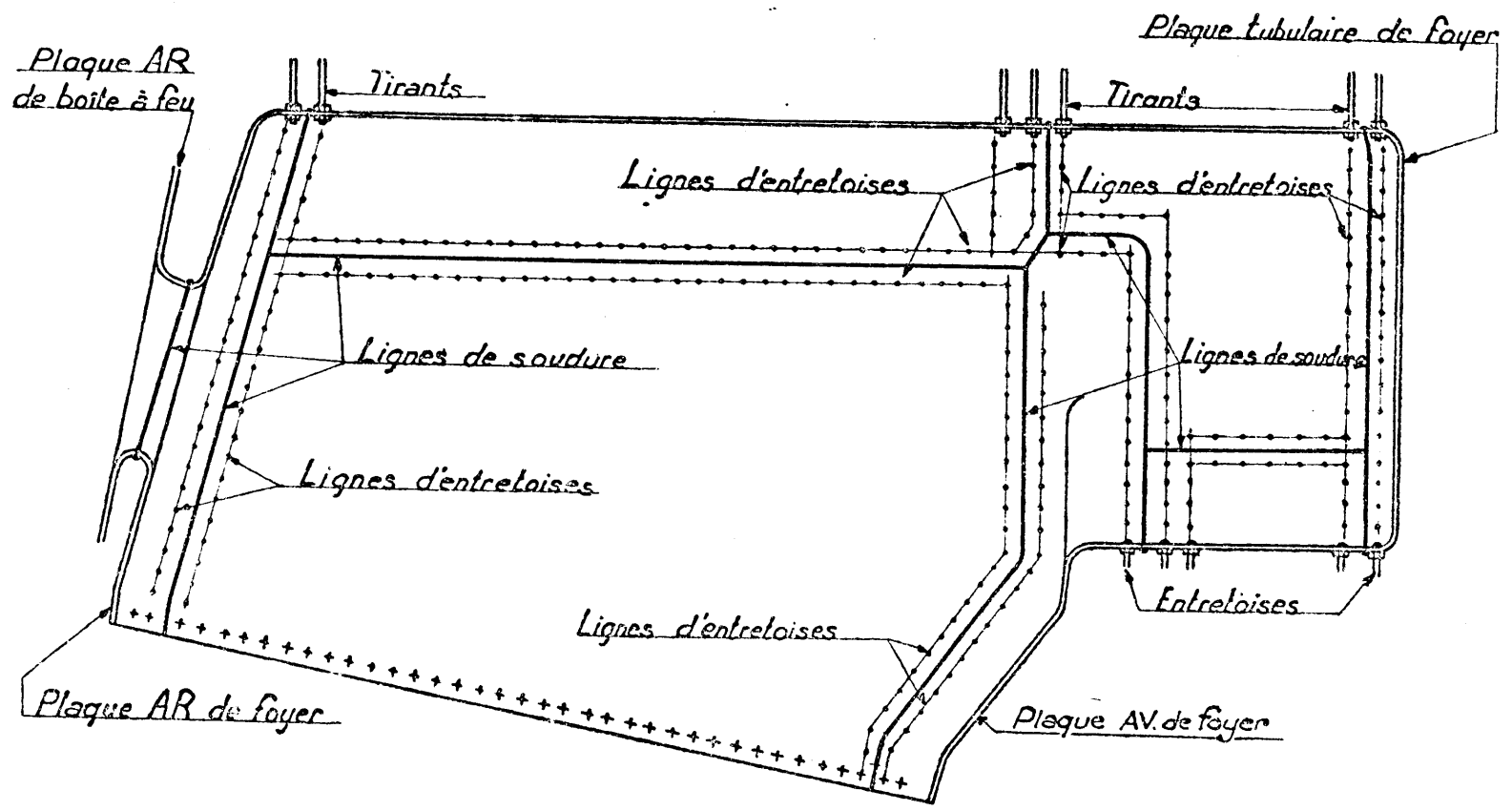


FIGURE 12

PLAQUE TUBULAIRE DE FOYER
A CHAMBRE DE COMBUSTION

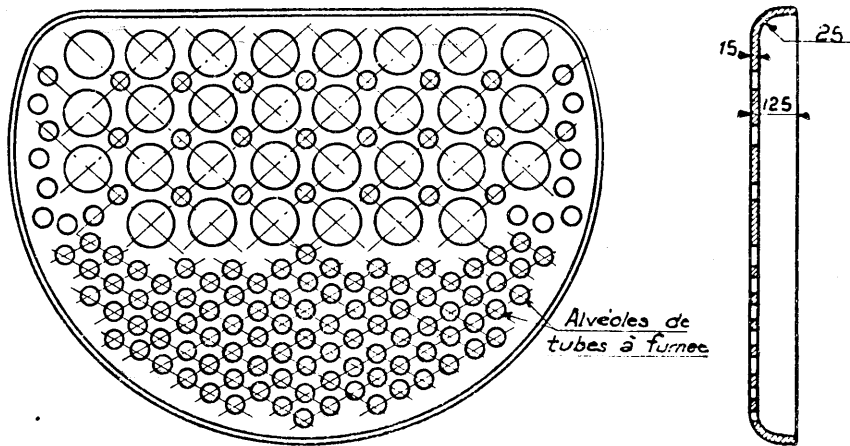


FIGURE 13

PLAQUE TUBULAIRE DE FOYER

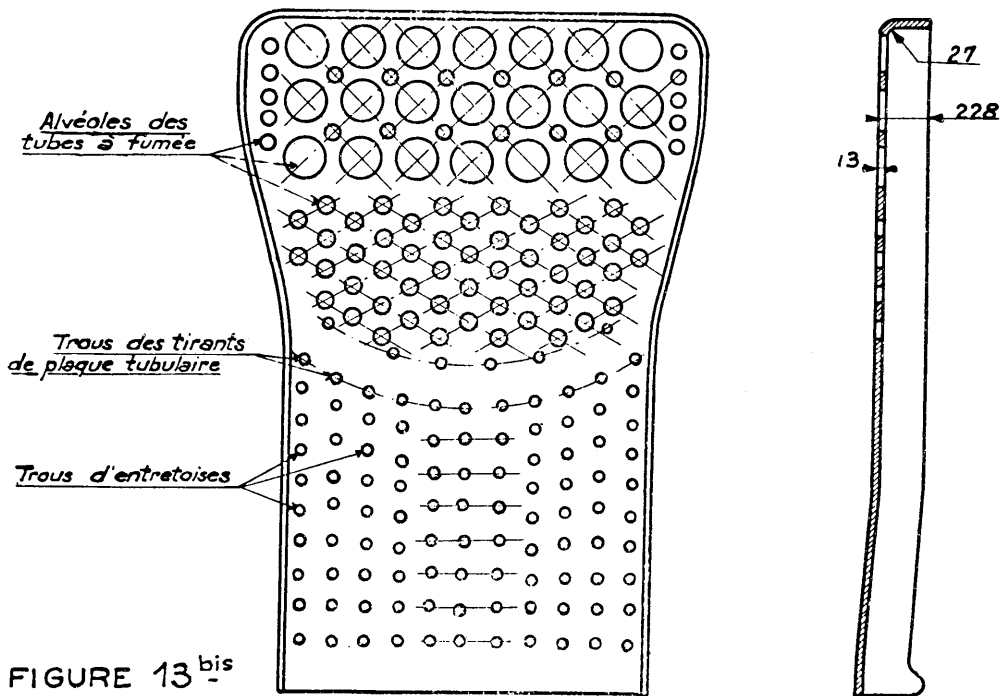


FIGURE 13^{bis}

de réduire la longueur des tubes. Ces foyers possèdent alors une plaque avant et une plaque tubulaire distinctes. La plaque tubulaire est dans ce cas une plaque ronde dans sa partie inférieure (*fig. 13*), emboutie et assemblée par sa pince au pourtour de la chambre.

b) Métal du foyer.

Les foyers étaient autrefois, tous en cuivre, parce que ce métal est bon conducteur de la chaleur, résiste bien aux variations de température et aux attaques chimiques du feu (2).

L'emploi de l'acier pour la construction des foyers de chaudières de locomotives, de pratique courante en Amérique, ne donna pas de bons résultats lors des premiers essais faits en Europe. Ces échecs étaient dus au manque d'homogénéité du métal employé, à son altération lors de la mise en œuvre, au manque de soins d'entretien par les dépôts et au fait que les tubes étaient alors simplement dudgeonnés dans les plaques acier suivant les errements suivis avec les plaques cuivre.

Depuis, l'amélioration de la qualité de l'acier employé (extra-doux avec allongement très élevé supérieur à 30 %), la suppression de tout entartrement grâce à l'application du T. I. A. (« Traitement interne Armand » des eaux d'alimentation), la connaissance des précautions à observer dans leur emploi et leur fabrication (épaisseurs inférieures à 10 mm., soudure des tubes à la plaque) ont rendu viable le foyer acier.

L'économie importante résultant de sa meilleure tenue, de sa facilité d'entretien par la soudure à l'arc et du prix moins coûteux du métal l'ont fait adopter en règle générale. De plus, le foyer acier est plus léger (700 kg. environ). Sous réserve de l'emploi du T. I. A. ou d'eaux pures un foyer acier dure de 400 à 600.000 km contre 200 à 300.000 un foyer cuivre.

Le foyer acier classique est maintenant un foyer entièrement soudé à l'arc. Il est à noter que nous avons aussi quelques foyers en cuivre construits à la soudure au chalumeau mais la soudure de l'acier est plus facile que celle du cuivre.

Dans cette substitution progressive des foyers acier aux foyers cuivre au fur et à mesure de leur usure, on est amené à employer provisoirement des foyers mixtes dans lesquels la plaque tubulaire est en acier alors que la plaque arrière et le pourtour sont en cuivre. En effet, dans un foyer en cuivre la plaque tubulaire s'use beaucoup plus vite que les autres éléments et au cours d'une grande réparation, on doit toujours la remplacer, alors que la plaque arrière et le pourtour sont souvent maintenus en service jusqu'à la grande réparation suivante.

Les tôles de foyer sont en acier A 37,5E (R. = 40 à 45 kg/mm² A % = 30 à 35 %) défini par la STU 3; leur fatigue sous l'action de la pression de vapeur se détermine par la formule $R = \frac{2}{9} \frac{ab}{e^2} p$ dans laquelle a et b sont les dimensions du rectangle dont les sommets sont des trous d'entretoises ou de tirants, e est l'épaisseur, p est la pression de vapeur dans la chaudière, R est la fatigue de la tôle qui est calculée en kg/mm² si la pression p est exprimée aussi en kg/cm².

On voit ainsi qu'avec une chaudière timbrée à 16 hectopièzes le taux de fatigue pour un écartement de tirants de 100 mm. et e = 9 mm. est de 4,5 kg/mm². Cette formule permet de déterminer les épaisseurs limites des parois de foyer entraînant leur réforme. On admet 10 kg/mm² comme taux de fatigue limite pour l'acier, tandis que pour le cuivre on ne va pas au-dessus de 5,5 kg/mm².

c) Eléments du foyer.

La plaque tubulaire de foyer (*fig. 13 et 13 bis*) est percée d'alvéoles, cylindriques dans les plaques en acier neuves, coniques (1/20) dans les plaques en cuivre et dans les plaques en acier après réalésage, dans lesquels sont sertis les tubes à fumée, simplement dudgeonnés dans la plaque cuivre, dudgeonnés et soudés dans les plaques d'acier avec interposition de

(2) Voir note de M. Chan (numéro mai 1936 de la Revue Générale des Chemins de fer) sur les conditions à imposer au cuivre rouge pour foyers de locomotives.

bague en cuivre. L'épaisseur des plaques en cuivre est de 28 à 32 mm. dans la partie percée d'alvéoles et de 14 à 16 mm. dans le bas, l'épaisseur des plaques tubulaires en acier est de 13 mm. (15 mm. s'il y a un siphon Nicholson ou une chambre de combustion).

RIVURES DES ANGLES
DU CADRE DE FONDATION

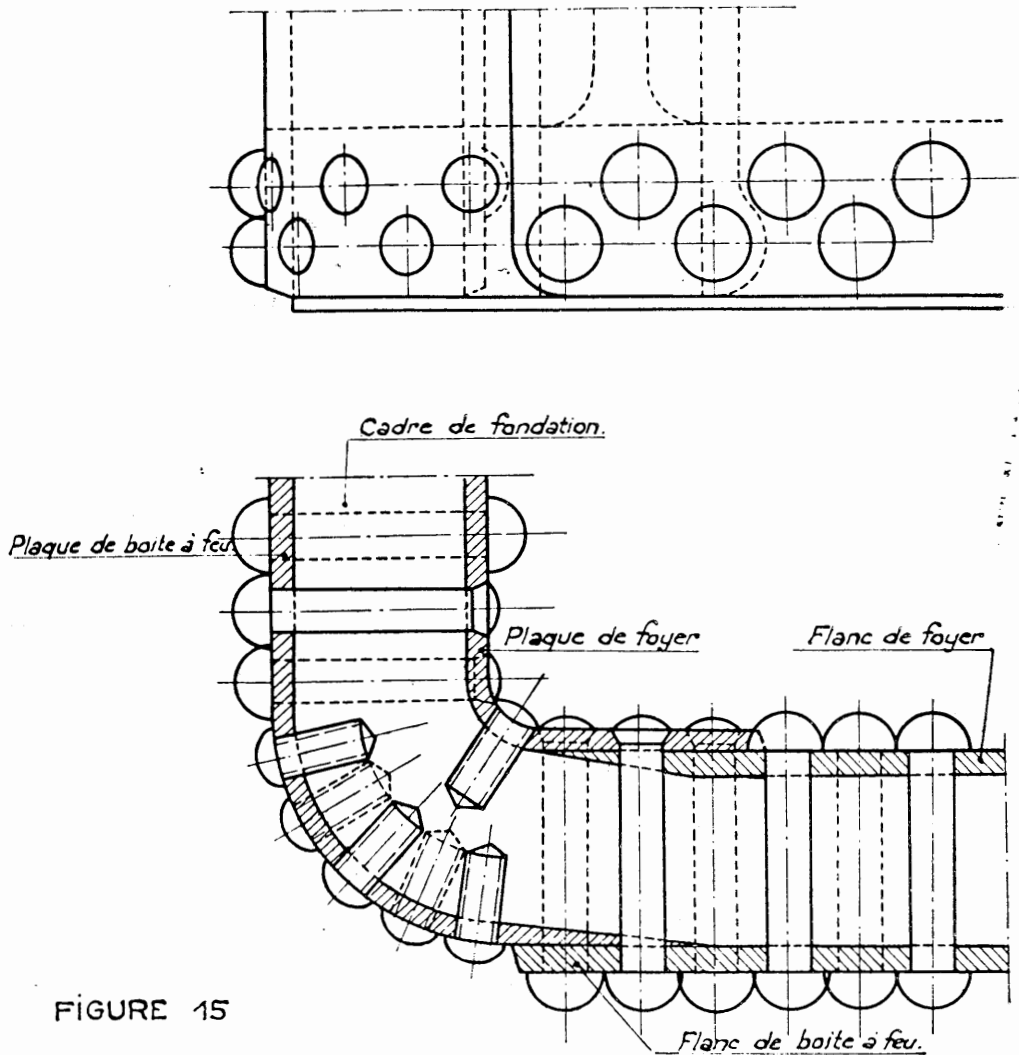


FIGURE 15

Le pourtour est, en général, en une seule tôle de 14 à 16 mm. d'épaisseur si elle est en cuivre, ou de 9 mm. d'épaisseur, si elle est en acier. Le ciel de foyer est horizontal sur les machines anciennes. Sur les machines modernes longues, il est abaissé généralement à l'arrière pour découvrir le moins possible le ciel en déclivité.

La plaque arrière est en tôle emboutie de 14 à 16 mm. d'épaisseur (cuivre) ou 9 mm.

d'épaisseur (acier). Elle se raccorde au pourtour par des pincées et possède comme la plaque arrière de boîte à feu, une ouverture pour la porte de chargement du feu.

RIVURE DES ANGLES
DU CADRE DE FONDATION

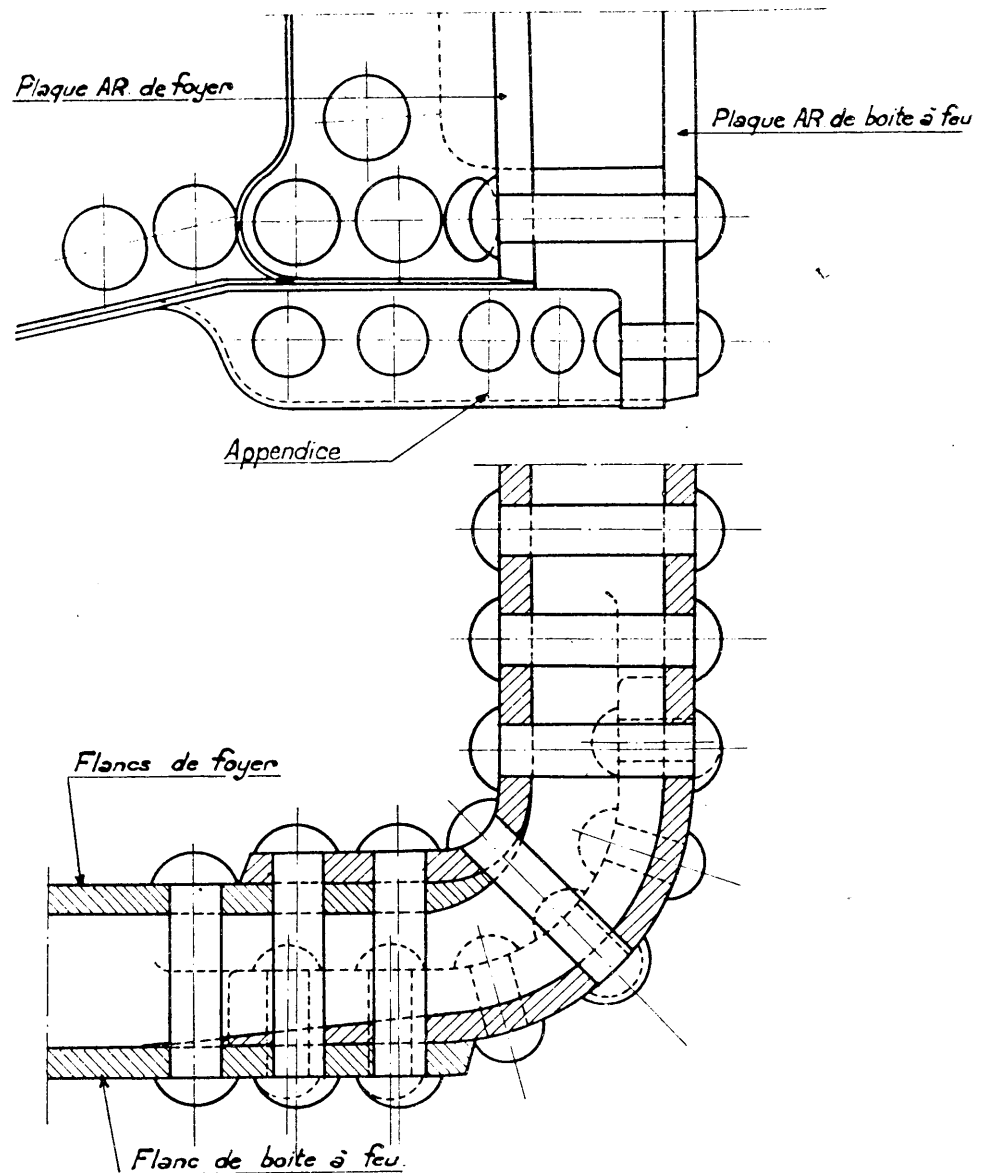


FIGURE 16

On voit que les parois des foyers en acier sont beaucoup plus minces que celles des foyers en cuivre. En effet, la résistance de l'acier est plus élevée que celle du cuivre à la température des parois du foyer (250° environ) et la conductibilité de l'acier est plus faible que celle du

cuire (la moitié environ). Si on mettait des épaisseurs excessives aux parois de foyer en acier, on obtiendrait une plus grande élévation de leur température; les dilatations et la diminution de résistance en résultant favoriseraient la formation de criques et de fissures. (1) (2)

L'ensemble, paroi de foyer, cadre et paroi de boîte à feu est réuni par des rivets sauf dans les angles du cadre de fondation où il n'y a pas de place dans l'arrondi intérieur pour loger les têtes; on est amené alors à mettre des goujons rivés à froid à l'extérieur (*fig. 15*) ou à prévoir des appendices aux cadres qui servent à river la paroi extérieure de boîte à feu (*fig. 16*).

3^o Liaison du foyer et de la boîte à feu

Les parois intérieures à la chaudière du foyer et de la boîte à feu sont soumises, qu'elles soient baignées d'eau ou de vapeur à la pression de la vapeur et elles doivent y résister sans déformation. Les parois planes tendent à se bomber, les angles tendent à s'ouvrir, le métal travaille surtout à la flexion. On est ainsi amené soit à armaturer isolément pour les rendre rigides, certaines parois planes, soit à relier entre eux des éléments qui sont sollicités en sens inverse par la pression par de petites barres (tirants, entretoises) qui maintiennent le tout en équilibre.

La *figure 17* montre comment on peut rendre rigides des angles des parois de boîte à feu à l'aide de renforts d'angle qui sont des pièces en fer forgé.

a) Armatures, Fermes.

On emploie pour rendre rigide la partie plane supérieure des plaques arrières de boîte à feu, des assemblages en tôle, cornières, fers en T comme l'indique la *figure 18*. Ces assemblages présentent parfois des pattes latérales de jonction aux parties hautes des flancs de boîte à feu. Des assemblages du même type sont aussi utilisés pour renforcer le berceau cylindrique des boîtes à feu (*fig. 19*).

Sur les anciennes locomotives on utilisait les fermes pour assurer la rigidité du ciel de foyer. Ces fermes sont formées par deux plaques parallèles en fer forgé ou en tôle reliées par des boulons. Elles ont la forme d'un solide d'égale résistance qui travaille à la flexion.

Les boulons verticaux sur lesquels la charge du foyer est reportée passent entre les deux flasques et sont fixés par leurs écrous sur des barrettes transversales s'appuyant au-dessus des deux flasques (*fig. 20*). Ces fermes sont en général longitudinales, leurs extrémités reposent par des platines ou sellettes plus larges que les fermes, convenablement dressées et ajustées sur les arrondis des plaques avant et arrière du foyer.

(1) Voir note de M. Bohl (numéro novembre et décembre 1910 de la Revue Générale des Chemins de fer) sur la mesure des températures des foyers en cuivre et acier des locomotives.

(2) Il arrive qu'au cours de la confection des foyers en acier, les tôles de pourtour se crient dans les arrondis supérieurs (au sommet de l'arrondi et dans le sens perpendiculaire à celui du cintrage). Ces criques traversent généralement toute l'épaisseur de la tôle.

Une étude récente du Laboratoire a montré que ces criques étaient provoquées par des efforts de contre-cintrage qui apparaissent au moment du calibrage ou au moment du collage du pourtour sur les plaques avant et arrière dans le cas du foyer rivé.

Les tôles en acier non calmé, lorsqu'elles ont une cristallisation grossière par suite de mauvaises conditions de laminage ou de recuit, bien qu'aptées à subir une première déformation dans un sens sont très fragiles au contre-cintrage et deviennent inaptes après cette première déformation à subir un effort, même peu important, dirigé dans le sens contraire.

Il a été vérifié par contre que les tôles en acier calmé ne présentent aucune fragilité au contre-cintrage, même dans les conditions les plus rigoureuses (essai à $t = 0^{\circ}\text{C}$ et après vieillissement). Aussi, pour éviter tout incident, il conviendrait d'interdire l'emploi d'acier non calmé pour la confection des tôles de chaudières.

Dans le cas d'utilisation d'acier non calmé ou d'incertitude les essais du Laboratoire ont montré qu'on peut se mettre à l'abri des incidents possibles en prenant quelques précautions essentielles se résumant ainsi :

— Effectuer le cintrage dans le sens du laminage.

— Chauffer légèrement les tôles (100° environ) dans les régions qui peuvent subir des déformations par contre-cintrage. (Ce « dégourdisage » se fait à l'aide d'un chalumeau que l'on promène sans marquer d'arrêt pour éviter tout échauffement local.)

— Eviter de laisser vieillir les tôles entre les opérations de cintrage et de calibrage.

Les fermes sont évidées à leur partie inférieure pour qu'elles ne soient en contact avec le ciel que par des portées rabotées et dressées de faible surface, la circulation de l'eau et le dégagement de la vapeur en étant ainsi facilités.

Les fermes sont quelquefois suspendues 2 à 2 par des étriers ou des tirants réglables au moyen d'un boulon commun qui les traverse. Ces étriers ou tirants sont fixés à leur partie

RENFORTS D'ANGLE DE BOITE A FEU

Locomotives 141 B à D.

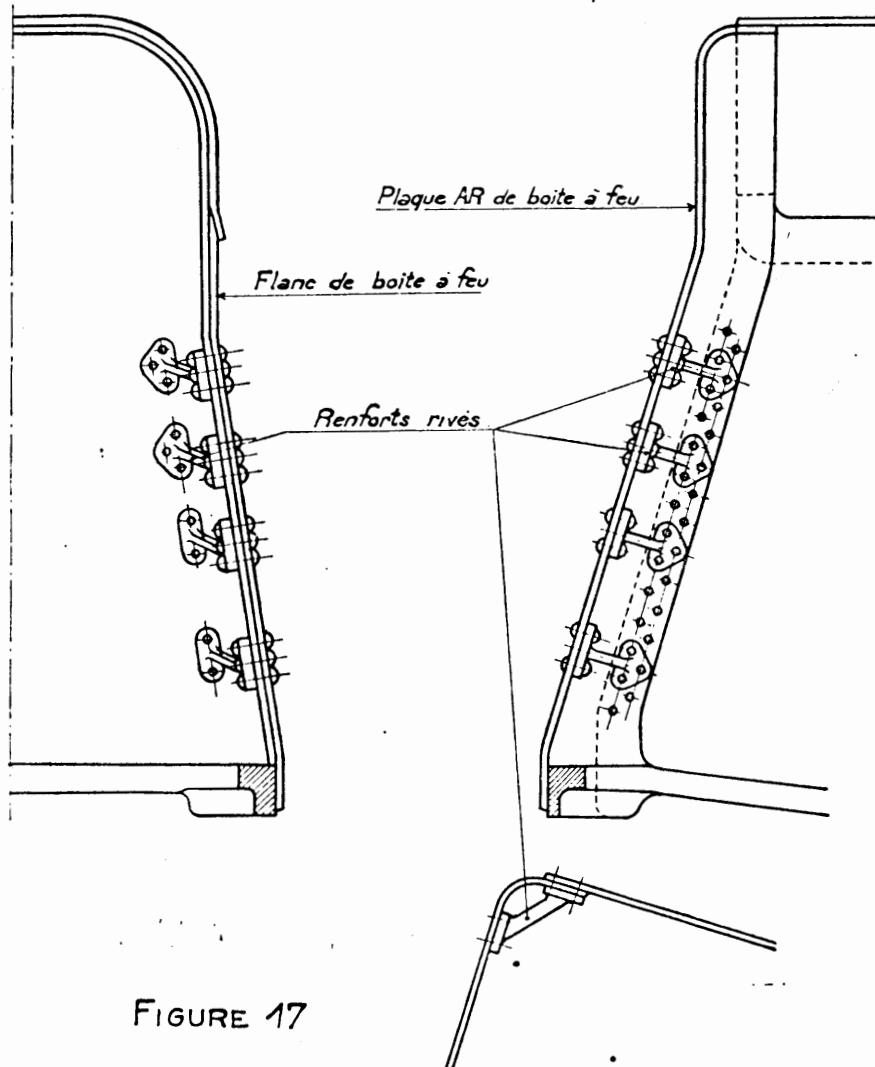


FIGURE 17

supérieure à un fer à T rivé transversalement sur le berceau de la boîte à feu et articulés sur ce fer par un boulon claveté (*fig. 20*).

Sur certaines machines anciennes, il existe encore des fermes transversales qui sont en fer forgé ou en acier moulé, elles sont reliées au ciel du foyer par des vis (*fig. 21*).

Les extrémités de ces fermes s'appuient librement sur des corbeaux forgés qui comportent un patin rivé sur le berceau de la boîte à feu (*fig. 22*).

L'emploi des fermes a disparu sur les machines actuelles parce qu'elles favorisent l'accumulation de tartre et rendent difficile le nettoyage du ciel du foyer. Lors du remplacement des foyers, on les supprime et on applique des tirants.

b) Tirants de boîte à feu.

Ces tirants servent à maintenir l'indéformabilité de la boîte à feu.

C'est ainsi que dans les boîtes à feu BELPAIRE on trouve des tirants transversaux qui sont des barres rondes dont la longueur égale la largeur de la boîte à feu et dont les extré-

ARMATURE DE FACE AR. DE BOÎTE A FEU

Locomotives 230 B à F - 231 B à J.

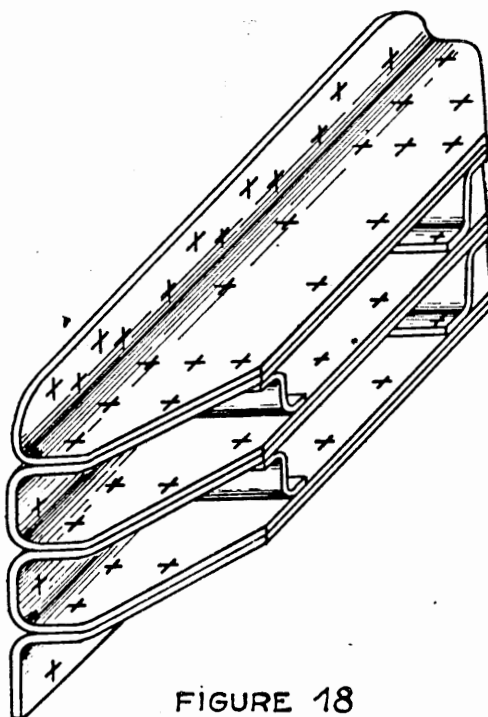


FIGURE 18

mités filetées sont vissées dans les trous des faces latérales de la boîte à feu et munies d'écrous (*fig. 5 et 23*). Ils équilibrent la pression intérieure qui tend à écarter les faces latérales. De même des tirants longitudinaux relient la partie supérieure plane des plaques arrières de boîtes à feu au corps cylindrique (*fig. 24*). Ils sont fixés à la plaque arrière soit par une extrémité filetée vissée dans un trou taraudé dans la plaque et muni d'un écrou (*fig. 23*), soit par une chape à l'armature en T qui raidit cette partie de la plaque (*fig. 24*). Ils sont liés au corps cylindrique par des agrafes forgées (*fig. 23 et 24*).

D'autres tirants dans les boîtes à feu Belpaire relient les angles supérieurs latéraux des plaques AV. et AR. de boîte à feu (*fig. 25*).

Dans les boîtes à feu à berceau cylindrique on trouve également des tirants transversaux reliant les faces latérales lorsque le ciel de foyer est plan (*fig. 26 et 27*). L'attache de ces tirants

RENFORTS DE CIEL DE BOÎTE A FEU

Locomotives 231 C à J.

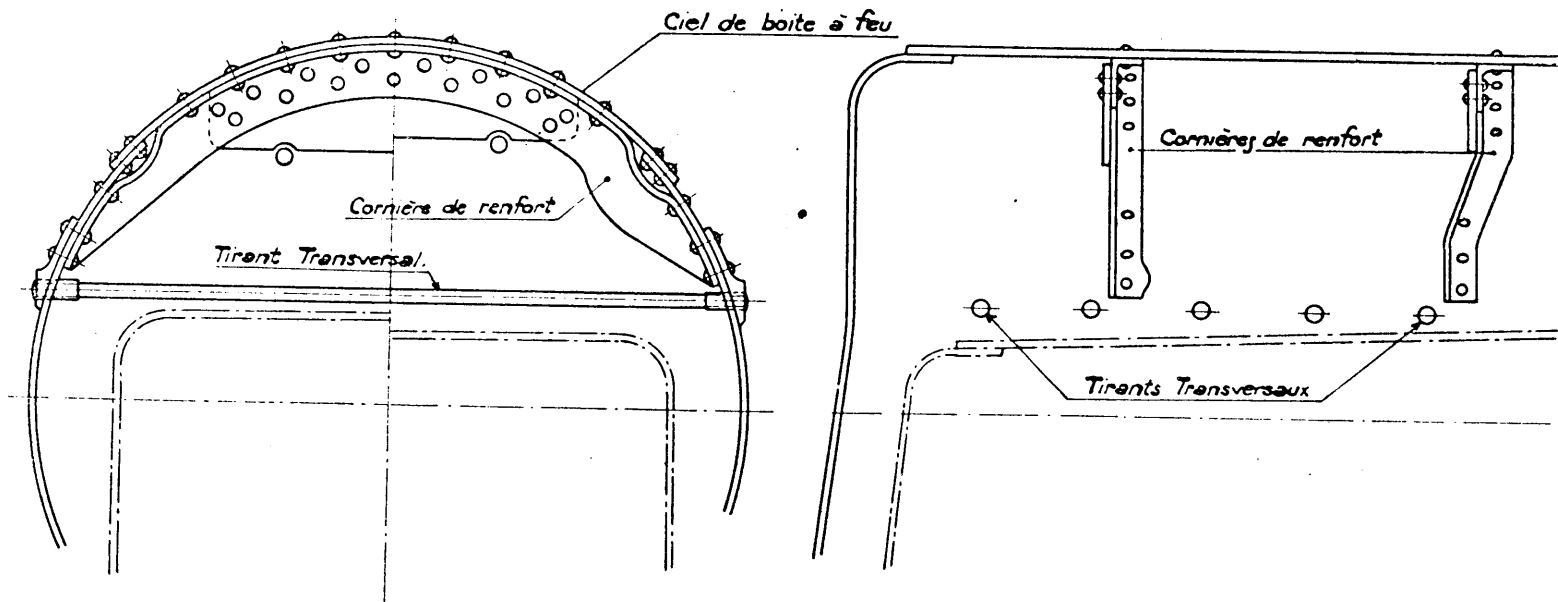


FIGURE 19

- FERME LONGITUDINALE DE CIEL DE FOYER -

Locomotives : 030-500

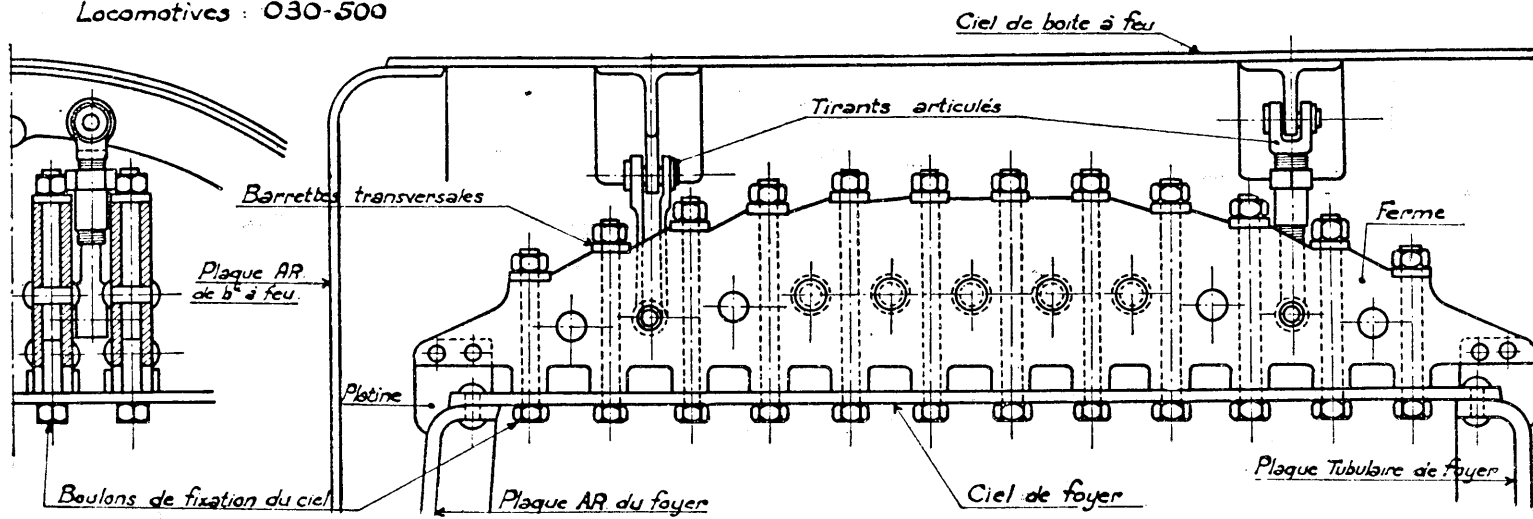


FIGURE 20

aux flancs de boîte à feu peut-être faite par des chapes que forment leurs extrémités et des cornières rivées aux parois (fig. 26). ou bien par des bossages rivés ou soudés extérieurement aux flancs et dans lesquels les tirants sont vissés (fig. 27).

Cette disposition donne une grande rigidité transversale. Elle se rencontre sur la plupart des locomotives européennes et découle de l'emploi des foyers en cuivre qui supportent mal les déformations. Il est possible que dans l'avenir avec les foyers en acier, plus élastiques,

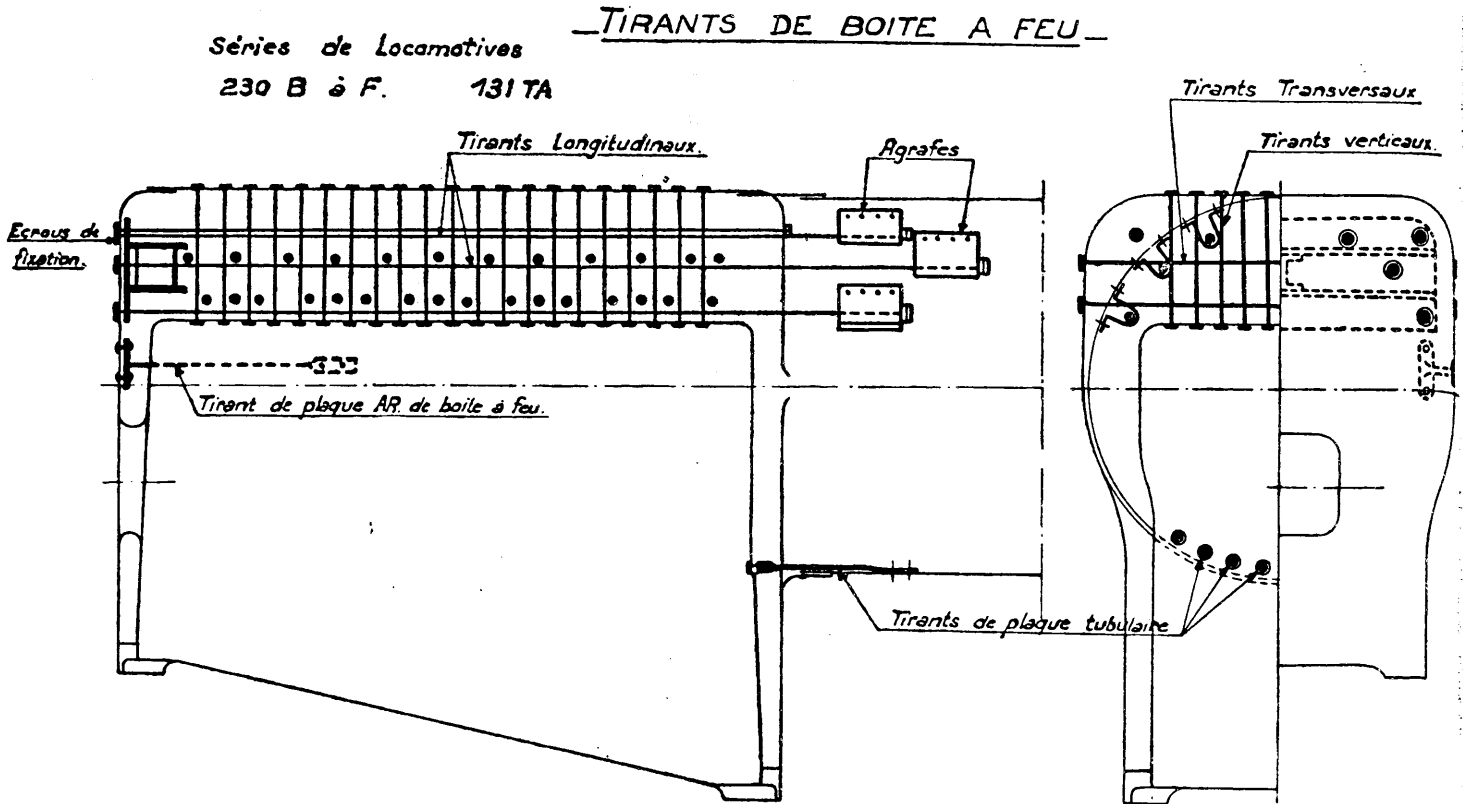


FIGURE 23

on puisse suivre la pratique américaine qui supprime tous tirants transversaux et n'utilise que des tirants dits radiaux ou rayonnants reliant le foyer à la boîte à feu.

Dans ces boîtes à feu les tirants longitudinaux peuvent être placés de plusieurs manières différentes. C'est ainsi que l'on trouve sur les « Pacific » des tirants horizontaux reliant le haut de la plaque arrière de boîte à feu à la dernière virole du corps cylindrique comme dans le cas des boîtes à feu BELPAIRE; d'autres tirants dans la même chaudière relient également le haut de la plaque arrière de boîte à feu à la plaque tubulaire de boîte à fumée (fig. 28). Dans d'autres cas ces tirants sont obliques et au lieu d'être fixés à leurs extrémités avant par des agrafes spéciales en fer forgé ils se terminent par une patte rivée soit au corps cylindrique (fig. 26) soit au ciel de boîte à feu (fig. 29) ou soit à ces 2 éléments à la fois (fig. 30 et 31). La fixation à la plaque arrière est faite par des chapes qui terminent les tirants et sont attachées à des ferrures en T rivées au haut de la plaque suivant des lignes verticales (fig. 26, 29, 30 et 31) et qui donnent en même temps de la rigidité à ce haut de plaque.

— FERME TRANSVERSALE DE CIEL DE FOYER —

Locomotives 220-300

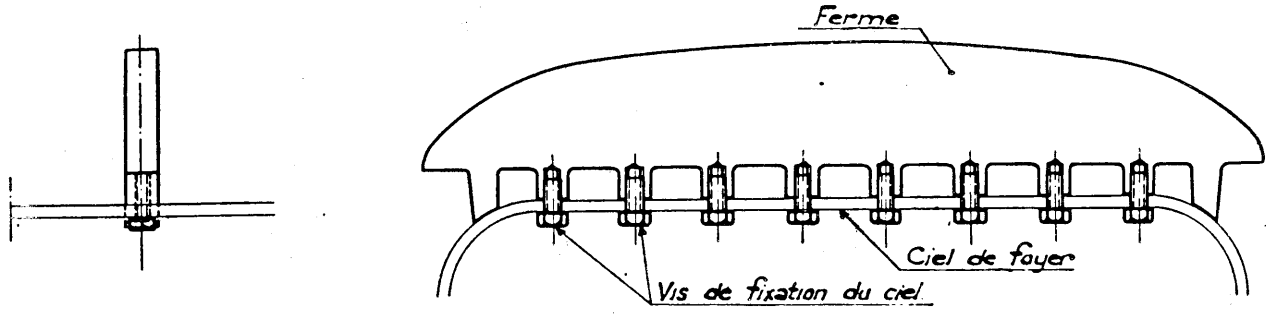


FIGURE 21

Locomotives 220 A

— CORBEAUX SUPPORTS DE FERMES —

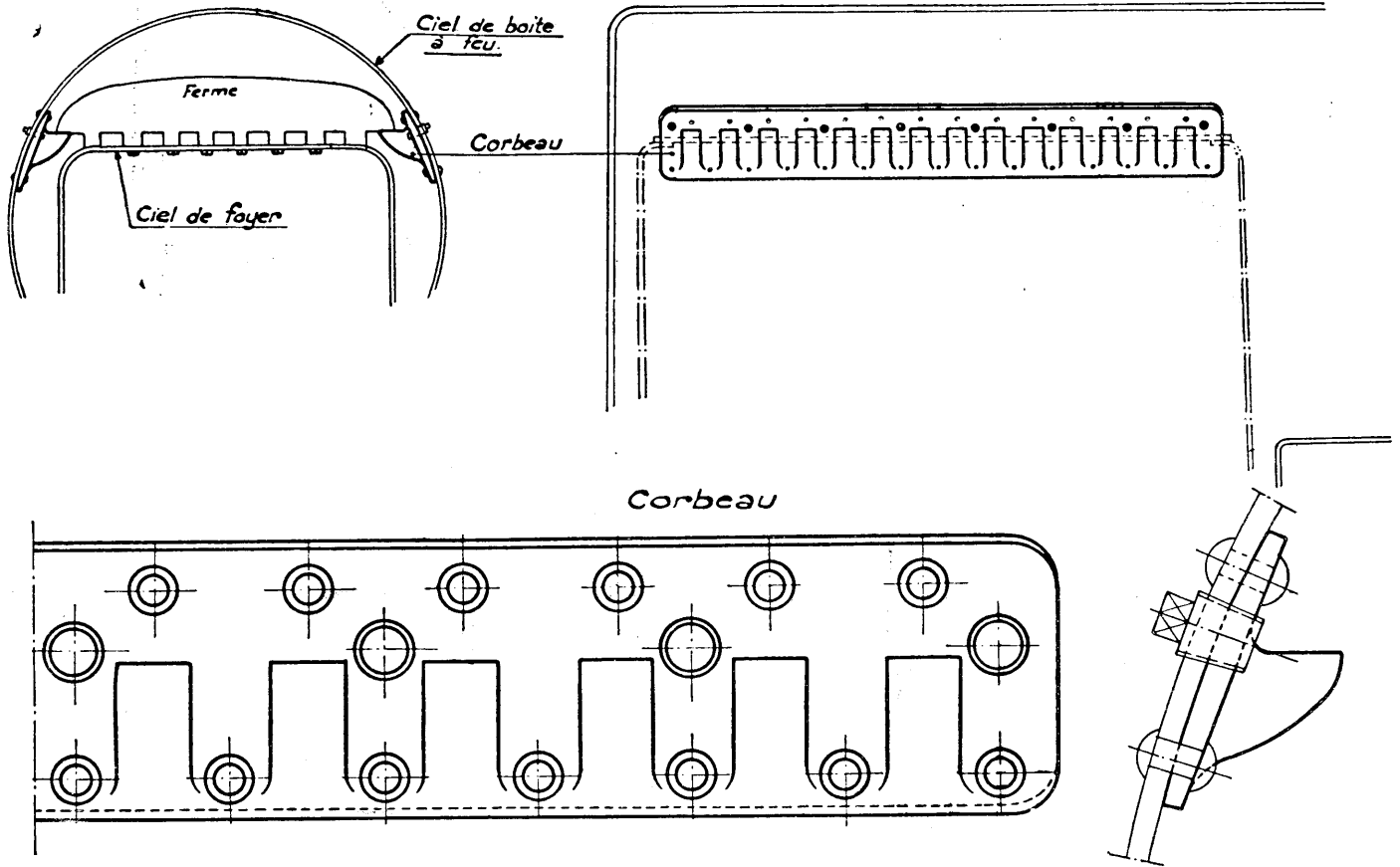


FIGURE 22

TIRANTS DE BOITE A FEU

Séries de Locomotives)
221 A - 230 B. G. K.
141 TD - 232 TA

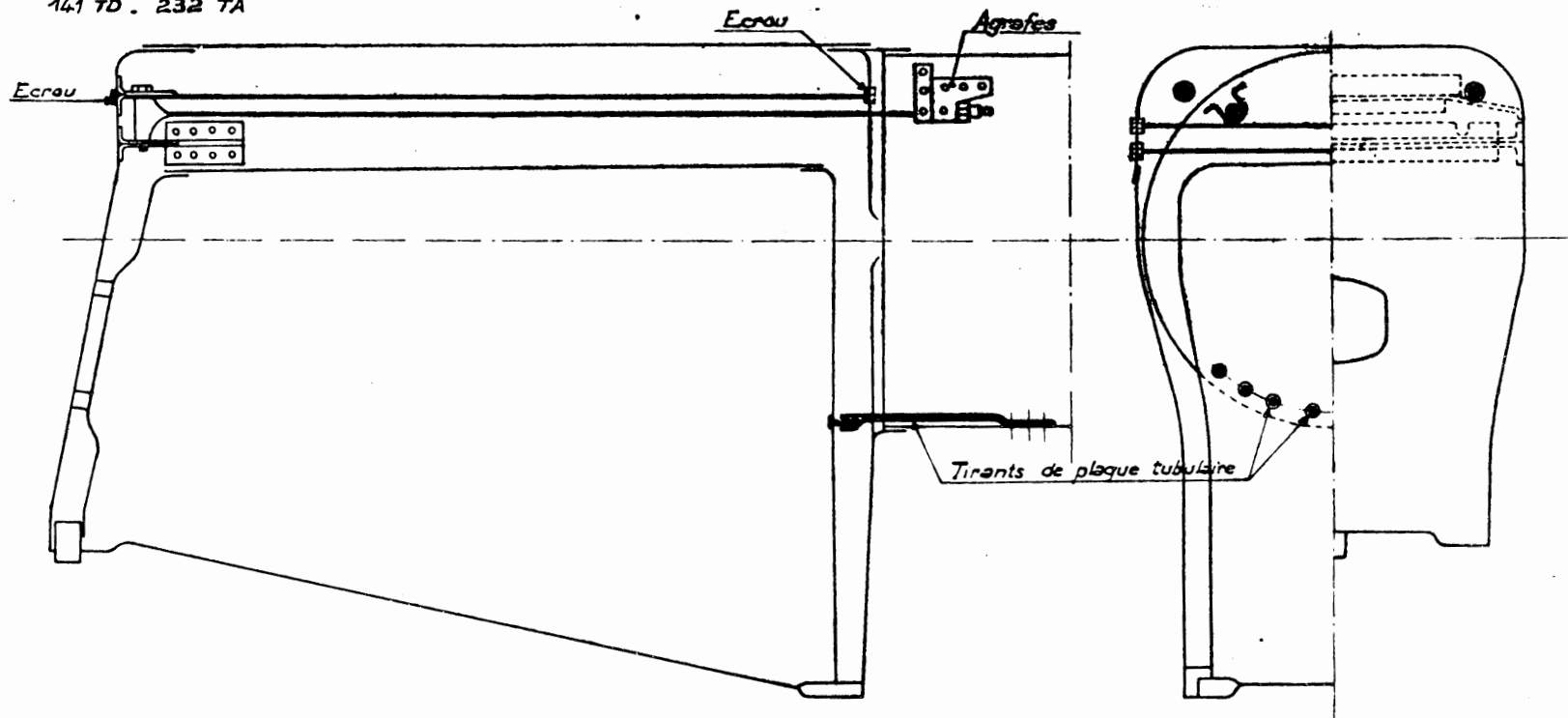


FIGURE 24

Série de Locomotives
141 B à D.

- TIRANTS DE BOITE A FEU -

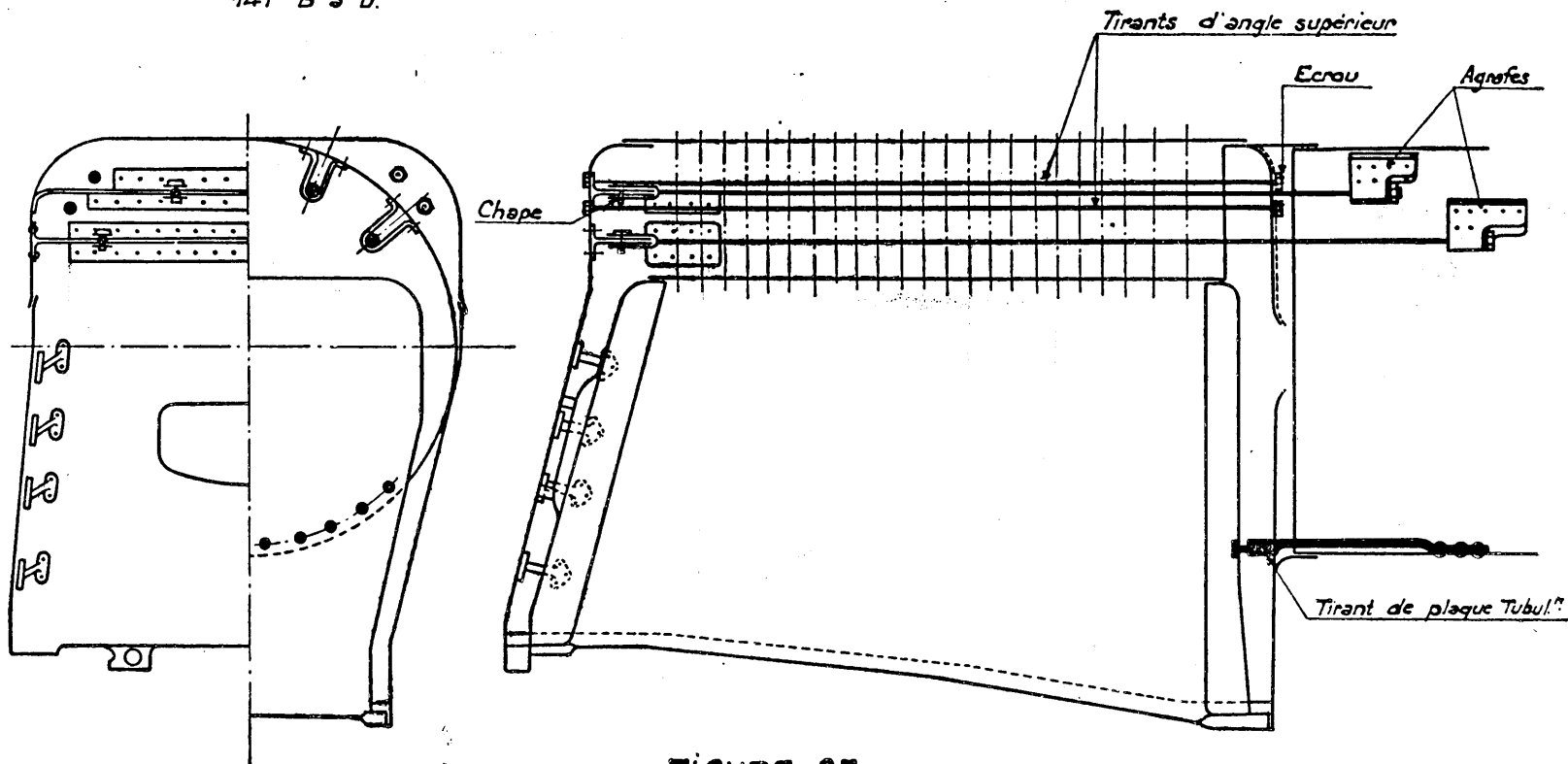


FIGURE 25

c) Tirants reliant la boîte à feu au foyer.

— AGRAFES DE PLAQUES TUBULAIRE.

La plaque tubulaire de foyer est armaturée dans la partie basse par les entretoises, dans la partie haute par le faisceau tubulaire. Pour éviter que la partie de la plaque comprise entre le faisceau et la première rangée d'entretoises ne se déforme, on a prévu une consolidation spéciale de tirants reliés au corps cylindrique et placés en arc de cercle dans le bas de la virole AR. Ces tirants ou agrafes forgés dirigés parallèlement à l'axe de la chaudière, sont fixés

— TIRANTS DE BOITE A FEU A CIEL CYLINDRIQUE —

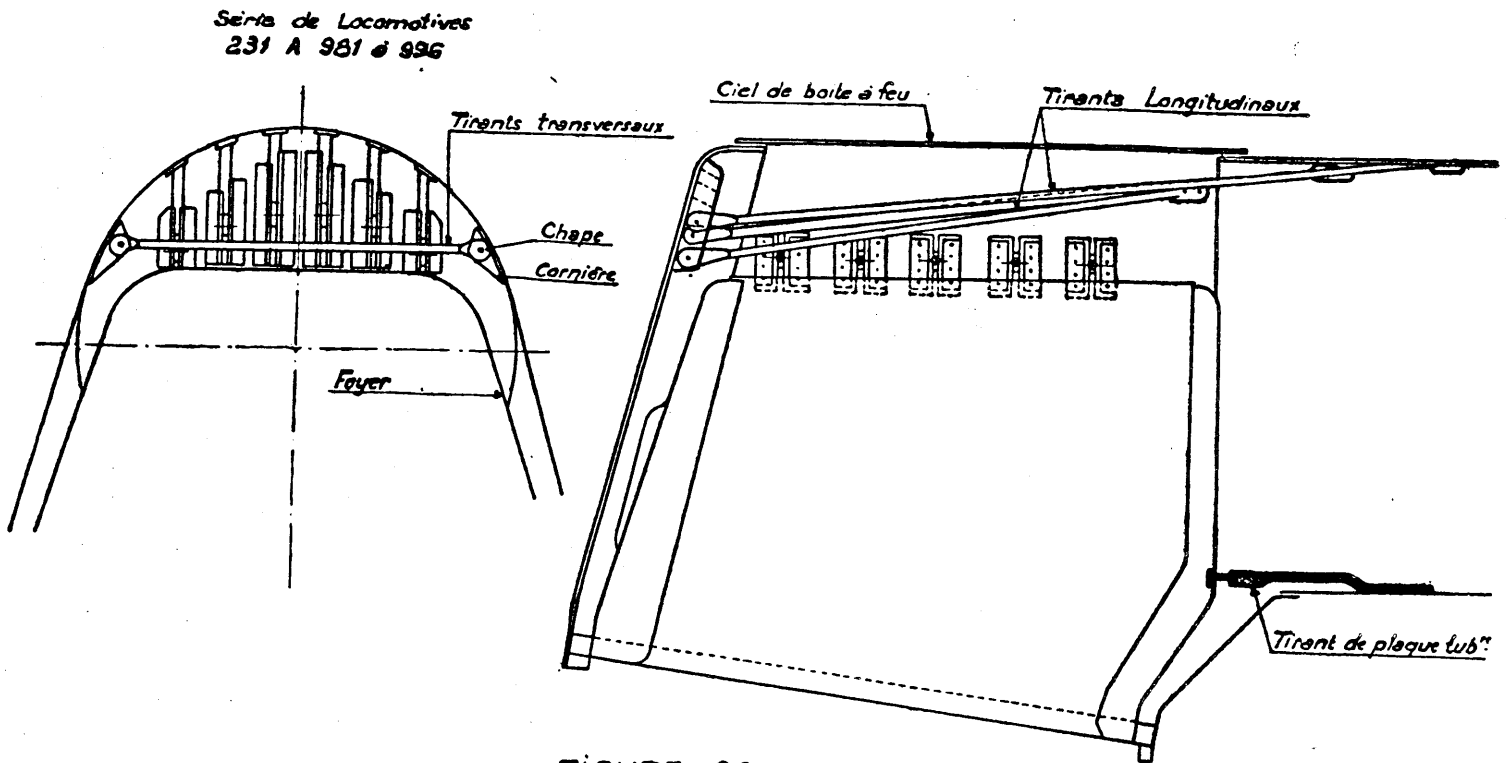


FIGURE 26

à l'intérieur de la partie inférieure arrière de la virole par plusieurs rivets. A leur extrémité arrière, ils comportent un orifice fileté dans lequel vient se placer, à plein trou, une vis en acier traversant la plaque tubulaire et dont la tête appuie sur cette plaque. Le logement dans la plaque de foyer est généralement fileté pour que la tête de la vis ne soit pas chassée en cas de rupture. Les vis sont percées d'un trou central de 4 mm. de diamètre et sur une profondeur de 65 à 80 mm. suffisante pour déceler les ruptures qui se produisent dans les parties filetées.

L'agrafe peut être disposée de deux façons. Dans les foyers en cuivre, elle ne touche pas la plaque tubulaire et la tête de la vis est munie d'un collet formant joint (fig. 32).

Pour les plaques tubulaires en acier une rondelle en cuivre fait office de joint entre la tête de la vis et la plaque; une bague fendue en acier est interposée dans la lame d'eau entre la partie de l'agrafe et la plaque pour donner de la rigidité à l'ensemble (fig. 33).

Séries de Locomotives
150-A 050TB

TIRANTS DE BOITE A FEU A CIEL ROND

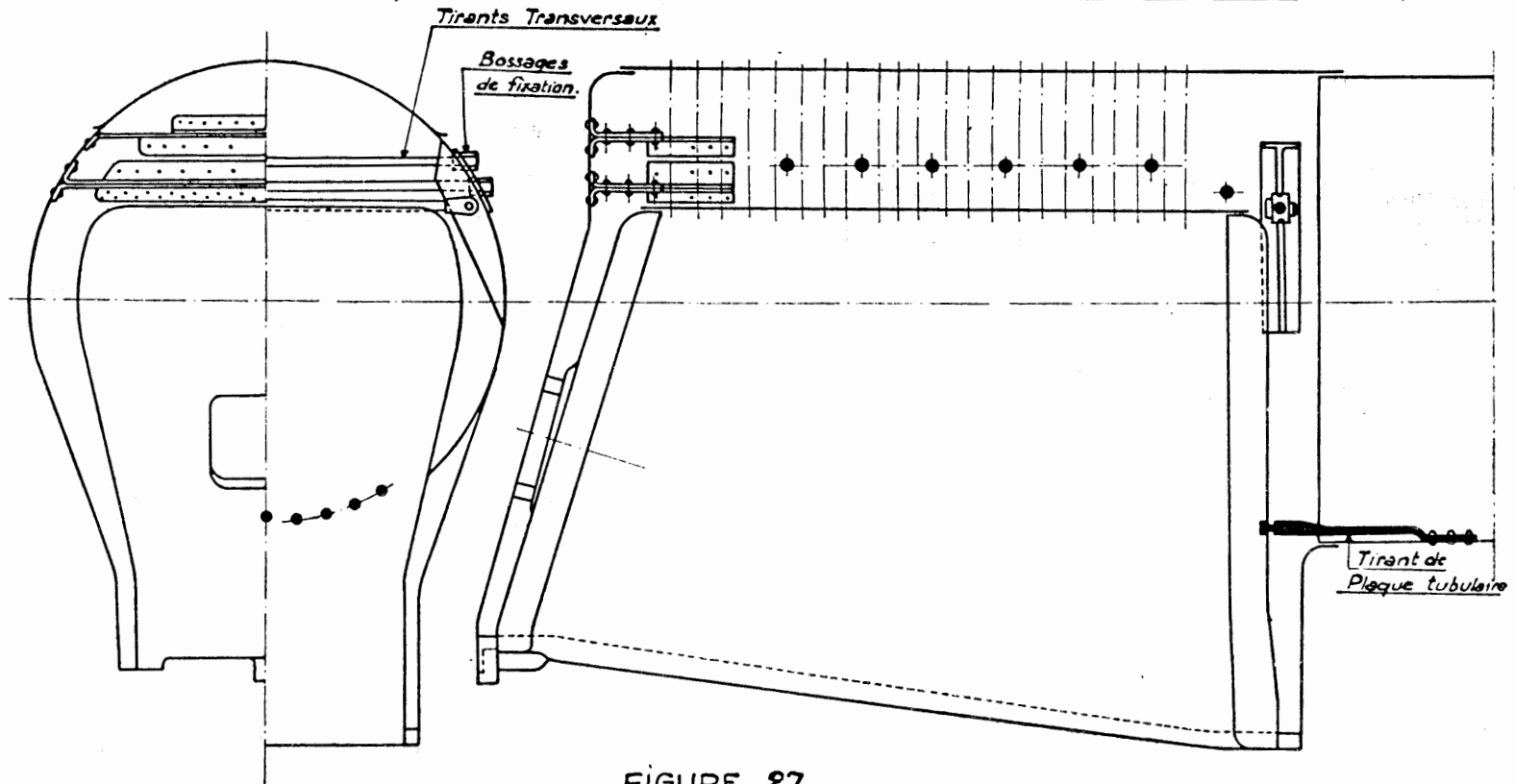
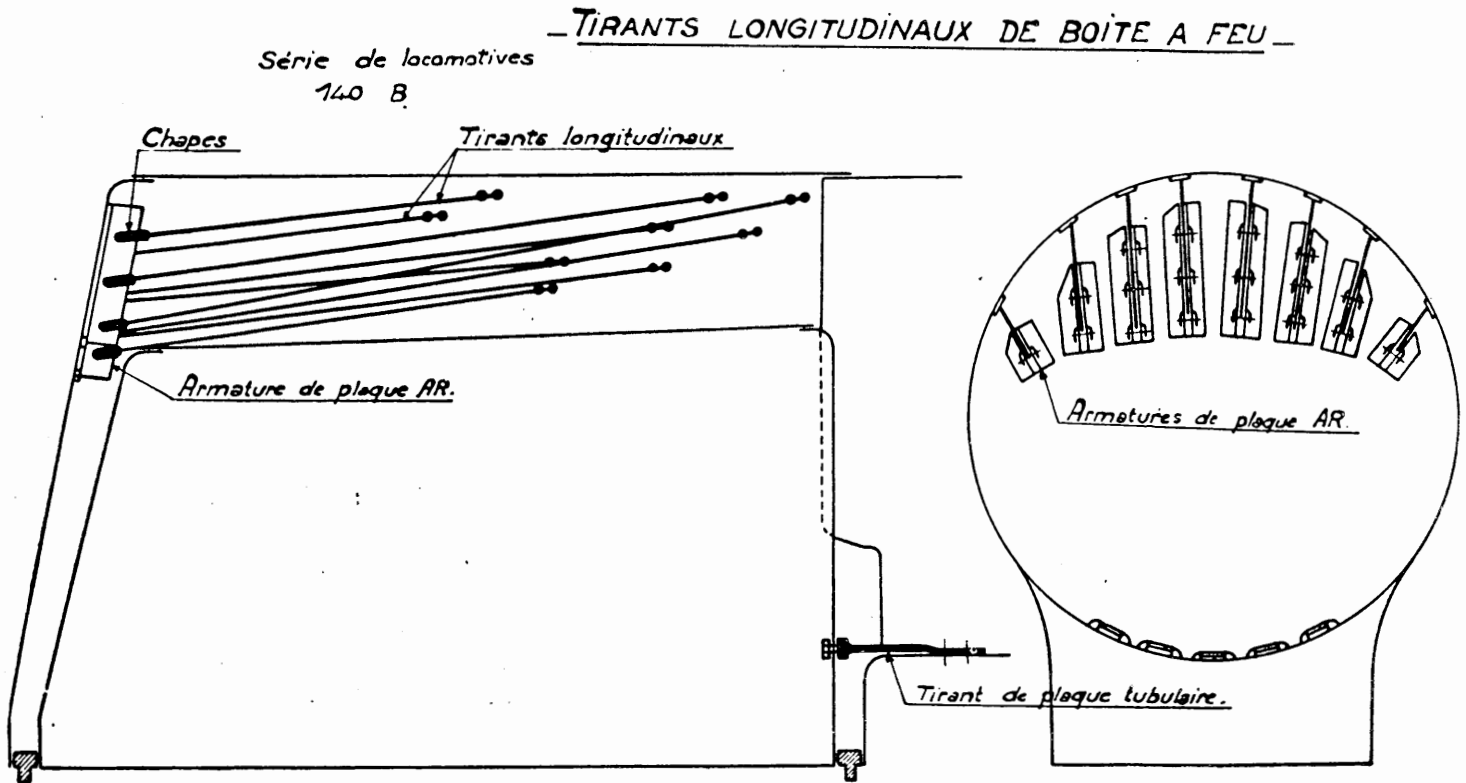


FIGURE 27

Sur les machines 241-A type Est, la plaque avant de foyer est reliée au corps cylindrique par des tirants à 2 écrous, au lieu de vis et agrafes. Ces tirants ont une extrémité vissée dans la plaque avant du foyer et munie d'un écrou, l'écrou de l'autre extrémité s'appuie sur une cornière rivée à la dernière virole du corps cylindrique (*fig. 34 et 35*).

— TIRANTS DE CIEL.

Les tirants de ciel relient entre elles les faces opposées du ciel de foyer et du ciel de boîte à feu sur lesquelles la pression de la vapeur s'exerce en sens inverse. Ce sont des barres rondes



en acier AK filetées aux deux extrémités au pas de 2 mm. dont la partie centrale est lisse et a un diamètre légèrement inférieur à celui de la partie filetée à fond de filet (22 à 28 mm.). Ils sont percés de part en part d'un trou central de 6 mm. de diamètre chargé de déceler la rupture éventuelle.

Ils sont disposés en quadrillage et espacés de 100 à 120 mm. Leurs extrémités filetées sont vissées dans les trous taraudés du ciel de foyer et du ciel de boîte à feu. Lorsque le ciel de boîte à feu est plan et parallèle à celui de foyer, on ajoute des écrous sur les extrémités filetées qui dépassent, afin de faire joint sur les tôles. Lorsque le ciel de boîte à feu est cylindrique, tandis que celui de foyer est plan, on rive la tête du tirant du côté boîte à feu ou bien l'on fait reposer les écrous sur des cales en sifflet. Lorsque les deux parois sont cylindriques, les tirants sont à peu près normaux au ciel de foyer; leurs extrémités côté boîte à feu sont rivées; celles côtés foyer sont munies d'écrous à listel (*fig. 36*).

- TIRANTS DE BOÎTE A FEU -

Série de Locomotives
231 C à J.

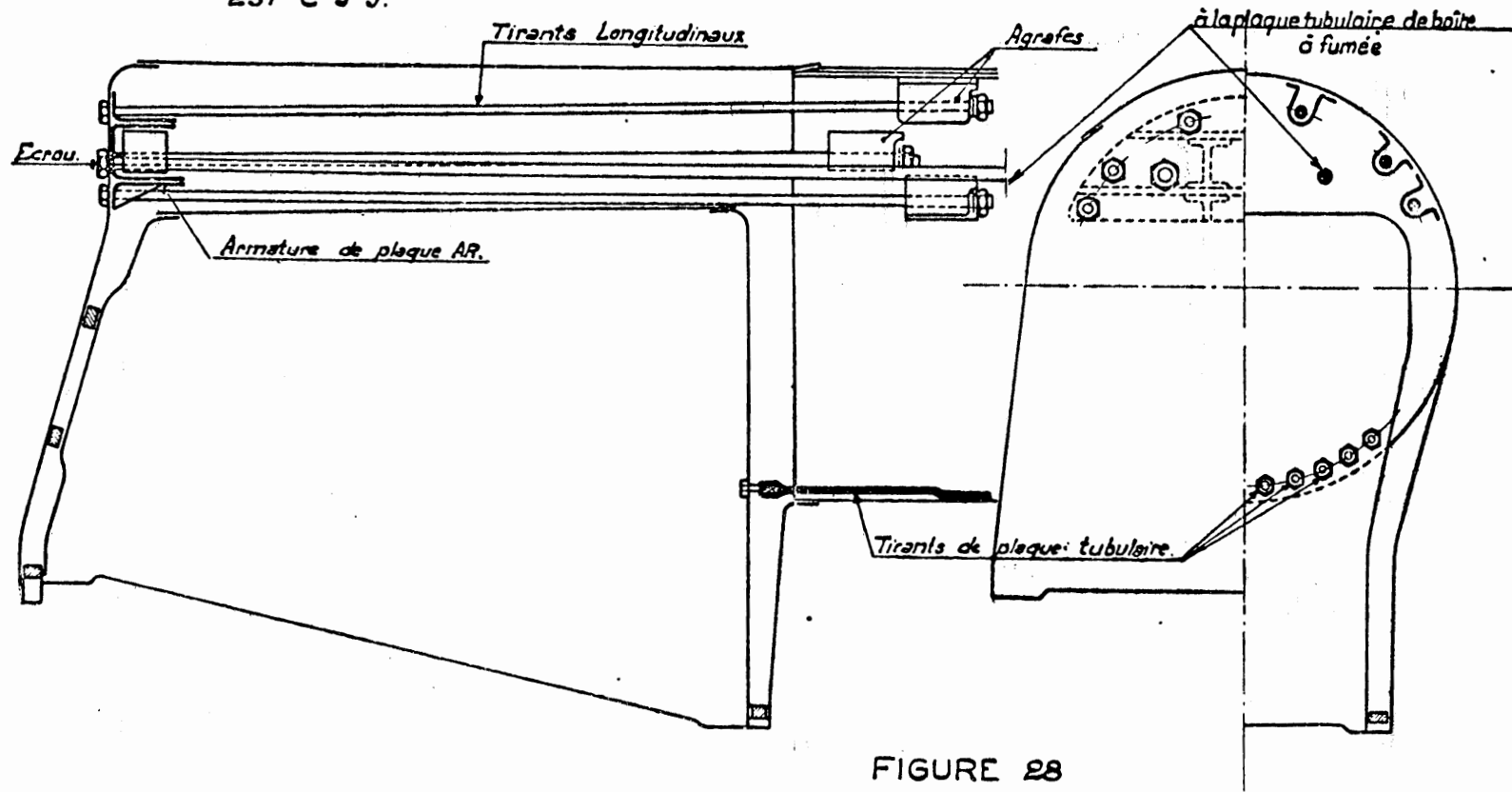


FIGURE 28

TIRANTS LONGITUDINAUX DE BOÎTE A FEU

Séries de Locomotives
231 K et 141 A

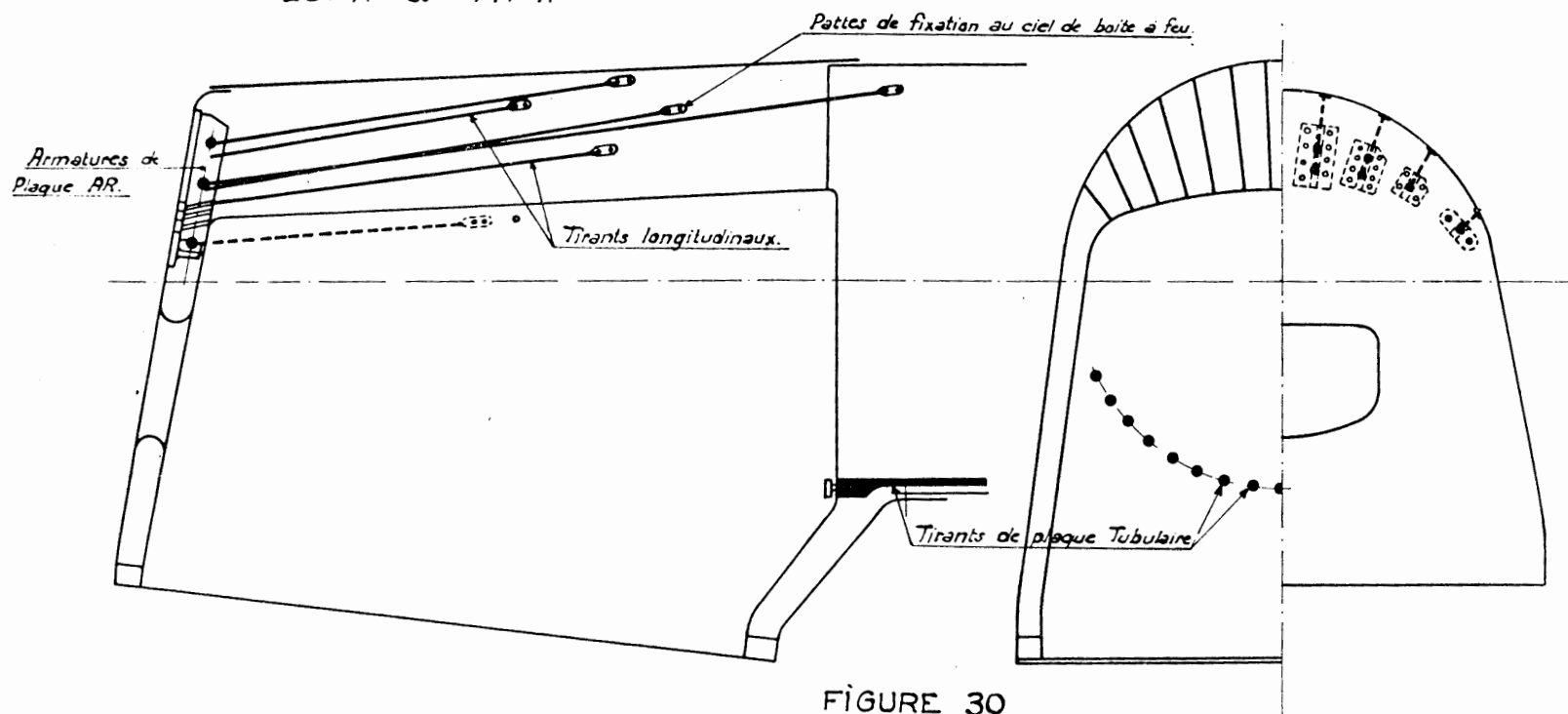


FIGURE 30

- TIRANTS LONGITUDINAUX DE BOITE A FEU -

Series de Locomotives
140 A.-B.-D

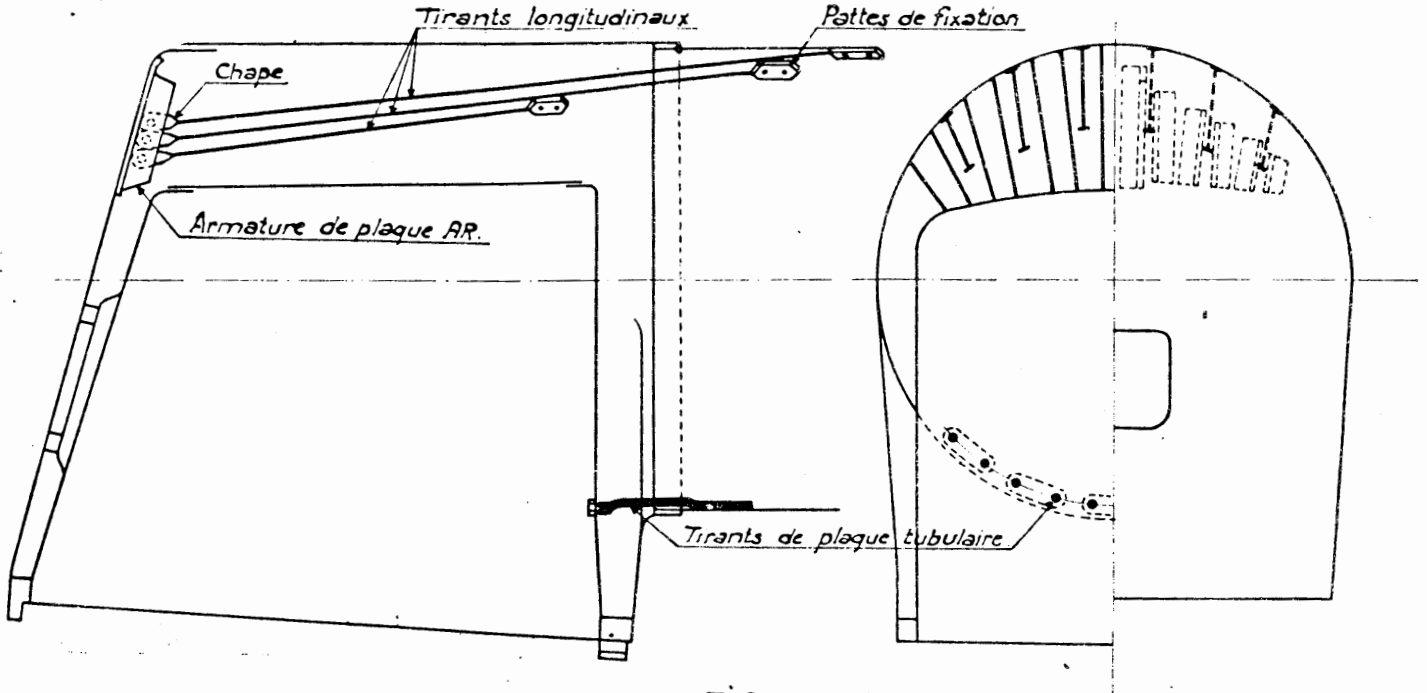


FIGURE 31

- TIRANT DE PLAQUE TUBULAIRE DE FOYER EN CUIVRE -

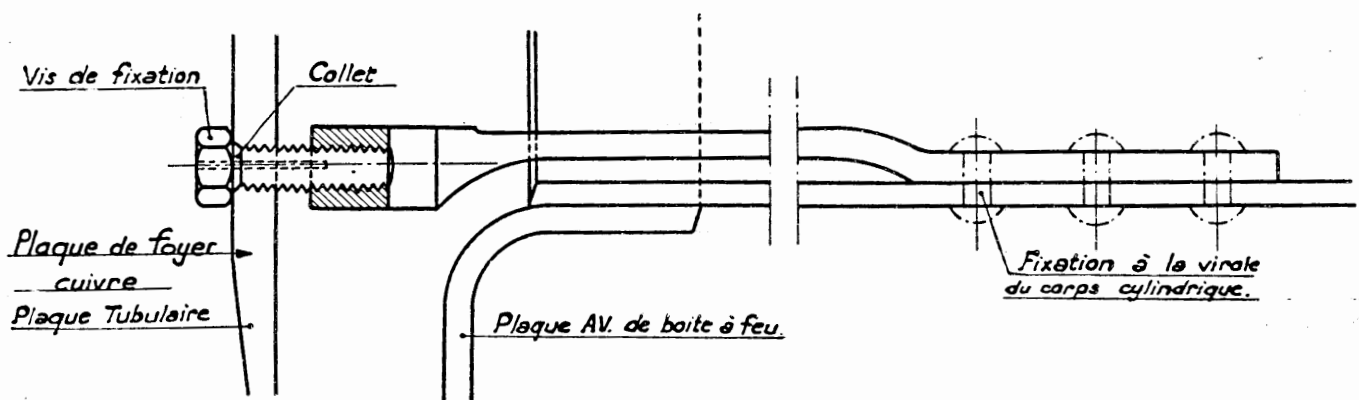


FIGURE 32

Sur les 141 R et un certain nombre de 141 P qui ont des foyers en acier, les tirants sont rivés côté foyer suivant la pratique américaine, en vue de voir si la meilleure étanchéité et la réduction d'usure consécutive au peu de saillie que présente la tête rivée ne rendraient pas,

tout compte fait, la rivure avantageuse. Cette pratique ne paraît présenter d'inconvénient grave que dans le cas de fusion de plombs. Pour se rompre le ciel rabat beaucoup plus faci-

TIRANT DE PLAQUE TUBULAIRE DE FOYER EN ACIER

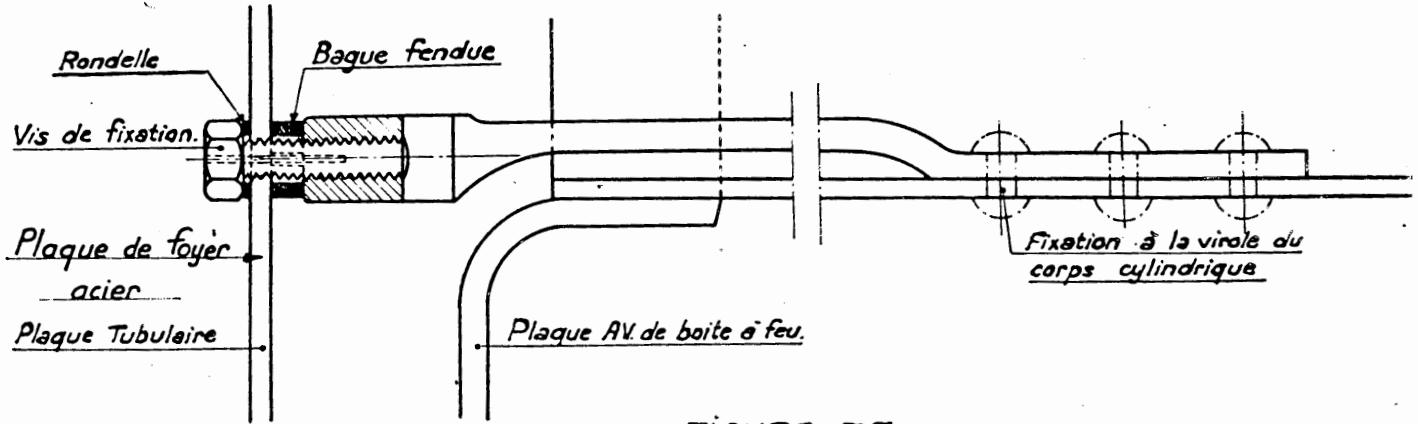


FIGURE 33

TIRANT DE PLAQUE AVANT DE FOYER A CHAMBRE DE COMBUS

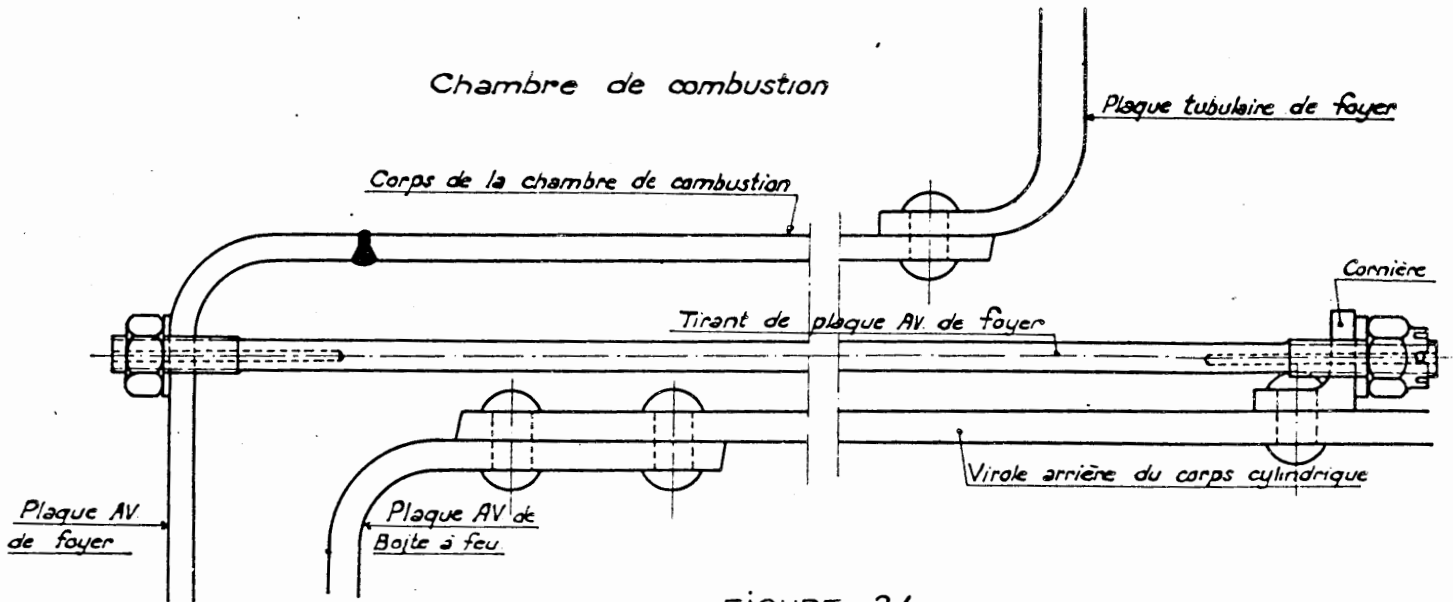


FIGURE 34

lement les rivures qu'il n'arrache les écrous de leur filetage lorsque celui-ci a perdu sa consistance. (1)

(1) Voir article de M. Chan (n° de février 1937 et juillet, août 1945 de la Revue Générale des Chemins de fer) sur une explosion de chaudière et les moyens d'investigation permettant de confirmer l'origine de ces graves accidents.

Les diamètres des tirants sont déterminés par la fatigue qu'ils ont à supporter. Celle-ci dépend de la pression dans la chaudière et de l'écartement des tirants. L'effort que doit supporter en moyenne un tirant de ciel de foyer est obtenue en divisant l'effort total de la vapeur sur le ciel par le nombre des tirants qui sont, en effet, régulièrement répartis. Pour les tirants neufs, on admet un taux de fatigue de 4 à 5 kg/mm² à la traction et on détermine le diamètre limite d'usure en admettant un taux de fatigue de 7 kg/mm². Pour simplifier les règles, on opère le retrait du service lorsque le diamètre est diminué en un point de 2 mm. (dans les ateliers) ou 3 mm. (dans les dépôts).

DISPOSITION DES TIRANTS DE PLAQUE AVANT
DE FOYER A CHAMBRE DE COMBUSTION.

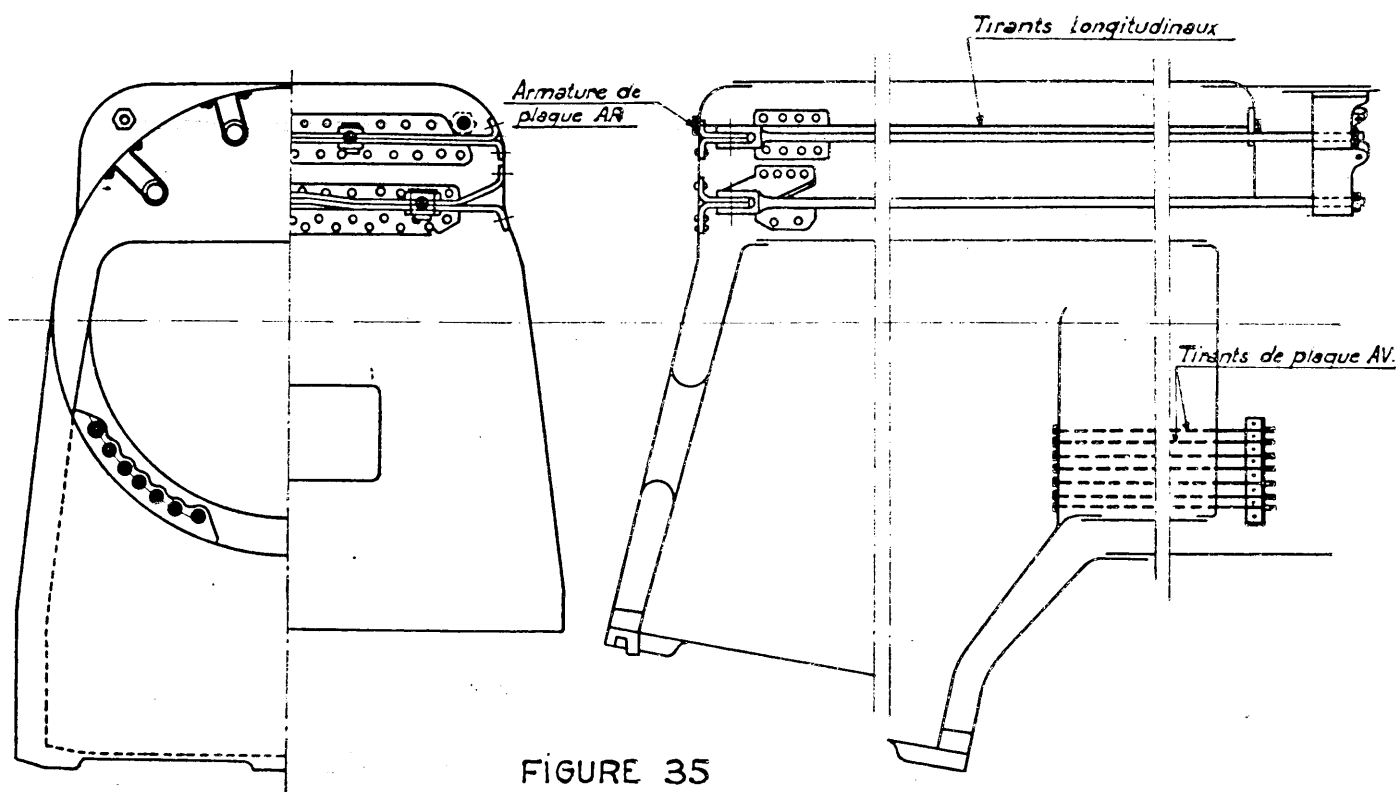


FIGURE 35

Sur les 141 P par suite de la mauvaise tenue en service des tirants en cupro-manganèse on a prévu pour la confection de ceux des deux rangées longitudinales extérieures l'acier inoxydable extra-doux à 12 % de chrome (Ingal ou Virgo).

— TIRANTS DE DILATATION.

Lorsque la dilatation du foyer et en particulier celui de la plaque tubulaire commence après l'allumage du feu, le ciel de foyer se soulève et tend à se rapprocher du ciel de boîte à feu de quelques millimètres.

La montée initiale de la pression sur le ciel de foyer retarde ensuite son mouvement ascensionnel puis quand la température de la boîte à feu s'accroît à son tour et que la pression s'accroît davantage, les ciels de foyer et de boîte à feu tendent à s'écarter l'un de l'autre.

- ECROU A LISTEL -

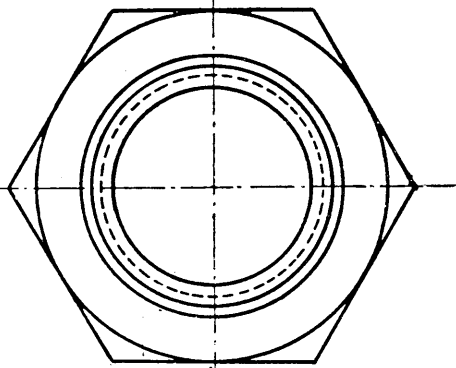
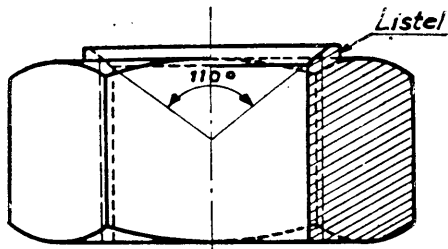


FIGURE 36

Pour réduire dans la mesure du possible les efforts de flexion des arrondis supérieurs de la plaque tubulaire pouvant par leur répétition entraîner leur fissuration et leur rupture on utilise des tirants de dilatation pour les deux ou trois premières rangées avant, près de la plaque tubulaire.

Les principaux types de tirants de dilatation que l'on trouve sur nos machines sont les suivants :

- le tirant Etat (fig. 37),
- le tirant type Est (fig. 38) 141 TD,
- le tirant type américain (fig. 39),
- le tirant « Tate » (fig. 40 et 41).

Au montage des tirants de ce dernier type, il faut s'assurer que la tête sphérique repose bien sur son siège et a un jeu suffisant pour ne pas risquer de buter contre le chapeau au moment de la dilatation et provoquer ainsi la rupture de ce chapeau. Ce type de tirant a été normalisé par la S.N.C.F., les autres genres de tirants ne donnent lieu à aucune remarque particulière en service.

Sur les machines de construction allemande les tirants sont remplacés par le dispositif de la figure 42 avec 1, 2 ou 3 rangées de tirants, établi dans le même but et qui semble donner les résultats cherchés puisqu'on n'a pas encore constaté de rupture de l'arrondi supérieur de plaque tubulaire sur ces machines ; cependant une déformation permanente de l'avant du ciel de foyer prend naissance à la première

rangée du tirant fixe et augmente progressivement jusqu'à la plaque tubulaire (tracé en pointillé, fig. 42).

Les machines 150 A type Est possédant un dispositif représenté figure 43 qui diffère peu du précédent ; les tirants de la première rangée sont vissés dans la pince de la plaque tubulaire et ceux de la deuxième rangée dans le ciel du foyer.

Le réglage de la longueur des tirants de dilatation doit être effectué lorsque la pose de la tubulure est achevée bien que le dudgeonnage de la tubulure ne doive pas, s'il est bien fait, modifier les dimensions de la plaque. Dans le même ordre d'idées, il est indispensable de vérifier la position des écrous de réglage de ces tirants après chaque remplacement de tubulure et de les amener en contact avec leur joint d'appui s'ils ne le sont plus.

d) Entretoises.

Les entretoises jouent pour les parois verticales (flancs et plaques avant et arrière) le même rôle que les tirants pour le ciel. Elles sont formées de barres rondes filetées à leurs extrémités au pas de 2 mm. et dont la partie centrale est lisse et d'un diamètre inférieur de 3 mm. à celui à fond de filet des bouts filetés, auxquels elle est réunie par des arrondis (fig. 44). Elles sont percées d'un trou central de 5 mm. de diamètre qui sert à déceler les ruptures par une fuite d'eau dans le foyer ; cette fuite amène un dépôt de tartre sur la tôle que l'on remarque lors des visites de foyer au dépôt.

L'opération qui consiste à tourner la partie centrale de l'entretoise à un diamètre inférieur à celui des extrémités est appelée délardage. Elle est faite sur une longueur égale à l'épaisseur de la lame d'eau diminuée de 10 mm. Elle sert à éviter l'adhérence du tartre qui

Locomotives 140-C . 231-C

TIRANTS DE DILATATION (Type Etat)

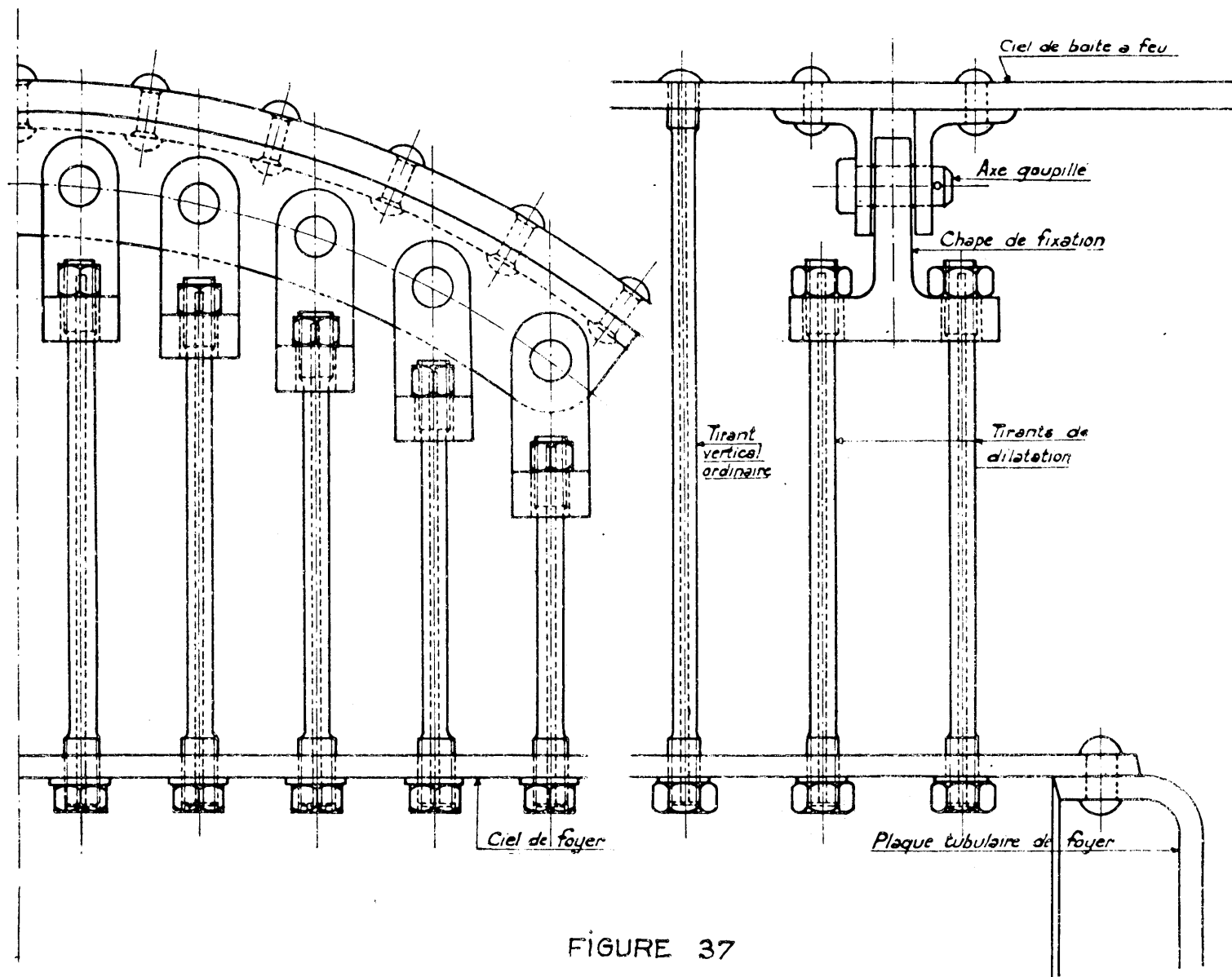


FIGURE 37

se déposerait facilement dans le filetage et à augmenter la flexibilité de l'entretoise, nécessaire à cause des dilatations différentes du foyer et de la boîte à feu. Avec l'application du T.I.A. le délardage ne semble plus indispensable.

Le diamètre des entretoises (diamètres des bouts filetés) est de 23 à 26 mm. sur les parois neuves de foyer et de boîte à feu. Au fur et à mesure des remplacements successifs, soit pour usure des têtes côté feu, soit pour rupture, on est obligé de tarauder les trous filetés des parois dans lesquelles les entretoises sont vissées; ce taraudage agrandit les trous et on est amené à remplacer les entretoises d'origine par des entretoises de diamètres plus grands. On peut ainsi aller dans les dépôts jusqu'à des diamètres de 32 mm. dans les foyers en acier et de 34 mm.

TIRANTS DE DILATATION (Type Est)

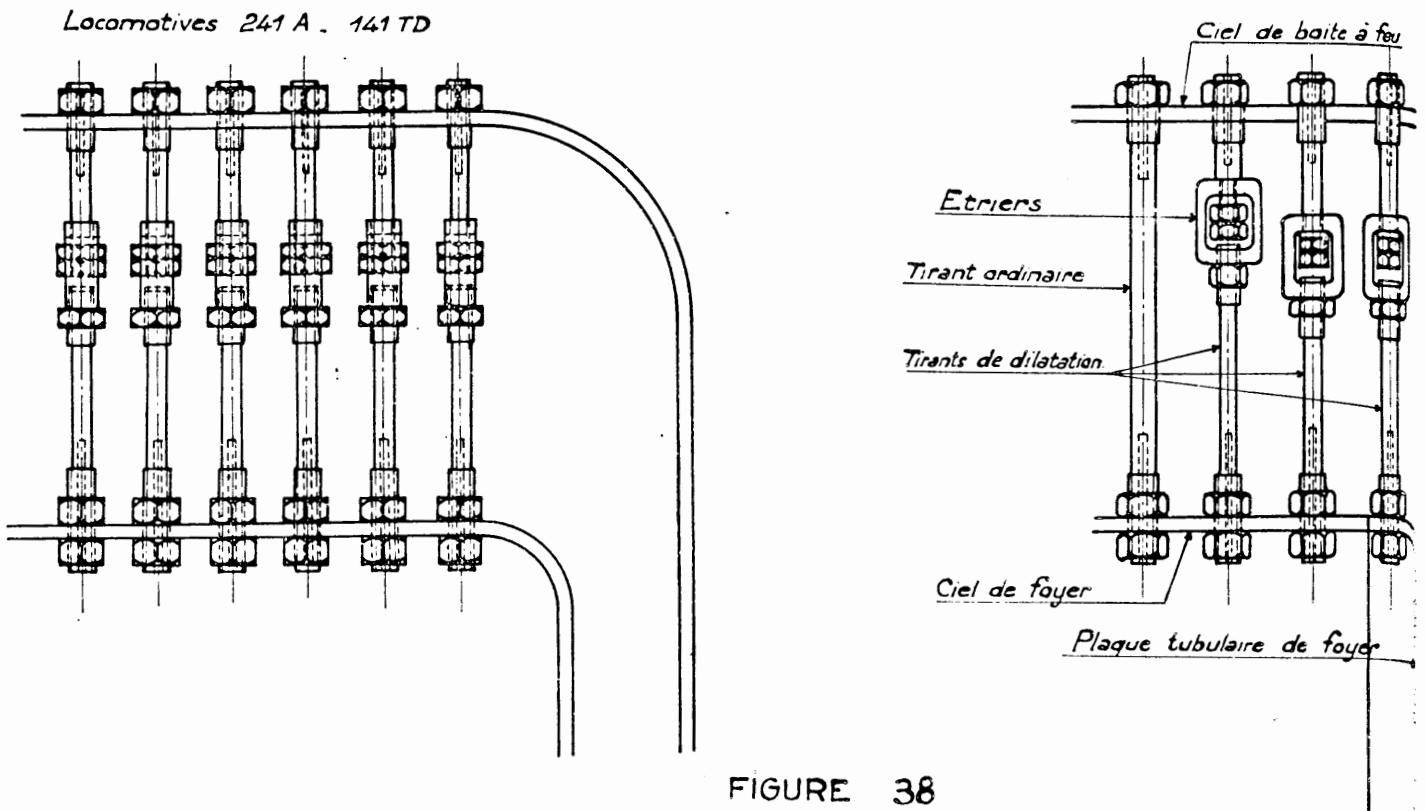


FIGURE 38

dans les foyers en cuivre; dans les ateliers les diamètres limites admis sont de 29 mm. dans les foyers en acier et de 31 mm. dans les foyers en cuivre. Lorsqu'on remplace simultanément les éléments de foyer et de boîte à feu dans les ateliers, on remet les entretoises aux diamètres d'origine indiqués sur les dessins. Lorsqu'on ne remplace que l'élément de foyer en laissant en service celui de boîte à feu qui se trouve en face, on ne remet pas d'entretoise dont le diamètre soit supérieur de plus de 4 mm. à celui prévu au dessin; on met alors une bague dans le trou de paroi de boîte à feu de façon à pouvoir mettre une entretoise de diamètre égal à celui d'origine.

Le diamètre des entretoises en acier actuellement prévu est le même que celui des entretoises en cuivre qu'elles remplacent pour ne pas être amené à utiliser un outillage trop fragile. Cependant on peut admettre pour l'acier une fatigue deux fois plus grande que pour le cuivre et placer des entretoises en acier dont le diamètre soit de 20 mm. seulement.

TIRANTS DE DILATATION (Type Américain)

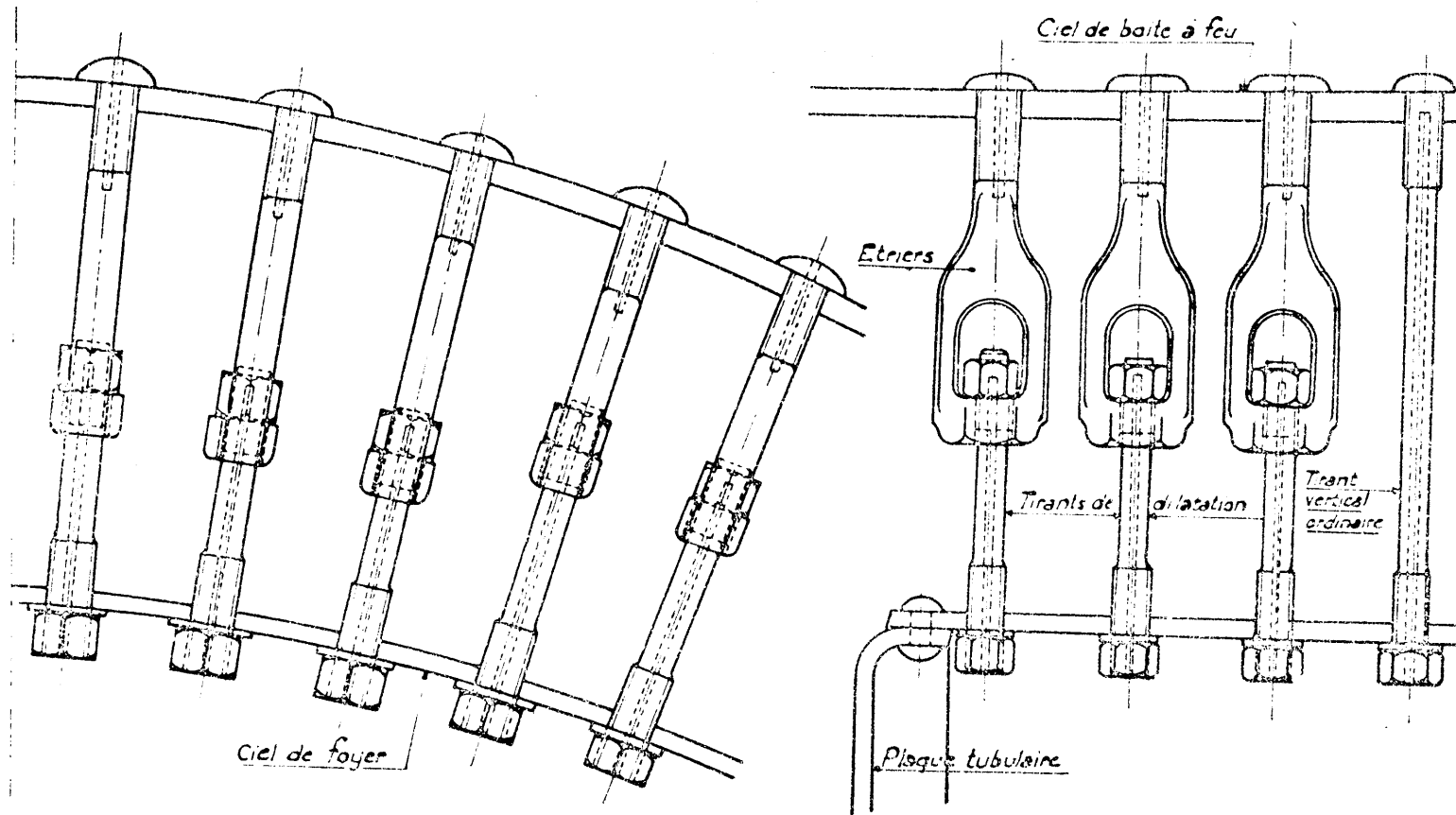


FIGURE 39

Les entretoises sont vissées sans jeu dans les deux parois qu'elles réunissent, bréchées et rivées à extrémité (fig. 45). Les entretoises sont disposées en rangées distantes de 70 à 100 mm. Le trou central est bouché du côté extérieur par une cheville en cuivre ou en acier enfoncée au marteau à main ou bien par un procédé de refoulement du métal de l'entretoise. Il peut être bouché côté foyer dans les parties basses où l'obstruction par des cendres rend difficile le débouchage périodique.

Dans les foyers en cuivre, on emploie en général pour la confection des entretoises le

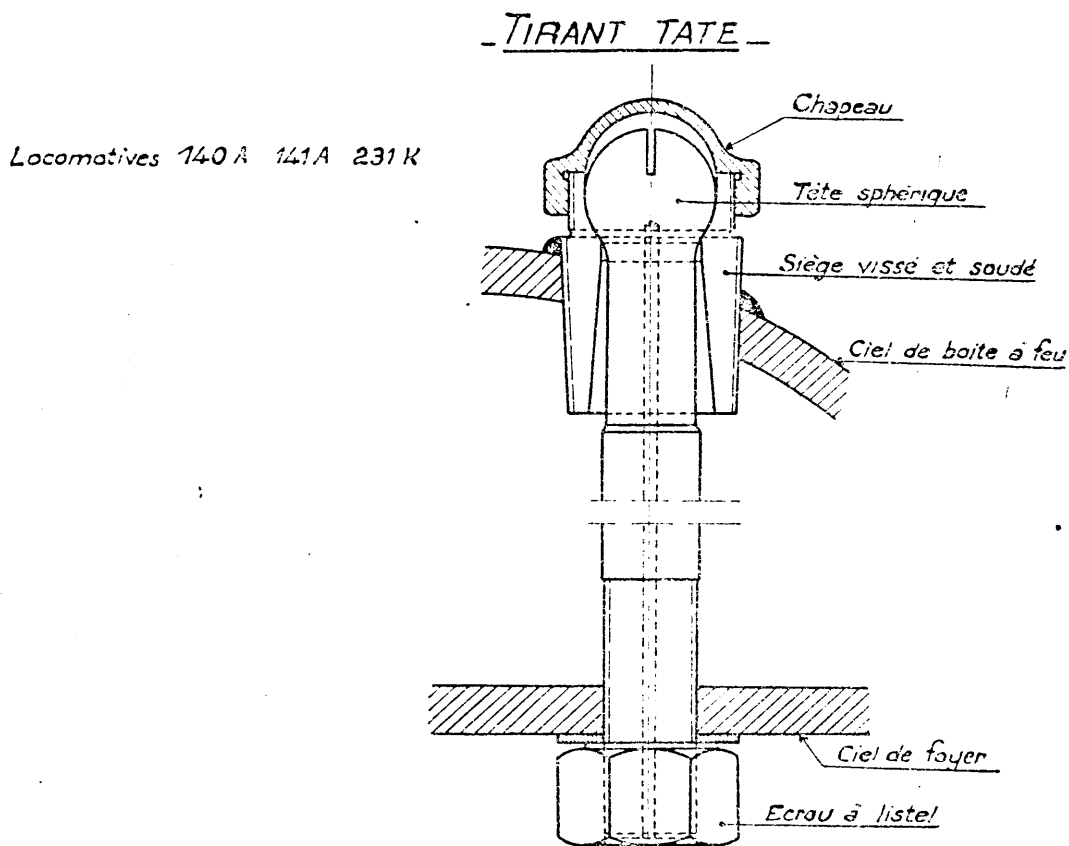


FIGURE 40

cuivre dans les parties basses parce qu'il résiste bien aux corrosions chimiques du feu et le bronze manganésé (Cu 95 % Mn 4 % Fe 1 %) dans les parties hautes.

En effet comme les plaques de foyer et de boîte à feu sont fixées à leur partie inférieure par le cadre et que le foyer en cuivre se dilate plus que la boîte à feu en acier, les entretoises supérieures subissent des déplacements angulaires plus grands et on doit leur donner, pour cette raison, une plus grande longueur en élargissant les lames d'eau vers le haut ce qui présente en outre l'avantage de permettre un meilleur dégagement de vapeur. Or, les ruptures d'entretoises sont presque toujours produites par l'effort de cisaillement résultant de leur flexion alternée et non par suite de l'effort de traction dû à la pression de la chaudière. Le bronze manganésé résiste mieux que le cuivre à ces efforts de flexion alternés.

Les foyers en acier et certains foyers en cuivre ont des entretoises en acier.

On a mis en comparaison sur notre Région trois modes différents de pose de ces entretoises en acier dans foyer cuivre. Dans le premier montage l'entretoise est mise comme une entretoise en cuivre, vissée et soit rivée, soit bordée. Pour faciliter le bordage on a délardé au préalable l'extrémité de l'entretoise à fond de filet et on lui a donné la forme d'une cuvette.

— DISPOSITION DES TIRANTS TATE —

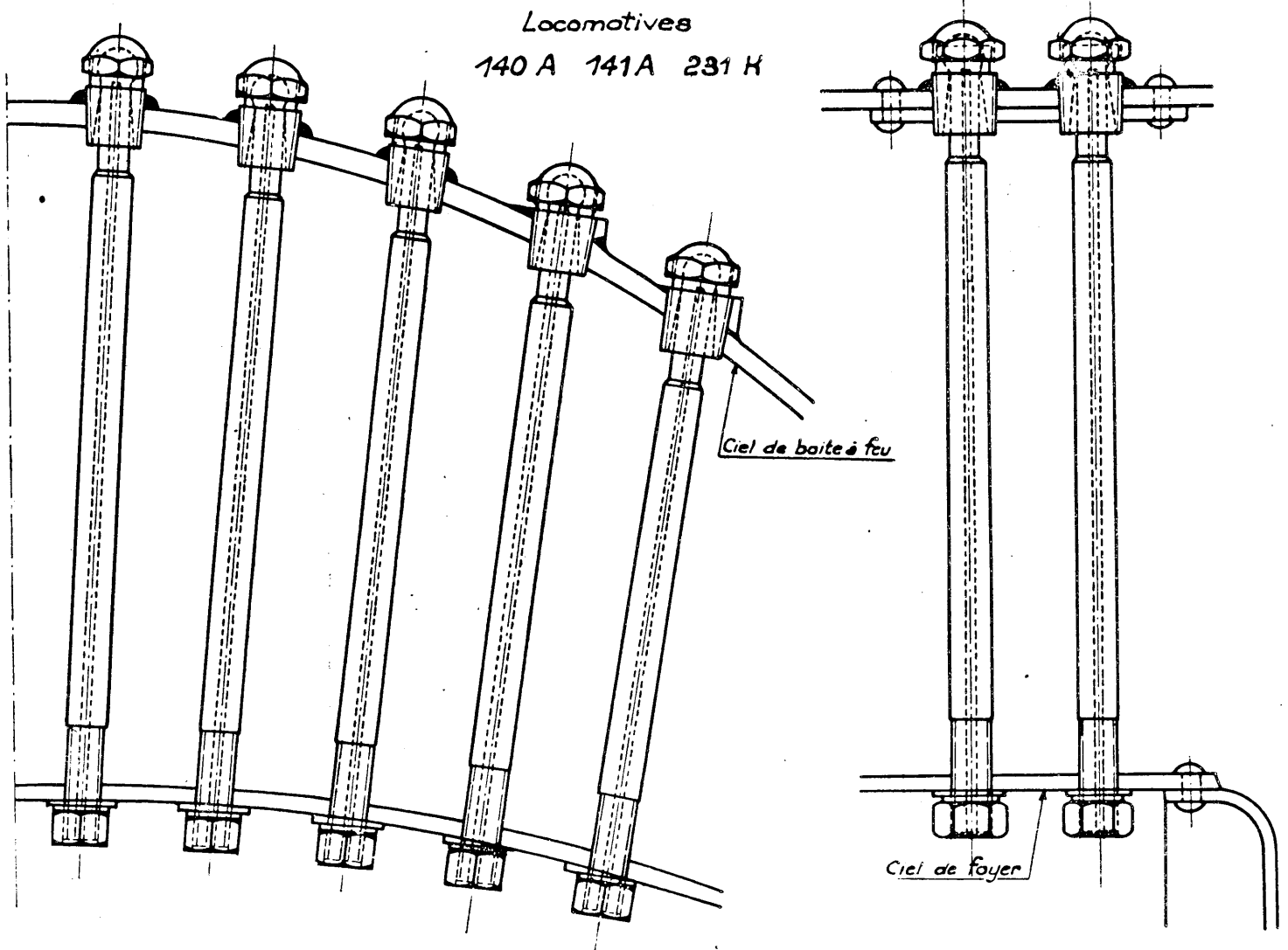


FIGURE 41

Dans le deuxième montage l'entretoise est munie du côté foyer d'un écrou avec ou sans listel (*fig. 48*). Dans le troisième montage l'entretoise est vissée puis soudée sur une bague en acier, elle-même vissée et sertie dans la paroi en cuivre (*fig. 49*). La première disposition est la plus facile à réaliser et la dernière fait apparaître à l'épreuve des fuites entre bague et paroi en cuivre qui sont provoquées par les déformations des bagues lors de la soudure.

TIRANTS DE DILATATION (Type Allemand)

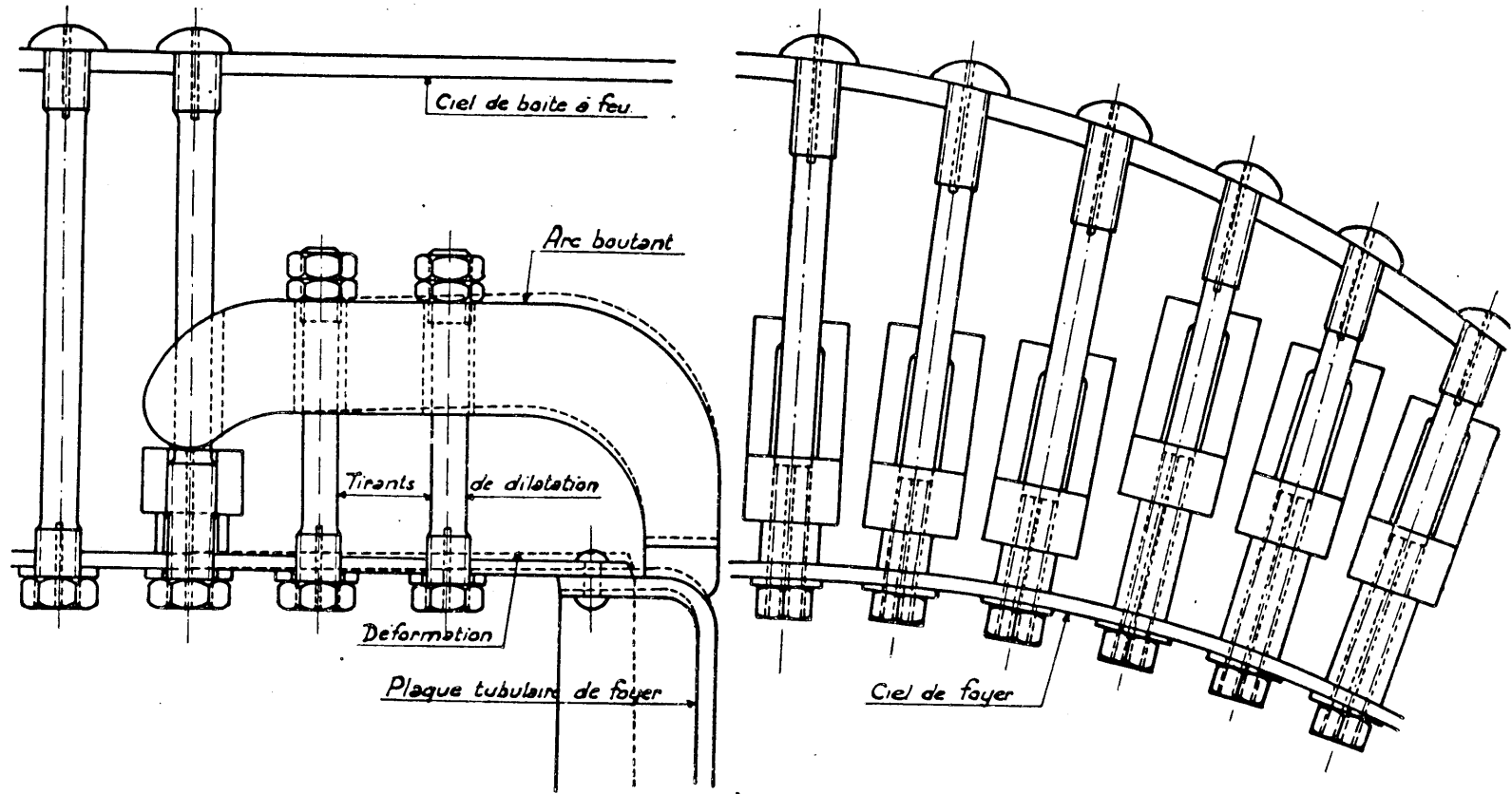


FIGURE 42

Locomotives 150 A

TIRANTS DE DILATATION (Type Est)

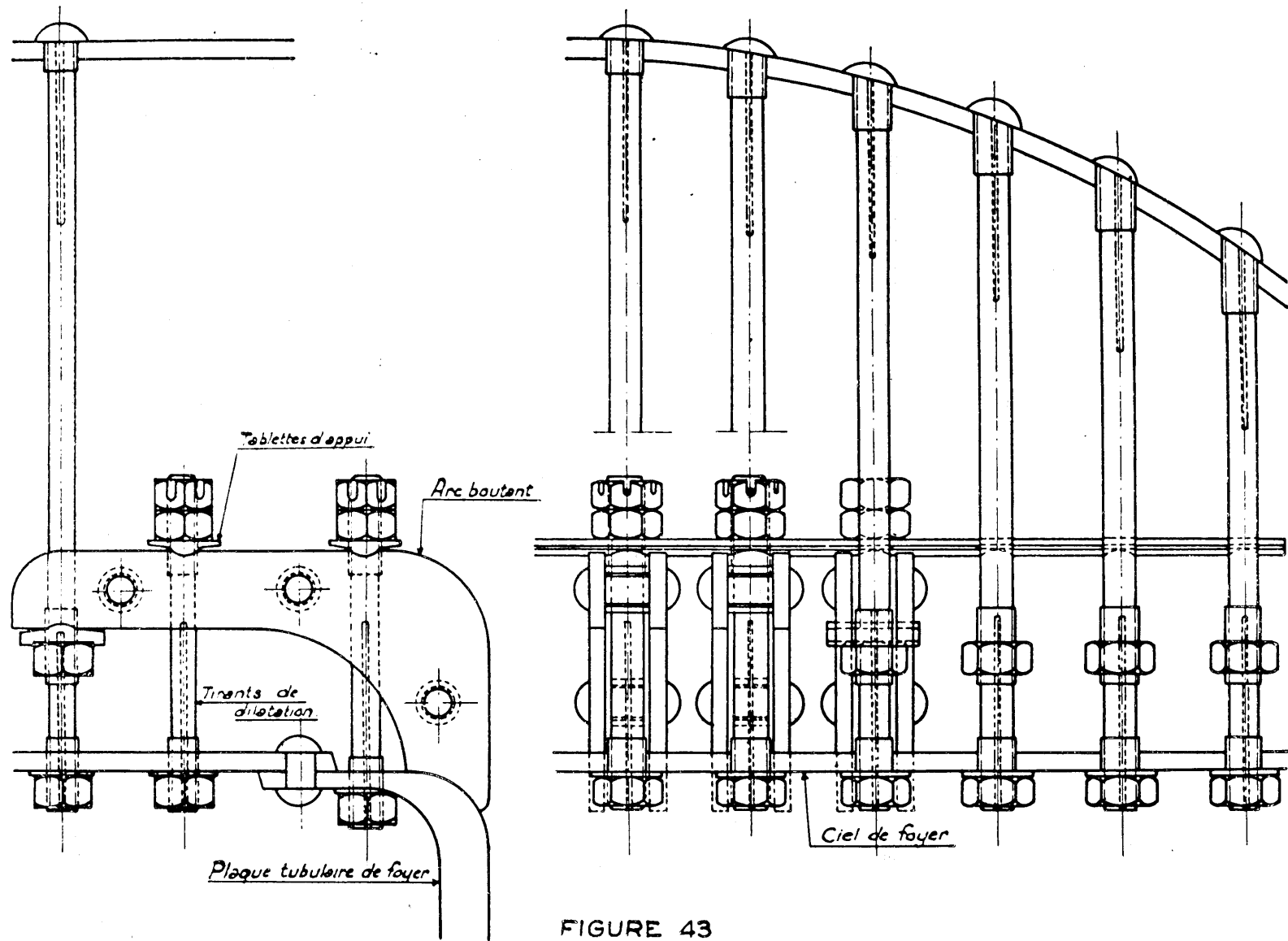


FIGURE 43

On a mis en comparaison à la S.N.C.F. sur les machines soumises au T.I.A. trois types de têtes d'entretoises acier dans foyer acier : tête rivée, tête soudée, tête brochée. Les résultats se résument ainsi :

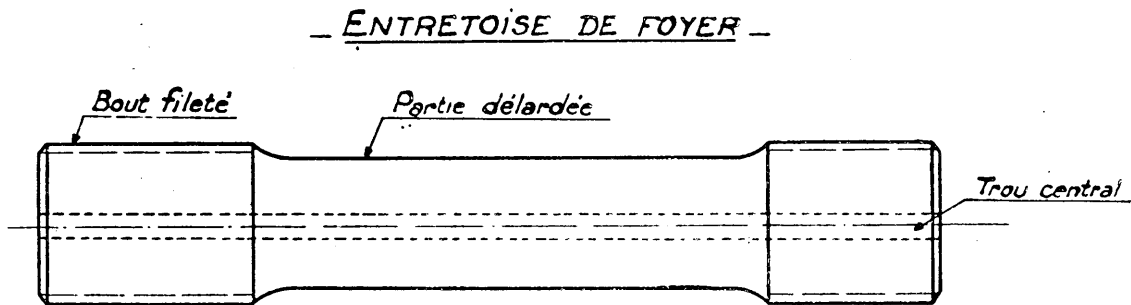


FIGURE 44

Pour les foyers à faible allure de vaporisation les trois procédés sont équivalents. Pour les foyers à allure moyenne l'entretoise soudée est la meilleure, les entretoises rivées et brochées se valent. Pour les foyers à allure poussée l'entretoise soudée est encore la meilleure, l'entretoise rivée vient ensuite.

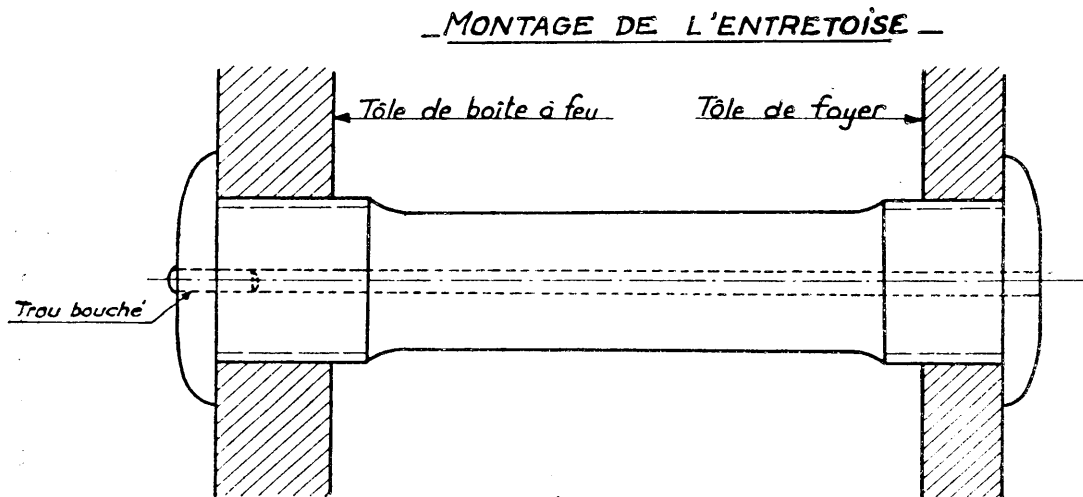


FIGURE 45

Du point de vue pose ou réparation l'entretoise rivée est de beaucoup plus pratique. On reproche cependant au mode actuel de rivetage de provoquer des amorces de criques par évaseement de l'alvéole et écrasement des premiers filets. Il a été suggéré de revoir ce procédé de formation des têtes.

Pour l'entretoise soudée, il reste à fixer si la soudure sans eau dans la chaudière est acceptable. La soudure ne présente alors aucune difficulté. Dans le cas contraire, un rivetage

léger est nécessaire pour obtenir une étanchéité absolue. Les sujétions d'un brochage correct d'une part, les résultats obtenus d'autre part, conduisent à exclure l'entretoise brochée.

Entretoise en acier montée dans un foyer
cuivre avec écrou.

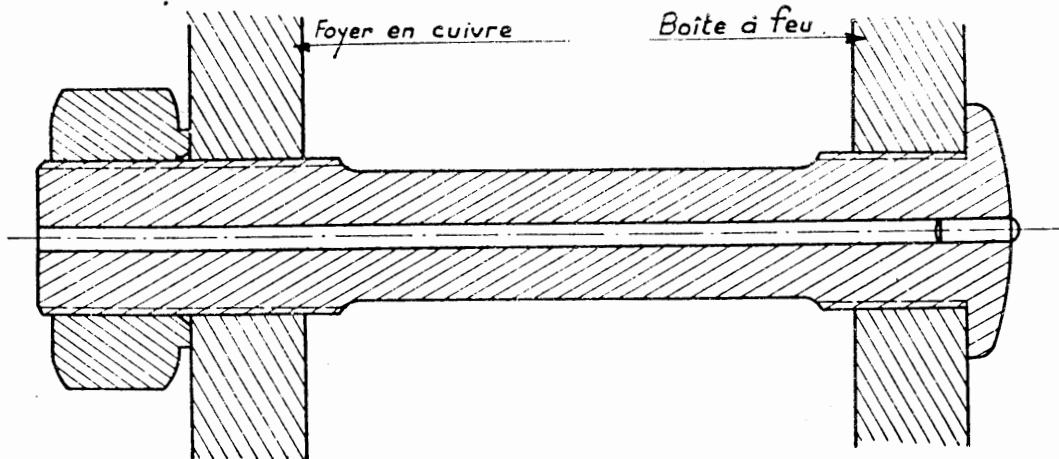


FIGURE 48

Entretoise en acier montée dans un foyer
cuivre avec une bague côté foyer.

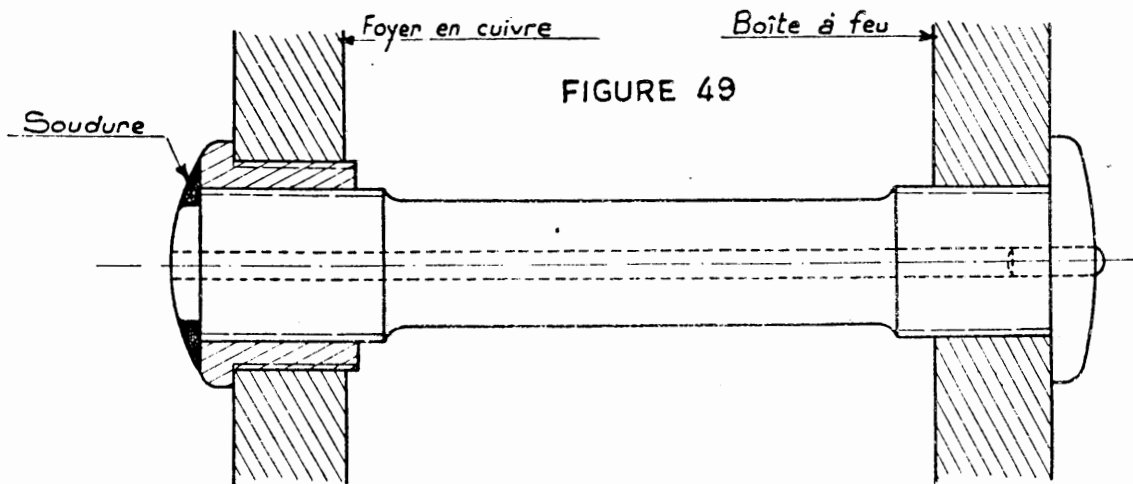


FIGURE 49

Finalement, il est recommandé d'utiliser l'entretoise rivée (avec, sans doute, modification de la tête actuelle) mais que pour certaines zones de foyer très poussées, l'entretoise soudée peut être adoptée (la décision étant prise par le Service Régional, par cas d'espèce).

e) **Entretoises spéciales.**

Des essais ont été faits pour rechercher un type d'entretoises résistant mieux que celles qui sont employées. C'est ainsi qu'avec les foyers cuivre on a essayé l'entretoise bi-métal

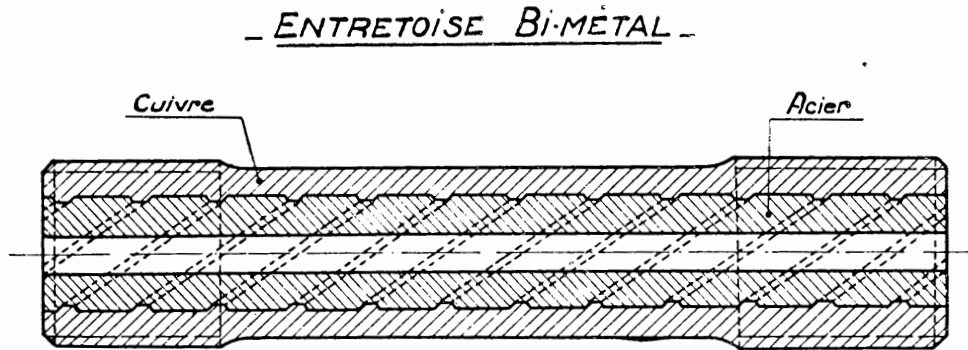


FIGURE 50

imaginée par M. Haffner, Ingénieur en chef honoraire de la Région Ouest. Cette entretoise (fig. 50) comprend une âme en acier percée du trou central habituel et enrobée d'une fourrure en cuivre rouge. L'usinage et la pose des entretoises de ce type est fait comme pour les entre-

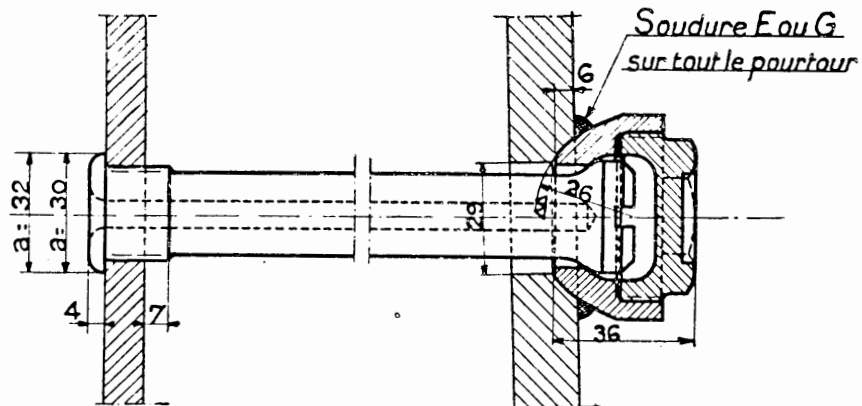


FIG. 50^{bis}

toises en cuivre ordinaire. Les têtes sont formées par rivure simultanée des deux métaux. Les ruptures de ces entretoises sont extrêmement rares.

On a également essayé des entretoises bi-métal dont l'âme est en bronze manganésé au lieu d'acier et des entretoises bi-métal avec âme en acier mi-dur et fourrure en acier doux, ces dernières en vue de réduire l'usure des têtes.

Nous citerons pour mémoire les entretoises en bronze Stone ou en métal Monel (66 % de nickel, 30 % de cuivre, 4 % de fer et manganèse, résistance 56 kg., allongement 36 %).

Sur les 141 P les entretoises situées sur le pourtour des faces sont du type à rotule (fig. 50 bis) (double rangée pour les faces latérales, simple rangée pour la plaque arrière). Ces

ASSEMBLAGE DES PLAQUES AR. DE FOYER
ET DE BOÎTE A FEU SANS CADRE DE GUEULARD

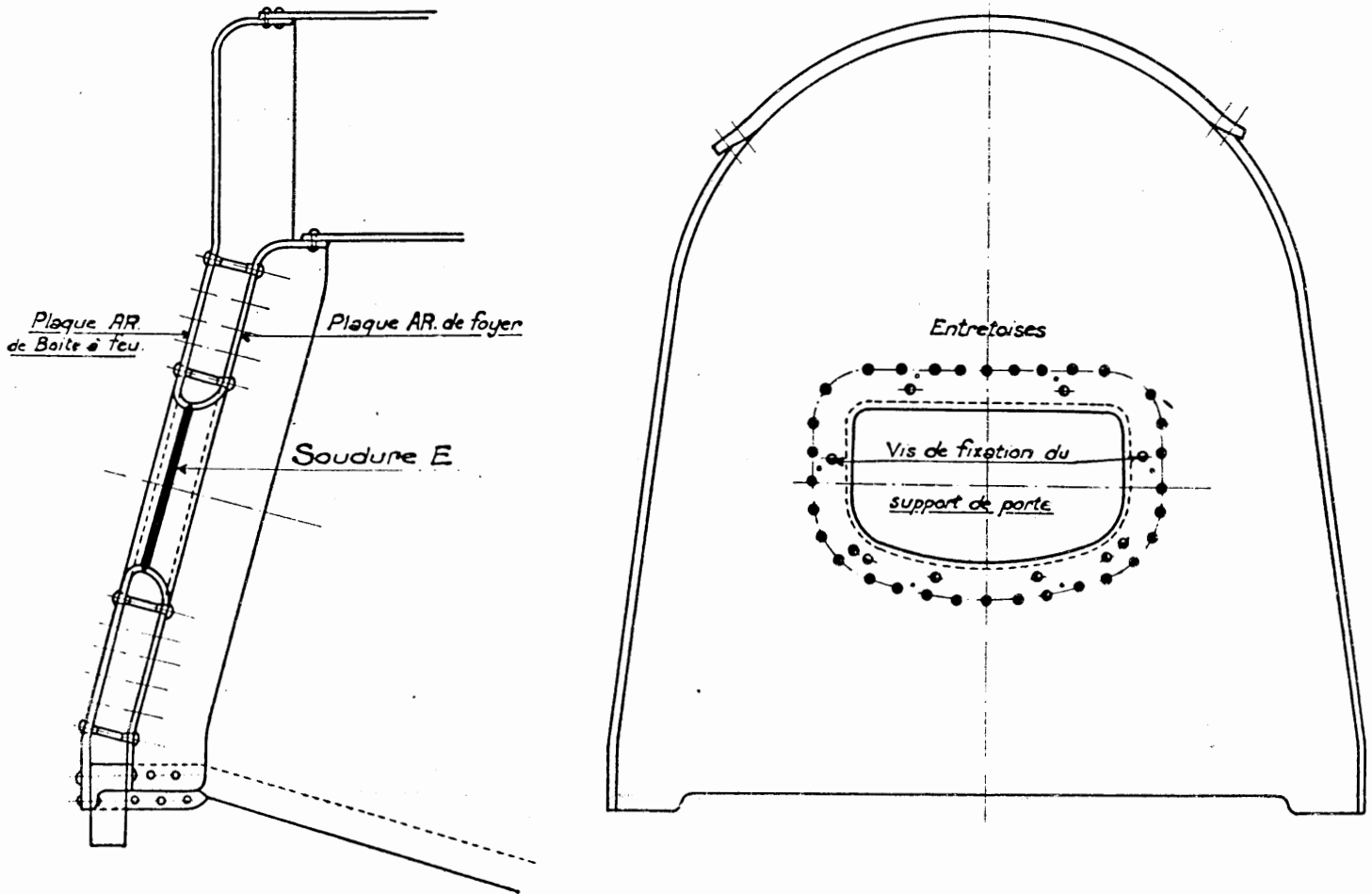


FIGURE 14

entretoises sont du modèle éprouvé depuis longtemps en Amérique à tête monobloc, et siège vissé dans la tôle de boîte à feu par filetage conique ou soudé.

4° Cadres

Les cadres sont des pièces en fer forgé ou acier moulé qui sont interposées entre le foyer et la boîte à feu. Le cadre qui forme le fond du récipient d'eau et qui entoure la grille est le cadre de fondation. Le cadre plus petit qui entoure l'ouverture des plaques arrières aménagée pour le chargement du combustible est le cadre de porte ou de gueulard.

Les cadres de gueulard ne sont utilisés maintenant que pour les foyers en cuivre. Pour les foyers en acier, les deux plaques comportent des emboutis soudés bord à bord (*fig. 14*). La liaison par rivetage est abandonnée.

L'épaisseur des cadres est celle de la lame d'eau. Ils sont forgés en une, deux ou quatre pièces soudées. Certains cadres sont faits en acier moulé (machines 140 et 231.500).

5° Grilles

C'est sur la grille que repose le charbon en ignition. Elle a la forme d'un plan horizontal ou légèrement incliné vers l'avant.

— ÉLÉMENT DE GRILLE A SECOUSSES —

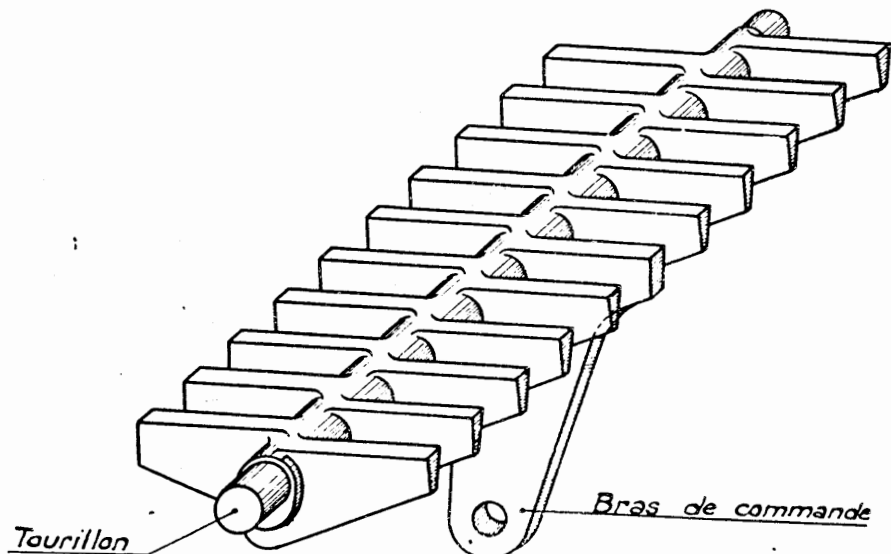


FIGURE 54

Pour que puisse passer l'air nécessaire à la combustion et pour que le charbon soit débarassé de ses cendres au fur et à mesure de leur production, il faut que la section de passage de l'air entre les barreaux ait une valeur suffisante, que l'intervalle entre les barreaux soit déterminé de façon à laisser tomber les cendres, tout en retenant les morceaux de charbon non brûlés. Ces conditions déterminent le nombre de barreaux d'une grille lorsqu'on connaît par ailleurs sa surface, l'activité de la combustion qu'on projette d'y maintenir et la qualité du combustible que l'on emploiera. Ce dernier renseignement détermine la proportion d'air et de charbon qu'il faut pour une combustion complète.

Une grille est formée d'éléments représentés sur les figures 52 et 53 qui reposent sur des sommiers transversaux (*fig. 51*). Chaque élément (*fig. 52*) est formé par la juxtaposition de trois fers plats de section trapézoïdale, assemblée par rivets et maintenus écartés à la distance voulue par des entretoises.

— ENSEMBLE D'UNE GRILLE FIXE —

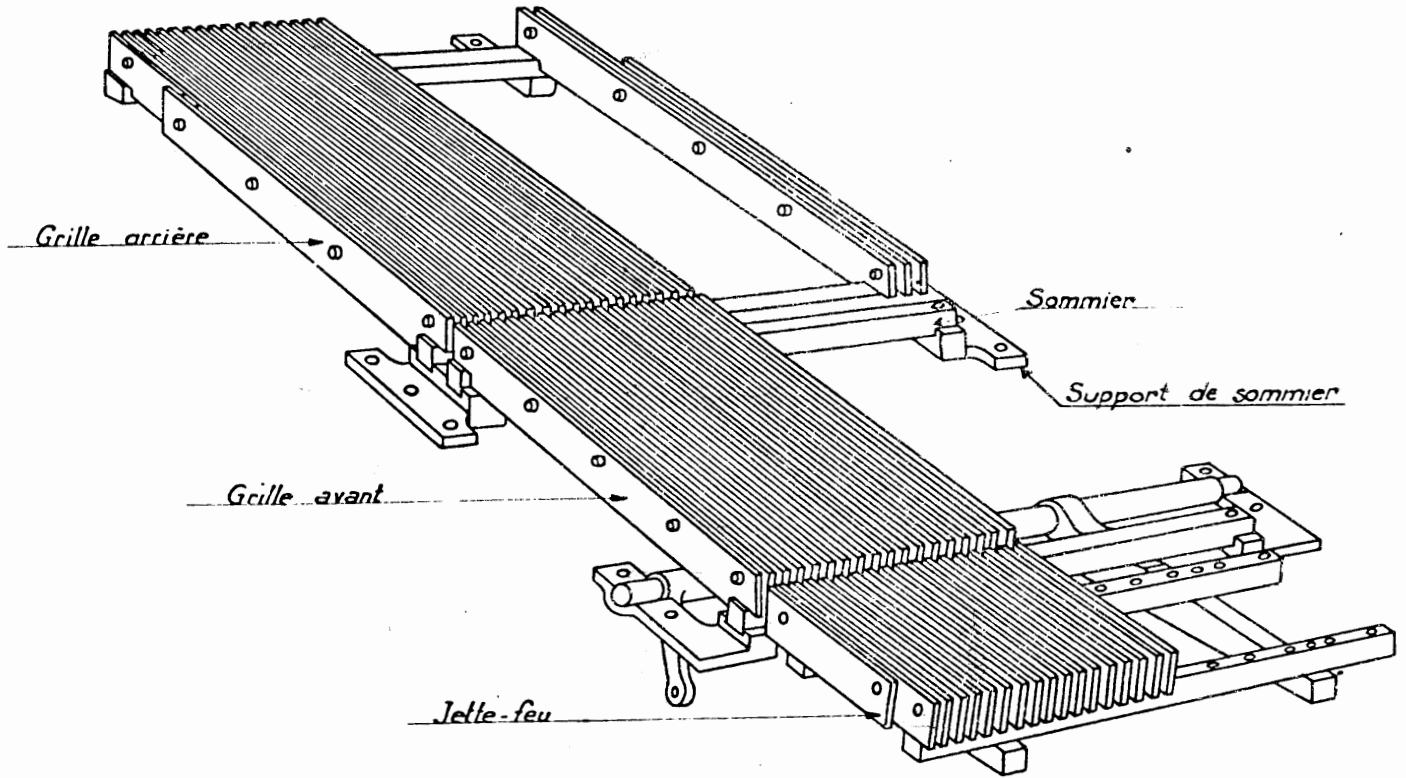


FIGURE 51

— BARREAU DE GRILLE FIXE EN FONTE —

— BARREAU DE GRILLE FIXE —

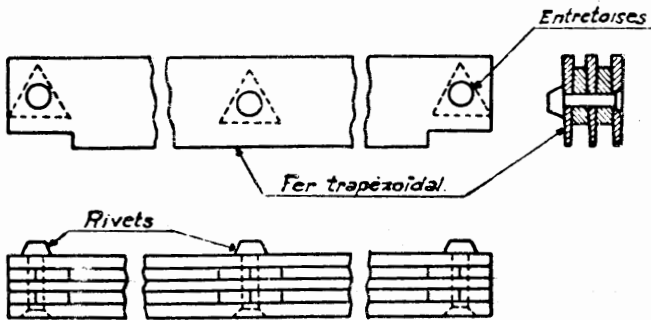


FIGURE 52

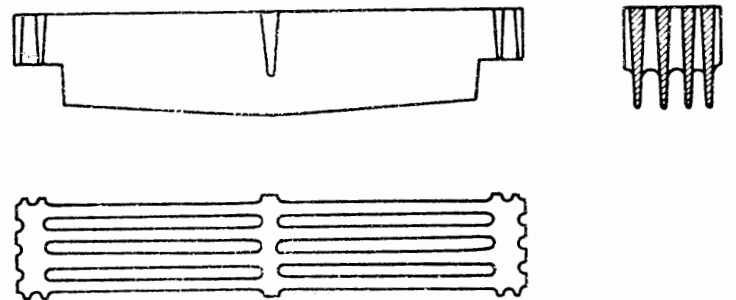


FIGURE 53

Actuellement on fait des éléments monoblocs en fonte FI (fig. 53) qui sont placés comme les éléments précédents. On a essayé des éléments en fonte au chrome qui résistent bien au feu mais sont d'un prix très élevé. Leur usage ne s'est pas répandu.

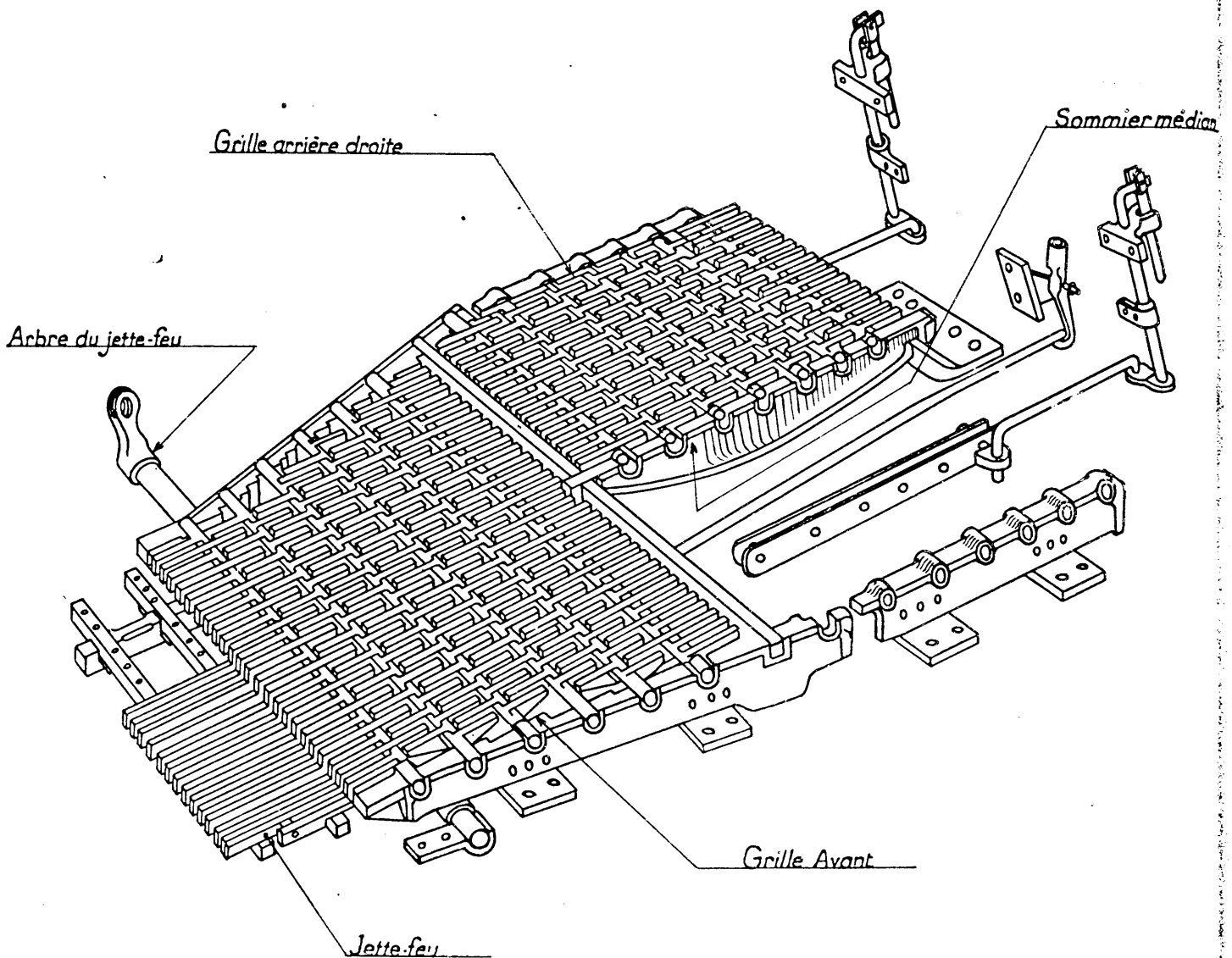


FIG. 55

Au cours de la mise en place, ainsi que lors de remplacements éventuels de barreaux, il faut avoir soin de réaliser un plan parfait sans que certains barreaux soient en saillie sur les groupes voisins, car ces saillies se brûlent et les barreaux sont rapidement mis hors d'usage.

Dans les machines modernes on emploie des grilles à secousses. Ces grilles sont consti-

tuées par des peignes (*fig. 54*), oscillant autour de tourillons d'extrémités qui reposent sur des sommiers fixés par des goujons le long du cadre de fondation.

Les oscillations de ces grilles sont commandées par des jeux de leviers et tringles. Le réglage de cette commande doit être fait de telle façon que les éléments au repos soient tous exactement dans le même plan et qu'ils y soient ramenés après emploi. Cette précaution est nécessaire pour éviter la détérioration par le feu des extrémités des peignes. Il faut aussi lors du montage s'assurer que la dilatation est permise grâce à un jeu suffisant entre les embases des tourillons et les sommiers supports de grilles d'une part, et entre les extrémités et les parois du foyer d'autre part, sinon les barreaux se cintrent et se brûlent.

— JETTE-FEU —

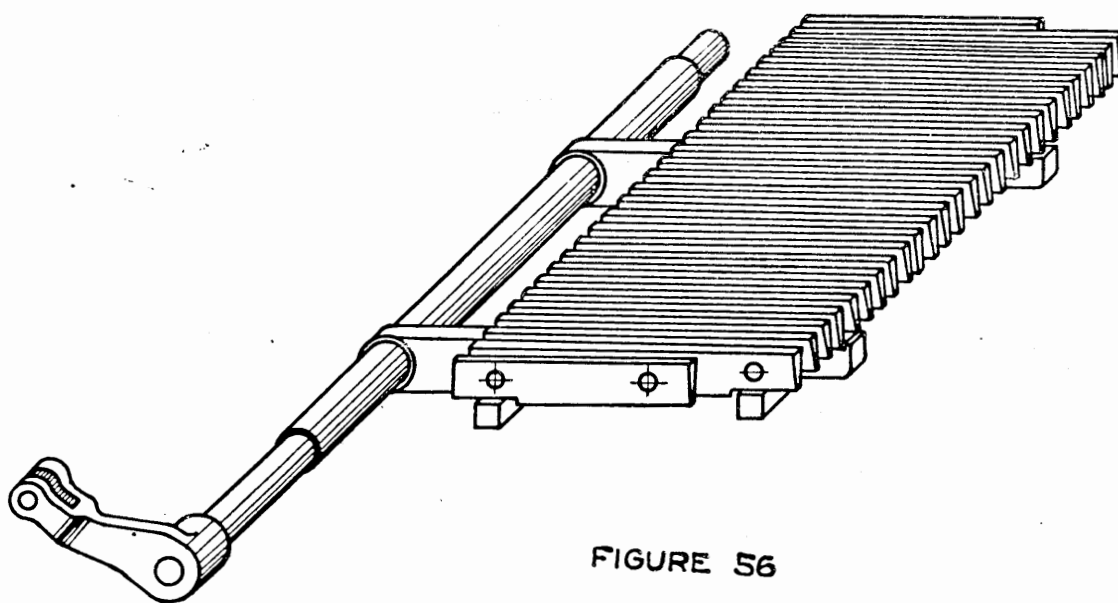


FIGURE 56

Dans les foyers débordants ou semi-débordants, ces peignes devraient être de grande longueur pour occuper toute la largeur du foyer. Il faudrait alors leur donner un jeu assez grand pour permettre la dilatation. C'est pour cela que l'on préfère diviser en deux le plan de grille par un sommier médian (la *fig. 55* représente un plan de grille du Pacific dont la partie arrière a été scindée en deux).

L'efficacité des grilles à secousses est discutable si elles ne sont pas manœuvrées en temps utile.

Une partie du plan de grille, appelée jette-feu, peut basculer autour d'un axe horizontal transversal pour laisser tomber dans le cendrier le combustible restant lorsqu'on veut jeter le feu ou les machefers pour dégrasser (*fig. 56*). Généralement, le jette-feu est à l'avant de la grille; il faut qu'il se relève au-dessus de la clouure du cadre de fondation pour éviter la détérioration des têtes de rivets par le feu. Sur certaines machines le jette-feu est au milieu de la grille (241-A et 141-TD). Dans tous les cas, il faut qu'au repos le plan supérieur du jette-feu soit bien dans le plan supérieur de grille (1).

(1) Sur les machines à chargeurs mécaniques il est utilisés des grilles de forme spéciale, du type « Hulson » (voir chapitre XIII).

5° Cendrier

Les cendriers (*fig. 57*) sont des boîtes en tôle d'acier de 3 à 5 mm. enveloppant complètement la face inférieure du plan de grille, destinées à recueillir les escarbilles et parcelles de combustible en ignition passées au travers des intervalles des barreaux de grille.

Les parois sont assemblées entre elles par leurs bords rabattus traversés par des axes à clavettes. Elles sont raidies par des cornières afin d'éviter les déformations sous l'influence de l'échauffement.

On fait maintenant des cendriers soudés soit entièrement, soit partiellement. Sur notre Région le fond est resté amovible et tenu simplement par un assemblage à clavettes. Cette disposition permet le remplacement facile du fond dans les dépôts, ce qui est nécessaire parce que cette partie du cendrier s'use beaucoup plus rapidement que le reste.

Les parois AV et AR comportent chacune une ouverture rectangulaire permettant la vidange du cendrier et le passage de l'air.

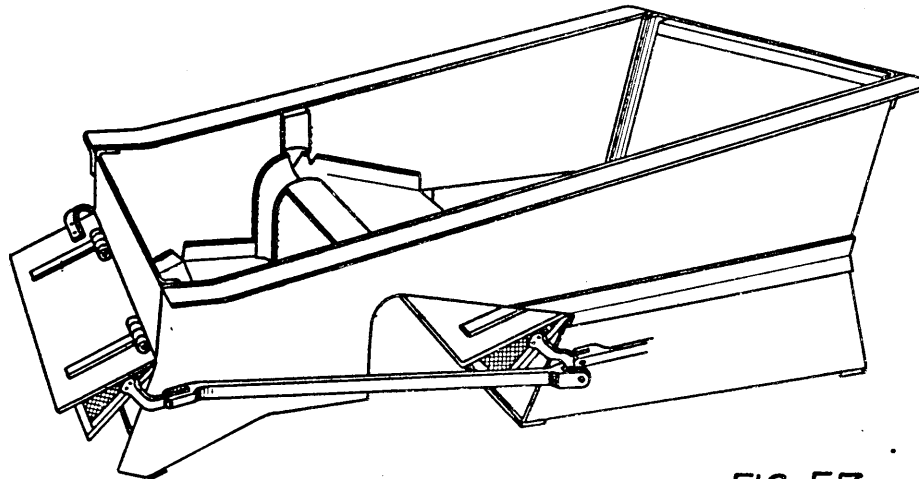


FIG. 57

Ces ouvertures peuvent être obturées par un panneau mobile autour d'une charnière horizontale, constitué par un grillage en fil d'acier de 3 mm. à maille carrée de 8 de côté pincé entre deux bandes de fer plat destiné à empêcher la chute sur le ballast de toute escarbille susceptible de provoquer un incendie et par un panneau en tôle pleine mobile autour de la même charnière permettant au chauffeur de régler l'arrivée d'air au foyer et, par suite, dans une certaine mesure l'allure de la combustion.

Les trappes pleines peuvent être manœuvrées de l'abri du personnel de conduite où aboutit la commande. La trappe grillagée AR est généralement assujettie dans sa position de fermeture par un verrou manœuvrable sur place. La trappe grillagée AV est manœuvrée par une commande aboutissant à l'extérieur de la locomotive.

Le fond de cendrier présente généralement des plans inclinés facilitant la vidange et contourne divers obstacles tels que entretoises de châssis, timonerie de frein et surtout essieux. Afin de les protéger contre un échauffement excessif par les escarbilles qu'ils retiennent, tous les cendriers sont munis d'un arroseur constitué par une rampe recevant de l'eau prélevée sur le refoulement d'un injecteur.

Certains possèdent, en outre, un dispositif de vidange hydraulique par une nappe d'eau sous pression (refoulement d'un injecteur) balayant le fond de cendrier.

Le cendrier est suspendu au cadre du foyer par des goujons à écrous ou à clavettes.

Un type particulier de cendrier est celui des locomotives 140 B d'origine américaine. Le cendrier (*fig. 58*) comporte une trappe de fond mobile se déplaçant sur des glissières pour démasquer les ouvertures pour la vidange, et manœuvrée par un levier extérieur. L'entrée de l'air se fait par des fenêtres latérales grillagées fixes et par les portes AV ou AR manœuvrées de l'abri à l'aide d'une tringlerie (1).

CENDRIER DE LOCOMOTIVES 140 B

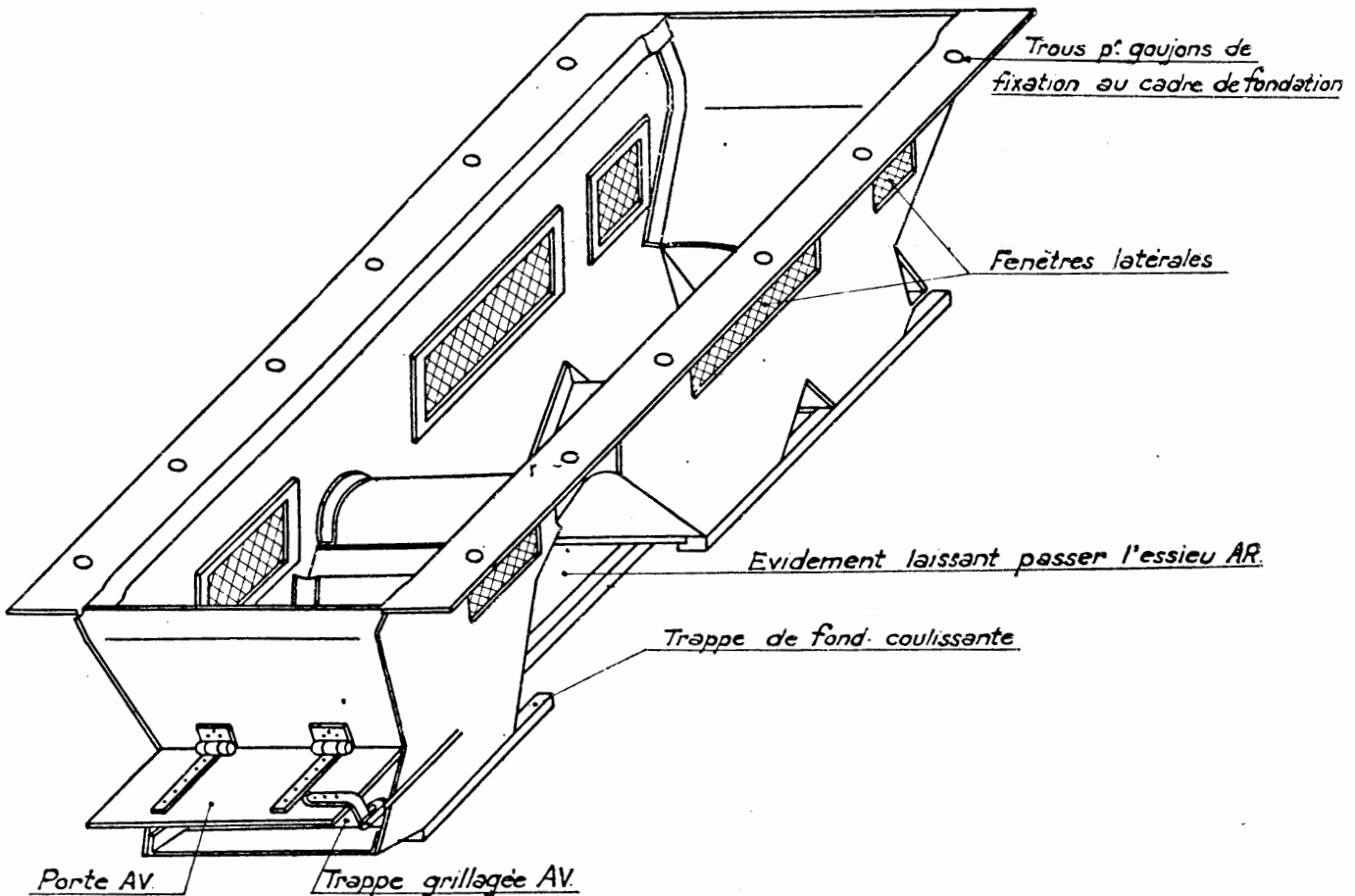


FIGURE 58

7° Portes de foyer - Pararingards

a) Portes.

Il existe deux types principaux de portes de foyer; la porte à charnière et la porte auto-clave.

La porte à charnière (*fig. 59*) tourne autour d'un axe vertical et s'ouvre à l'extérieur du foyer; elle est maintenue fermée par un loquet. Généralement la porte est doublée à l'intérieur par une plaque en tôle dite contre-porte qui protège la porte de l'action des flammes.

(1) Les locomotives à chargeurs mécaniques sont munies de cendriers spéciaux (voir chapitre XIII) (*fig. 67 ter F*).

Dans la porte sont parfois ménagées des ouvertures qu'on peut obstruer à l'aide d'un registre, disposition prévue pour permettre une entrée d'air supplémentaire nécessaire à une complète combustion dans le foyer.

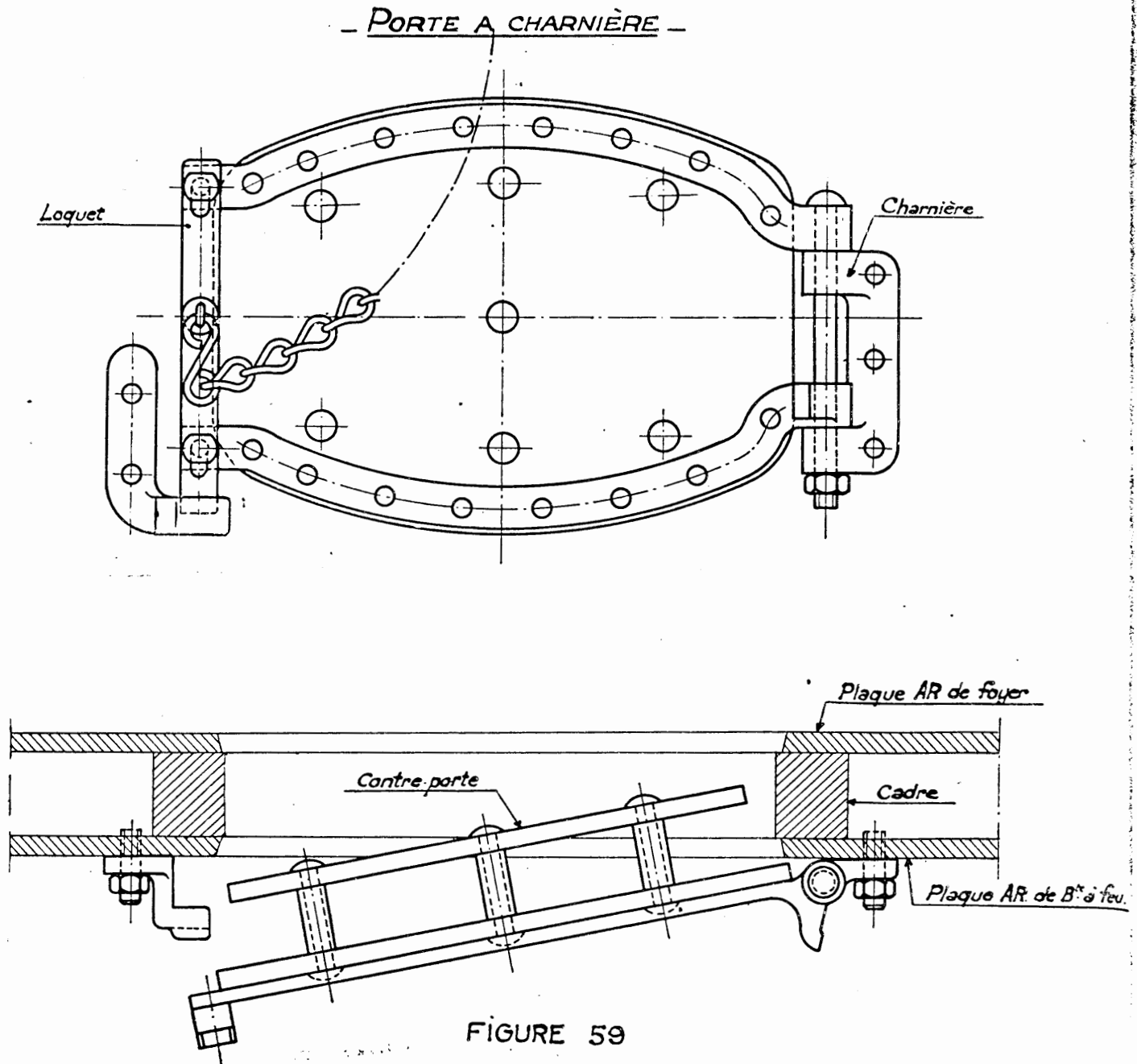


FIGURE 59

Le décret d'avril 1926 (article 18) prescrit la suppression de ces portes et leur remplacement progressif par des portes autoclaves qui sont montées au cours des G.R. sur les machines qui n'en sont pas encore munies.

La porte autoclave (*fig. 60, 60 bis, 61*) tourne autour d'un axe horizontal situé au-dessus du gueulard et s'ouvre à l'intérieur du foyer. La manœuvre de la porte est faite par des leviers munis de contrepoids qui doivent équilibrer le poids de la porte lorsqu'elle est ouverte. Selon la largeur du foyer on emploie des portes à un ou trois vantaux. La porte à un vantail a un ou deux leviers; la porte à 3 vantaux a 2 leviers (*fig. 61*); avec le levier de droite on ouvre

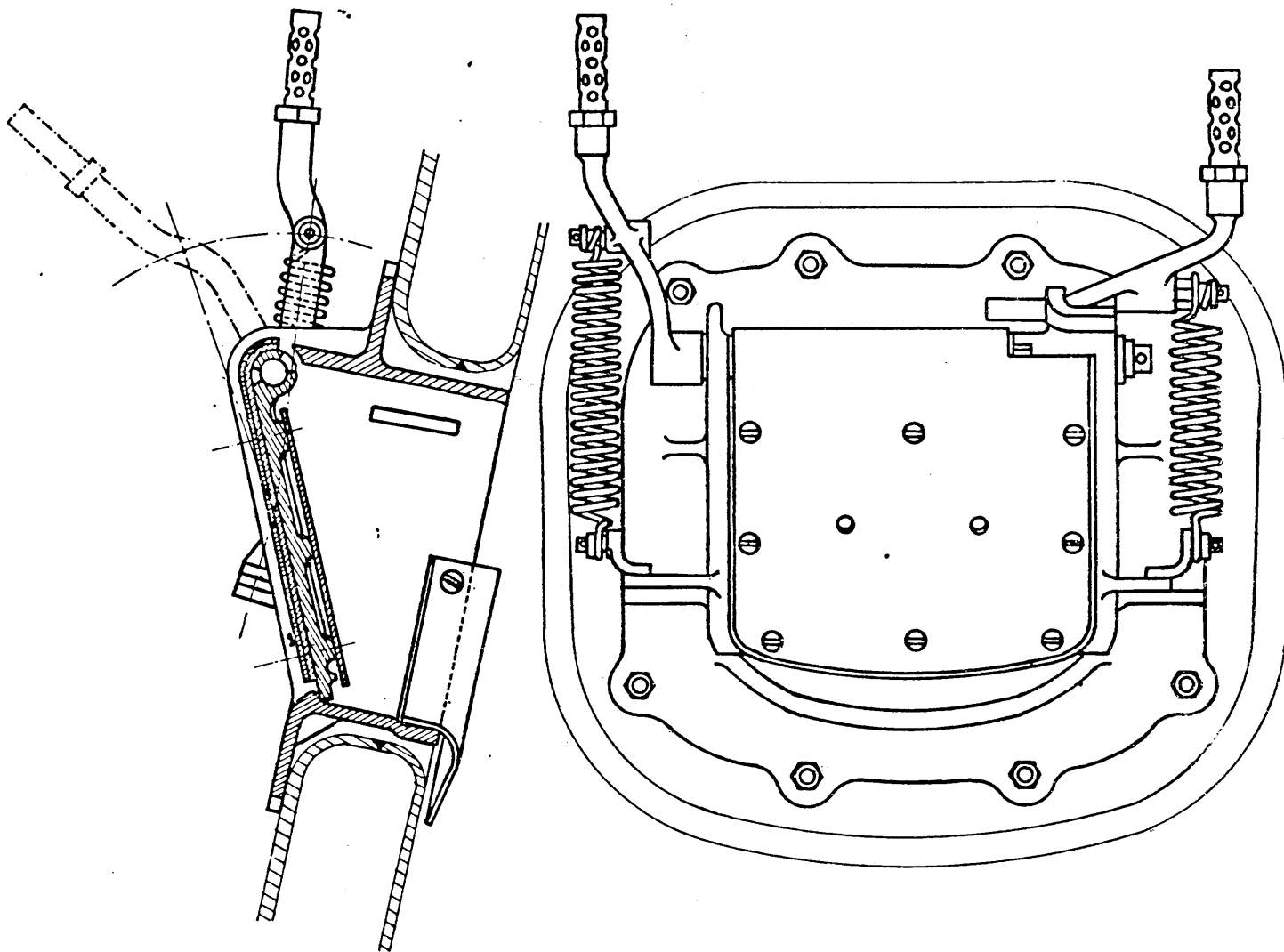


FIG. 60

le vantail de gauche et celui du milieu, avec le levier de gauche on ouvre le vantail de droite et celui du milieu. Cette porte se ferme seule sous l'action de la pression de vapeur provenant d'une avarie grave de foyer.

Il existe également certaines portes fonctionnant de la même manière mais où le contrepoids est remplacé par des ressorts pour équilibrer le poids de la porte (*fig. 60*). Un secteur denté limite l'ouverture de la porte à la valeur voulue. Les vantaux sont munis d'orifices qui favorisent une circulation d'air entre la porte et la contre-porte et par suite le refroidissement.

b) Supports de porte et pararingards.

Les battants des portes autoclaves tournent autour d'une charnière horizontale solidaire d'un cadre en fonte muni d'oreilles et fixé par goujons soit au cadre de gueulard (*fig. 62*) soit lorsqu'il n'en existe pas à la face arrière de boîte à feu (*fig. 60 et 61*). La porte vient s'appliquer contre ce cadre lorsqu'elle est fermée. La partie inférieure du cadre est munie d'un para-

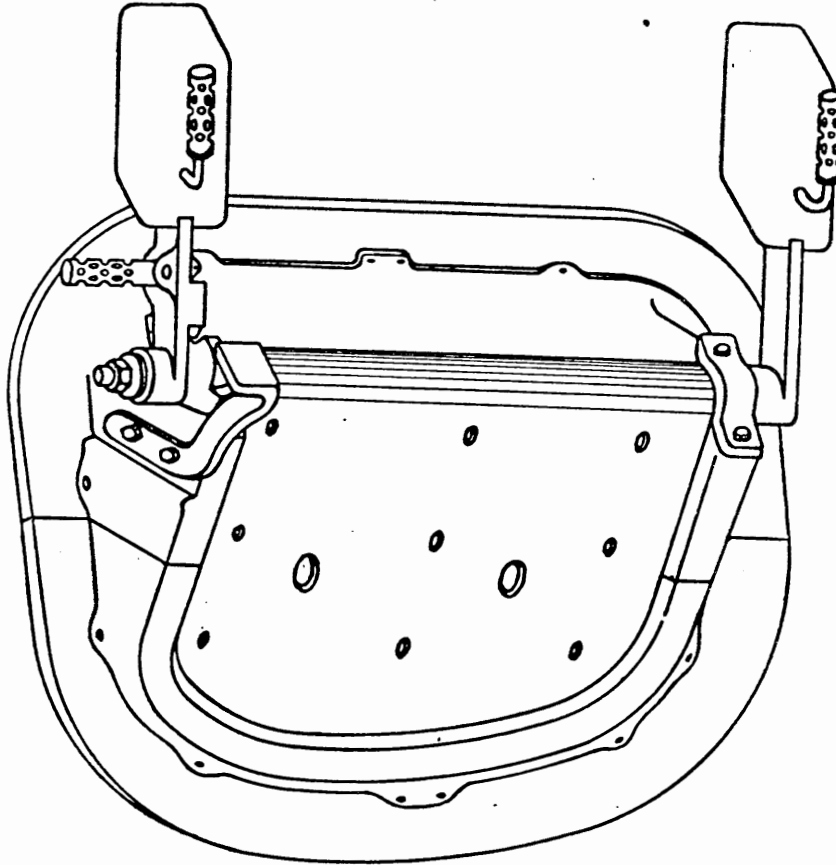


FIG. 60 bis

ringard qui recouvre les têtes de rivets et les pinces ou la ligne de soudure et les protège contre l'action du feu et l'usure des outils. Cette pièce doit être examinée à chaque lavage car elle s'use rapidement et il faut la maintenir en bon état pour qu'elle puisse toujours jouer son rôle protecteur.

8° Voûtes - Sommiers supports de voûte

A l'avant du foyer se trouve une voûte inclinée en briques de terre réfractaire (*fig. 63*) qui part de la plaque avant sous le faisceau tubulaire et s'étend vers l'arrière du foyer en couvrant toute la largeur d'un flanc à l'autre.

La voûte oblige les gaz et les escarbilles en ignition dans le foyer à la contourner avant de pouvoir pénétrer dans le faisceau tubulaire; elle allonge le chemin que doivent parcourir dans l'atmosphère du foyer les produits de la combustion de la partie avant. Sans elle, en effet, les gaz issus de la couche avant du feu et les escarbilles en ignition auraient un chemin très court à parcourir pour aller dans le faisceau tubulaire tandis que ceux issus de la couche arrière ont un chemin beaucoup plus long. Les produits de la combustion à l'avant pénétreraient donc bien plus chauds dans les tubes et sans que leur combustion soit complètement terminée. Le rendement calorifique serait mauvais et le faisceau tubulaire recevrait des produits en ignition qui nuiraient à sa conservation ainsi qu'à celle de la plaque tubulaire.

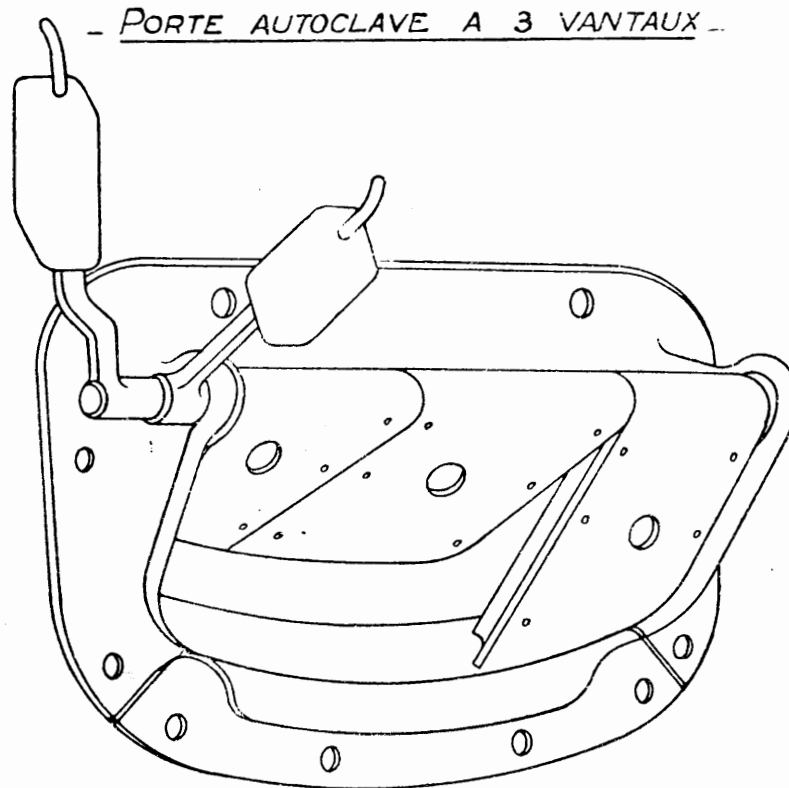


FIGURE 61

La voûte obvie à ces inconvénients :

- Elle provoque un brassage de l'air et des imbrûlés ce qui favorise la combustion et permet d'utiliser au mieux la puissance calorifique du combustible.
- Elle accumule de la chaleur qu'elle rend par rayonnement. Elle favorise ainsi un allumage rapide du charbon fraîchement arrivé sur la grille et elle atténue les variations brusques de température des parois du foyer.
- Elle protège la plaque tubulaire.

Il y a intérêt pour obtenir une grande efficacité des voûtes à les mettre aussi longues que possible. Mais on conçoit facilement que plus la voûte est longue plus est réduite la section de passage des gaz au niveau de l'arrière et plus doit être importante la dépression dans la boîte à fumée pour obtenir le tirage nécessaire (accroissement de 20 % de cette dépression

pour un tirage donné lorsque la longueur de la voûte passe du tiers aux deux tiers de la profondeur du foyer). Avec les échappements à valves, à trèfle ou Nord on ne peut pas employer de voûte de longueur supérieure au tiers de la profondeur du foyer, si on ne veut pas exagérer la contre-pression à l'échappement. Avec les échappements actuellement montés sur les machines puissantes (Kylchap, Lemaitre) on obtient plus facilement un tirage suffisant et on a pu allonger les voûtes jusqu'à des longueurs atteignant les deux-tiers de la longueur du foyer. La température des gaz du foyer a ainsi été relevée et l'entraînement de combustible

- Support de porte -

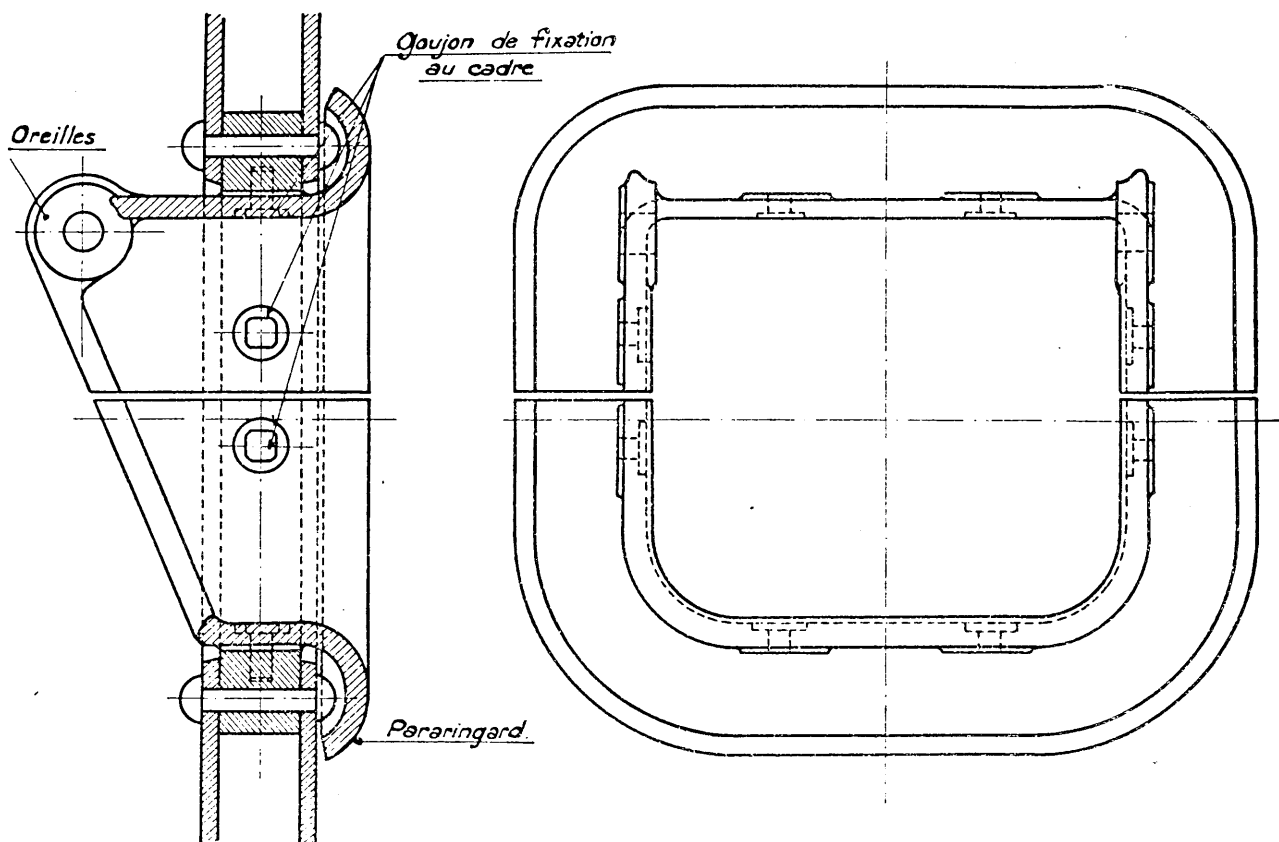


FIGURE 62

dans la boîte à fumée a été diminué dans la proportion de 25 % du fait de cet allongement. L'économie de combustible varie de 5 à 15 % suivant la longueur de la voûte et l'allure de la combustion.

Les caractéristiques de longueur et d'inclinaison à donner aux voûtes sont fixées par les bureaux d'étude d'après l'expérience qu'ils ont acquise. On constate par exemple qu'une voûte trop parallèle à la grille ne rayonne pas suffisamment à l'arrière, elle tend à « couper le feu ». Elle présente en outre l'inconvénient de diriger le retour de flammes dans les mains du chauffeur au moment du chargement. Elle protège également beaucoup moins bien la plaque tubulaire du foyer contre l'action de l'air froid introduit par la porte. On constate aussi que la fatigue des flancs de foyer, sous l'influence de la chaleur rayonnée par la grille est d'autant

plus grande que la hauteur de la voûte au-dessus de la couche de combustible en ignition est plus faible.

Le rayon de courbure à donner aux voûtes est :

- 1 m. 100 pour les foyers rentrants et semi-déborderants.
- 1 m. 500, 1 m. 800 ou 2 m. pour les foyers débordants suivant la série de locomotives à la condition de respecter $\frac{f}{p}$ aussi voisin que possible de $\frac{1}{5}$ (f étant la flèche de la voûte et p sa portée.)

- VOÛTE EN BRIQUES -

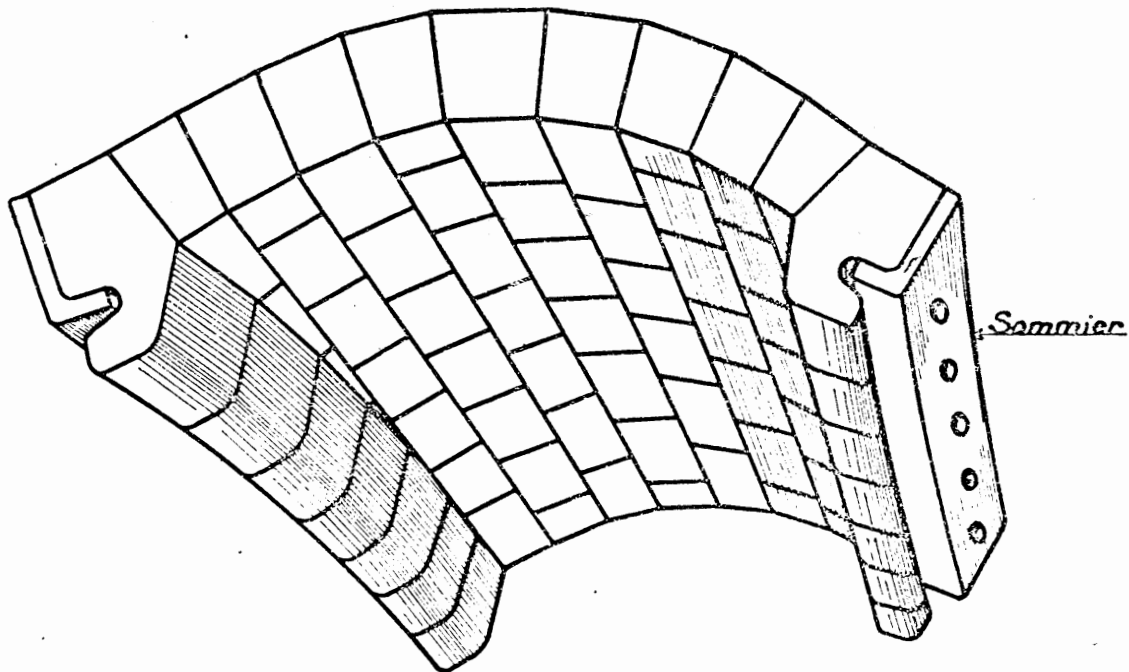


FIG. 63

La voûte repose sur deux sommiers en acier faits en barres trapézoïdales ou en acier moulé ou en fonte. Ces sommiers sont posés sur des goujons ou taquets fixés aux parois latérales du foyer. Ils peuvent porter complètement contre les parois dans le but d'être refroidis et de mieux résister au feu et sont à cet effet évidés pour loger les têtes d'entretoises.

La section des supports de voûte unifiés récemment est représentée *fig. 62 bis A*. Ils ne portent pas complètement contre les parois et sont aussi évidés pour permettre leur montage sur les taquets supports. Ces trous sont ovalisés en vue de la dilatation. Les sommiers unifiés seront en acier moulé pour les parties galbées du foyer et en acier profilé pour les parties planes.

Les voûtes sont en briques cuites de Kaolin, soit en petites soit en grosses briques. (La S.T.U. n° 114 C précise les exigences pour la fourniture des produits réfractaires.)

Les voûtes du premier type (*fig. 63*) sont formées de briques en forme de trapèzes isocèles, sauf celles qui forment les culées en reposant sur les sommiers. Ces dernières ont un profil spécial et doivent entourer les sommiers de façon à les protéger du feu, elles doivent porter contre ses parois.

16 types de briques normalisés ont été retenus par la S.N.C.F.

- 3 du type *fig. 63 bis A*.
- 6 du type *fig. 63 bis B* pour l'appui sur les sommiers.
- 3 du type *fig. 63 bis C* en forme de coin pour rattraper la conicité du foyer.
- 3 du type *fig. 63 bis D* en forme de couteau pour compléter le jeu terminal des voûtes quand il n'est plus possible d'employer les briques du premier type.

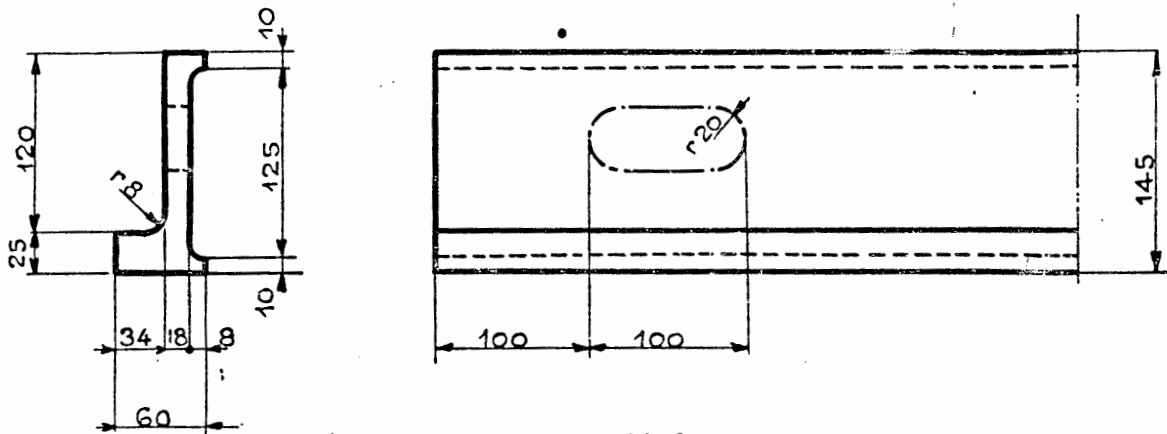


FIG. 62 bis A

- 1 du type *fig. 63 bis E* pour appui sur les siphons Nicholson.

Les voûtes seront constituées par une série d'arceaux indépendants les uns des autres (*fig. 63 bis F*).

Il ne sera pas ménagé de carneaux pour le nettoyage, le jeu existant entre briques et arrondis verticaux de la plaque tubulaire étant suffisant pour permettre l'écoulement de l'eau de lavage et l'évacuation des cendres et du fraïsil. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, les orifices pratiqués habituellement facilitent l'accumulation des escarbilles sur la voûte par arrachage du feu à l'avant.

Le montage est fait sur des cintres en bois calés au moyen de chandelles reposant sur la grille ou sur des supports (*fig. 63 bis G*). L'assemblage est obtenu par un coulis réfractaire composé de terre de Kaolin qui fait les joints. Les briques doivent être simplement trempées dans ce coulis très dilué, seuls les vides existant entre les briques à la partie supérieure de la voûte après l'exécution de celle-ci étant comblés avec du coulis.

Les voûtes du deuxième type en grosses briques ou briques-voussoirs sont généralement à trois rangées longitudinales (*fig. 64*).

9° Bouilleurs

L'idée d'accroître la surface de chauffe directe en installant des bouilleurs dans les foyers est très ancienne. On a utilisé pendant longtemps en France le bouilleur Ten-Brinck constitué par une lame d'eau transversale. Ils ont reparu sous deux formes : celle des tubes d'eau et celle du siphon Nicholson d'origine américaine.

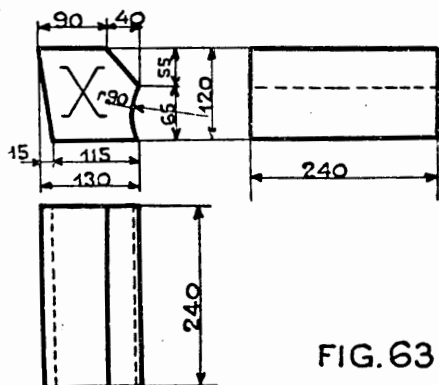


FIG. 63 bis E

nomènes turbulents qui favorisent cet échange de chaleur. On constate ainsi, en mesurant le temps correspondant à l'échauffement d'une certaine quantité d'eau jusqu'au moment où elle entre en ébullition, puis le temps nécessaire à son évaporation totale, que ces temps ne sont pas dans le rapport de la chaleur du liquide à la chaleur latente de vaporisation bien que la différence de température entre l'eau et les gaz chauds soient évidemment plus grande pendant la période d'échauffement que pendant celle de l'ébullition. Il faut une quantité de chaleur environ 25 % supérieure pour communiquer à l'eau 1 calorie lorsqu'elle s'échauffe que lorsqu'elle bout.

Les bouilleurs activent la circulation de l'eau dans la partie de la chaudière où se vaporise la moitié environ de l'eau et permettent, pour un même poids total de vapeur produite à l'heure, de diminuer la charge des surfaces de chauffe directes. On doit donc en attendre deux avantages :

- Un avantage relatif au rendement et à la puissance de la chaudière.
- Un avantage relatif à la meilleure tenue du foyer.

a) Tubes d'eau.

Ces bouilleurs sont des tubes étirés sans soudure de 76 × 90 de diamètre traversant le foyer au nombre de 2 ou 3; ils sont inclinés de l'arrière vers l'avant et assemblés par mandrinage à leurs extrémités aux plaques de foyer. La vaporisation y étant très intense il s'y forme d'importants dépôts de tartre, ce qui oblige à les nettoyer souvent. Des bouchons autoclaves sont situés sur les plaques des boîtes à feu en face de chacune des extrémités de ces tubes.

L'assemblage avec la plaque avant est délicat à cause des dilatations et la plaque en ce

Pour obtenir une vaporisation active et un bon rendement de la chaudière, il ne suffit pas que les gaz chauds soient agités auprès des parois d'échange de chaleur, il faut aussi que l'eau soit constamment en mouvement pour que la chaleur se répande bien dans la masse liquide et que les échanges de chaleur soient rapides entre gaz et eau. Il y a intérêt à provoquer dans l'eau, des courants qui amènent constamment les parties les plus froides au contact des parois et renvoient les parties les plus chaudes dans la masse à réchauffer. Lorsque l'ébullition se produit la formation et le mouvement des bulles de vapeur tend à créer des phé-

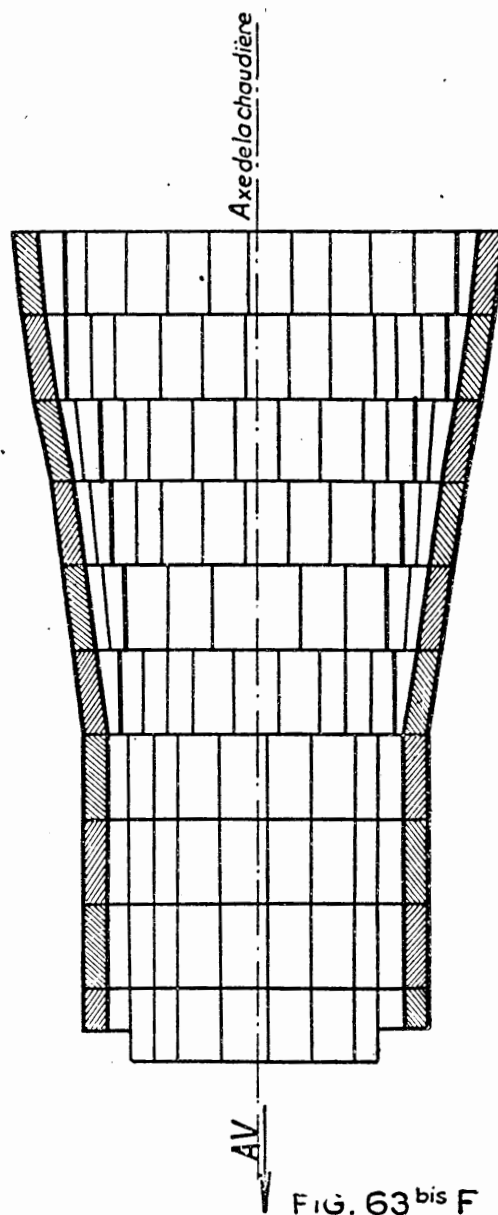


FIG. 63 bis F

point doit comporter une surépaisseur. Par ces orifices on peut faire passer une petite turbine munie d'une pointe qui gratte ou d'une mollette qui achève le nettoyage.

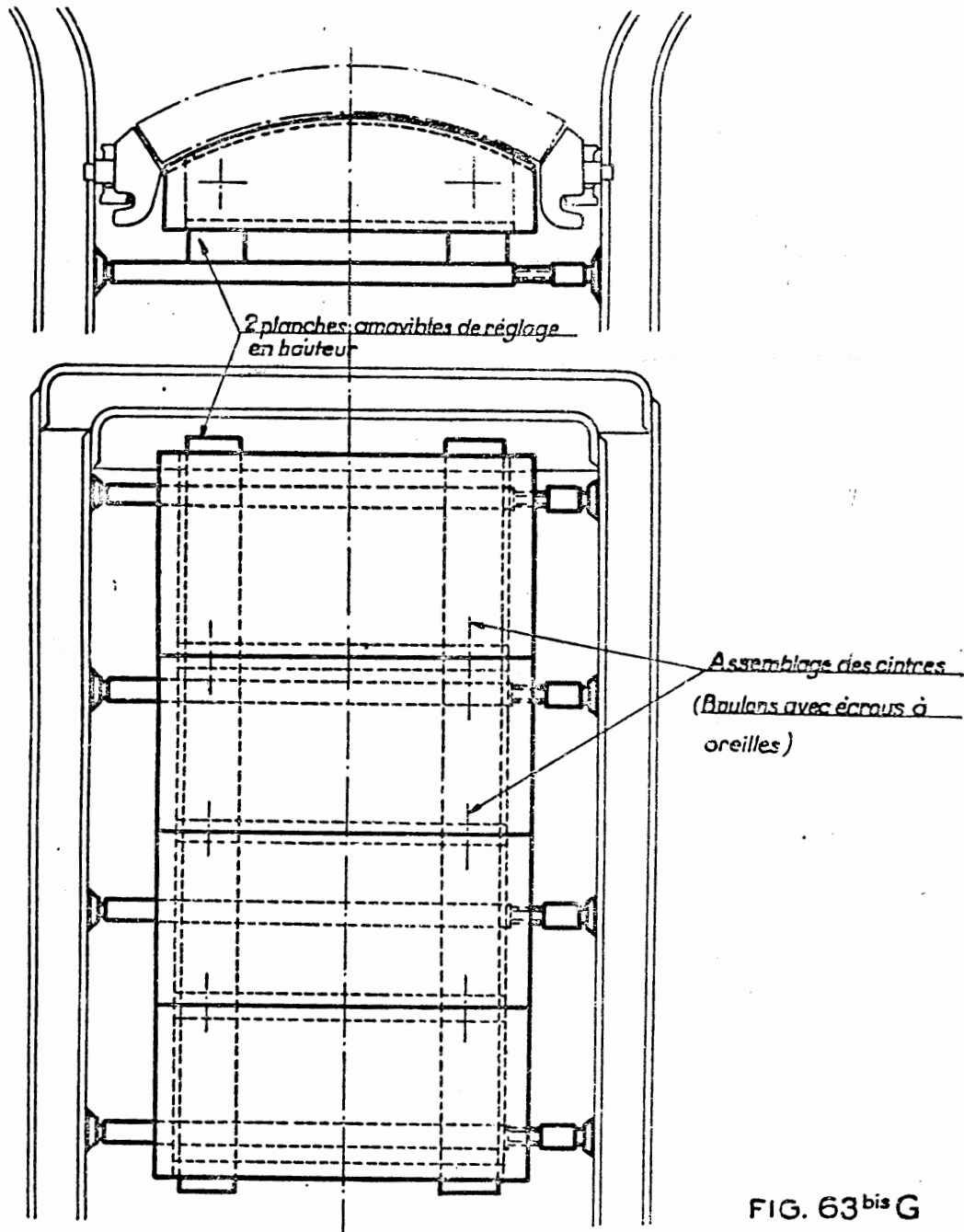


FIG. 63^{bis} G

Sur certaines séries les plaques avant de foyer et de boîte à feu sont entretoisées en ce point par une lanterne vissée et soudée dans les plaques (fig. 65).

Bien que favorisant la circulation de l'eau, l'effet de ce type de bouilleur ne saurait être comparé à celui du siphon décrit ci-après car la section de passage qu'ils offrent à l'eau et

plus encore à l'émulsion d'eau et de vapeur au point où elle débouche dans la lame arrière est très insuffisante pour assurer une section convenable.

Ces tubes sont beaucoup plus intéressant au point de vue constructif comme supports de voûte que comme moyen propre à accroître le rendement de la chaudière.

DISPOSITION DE LA VOÛTE EN GROSSES BRIQUES

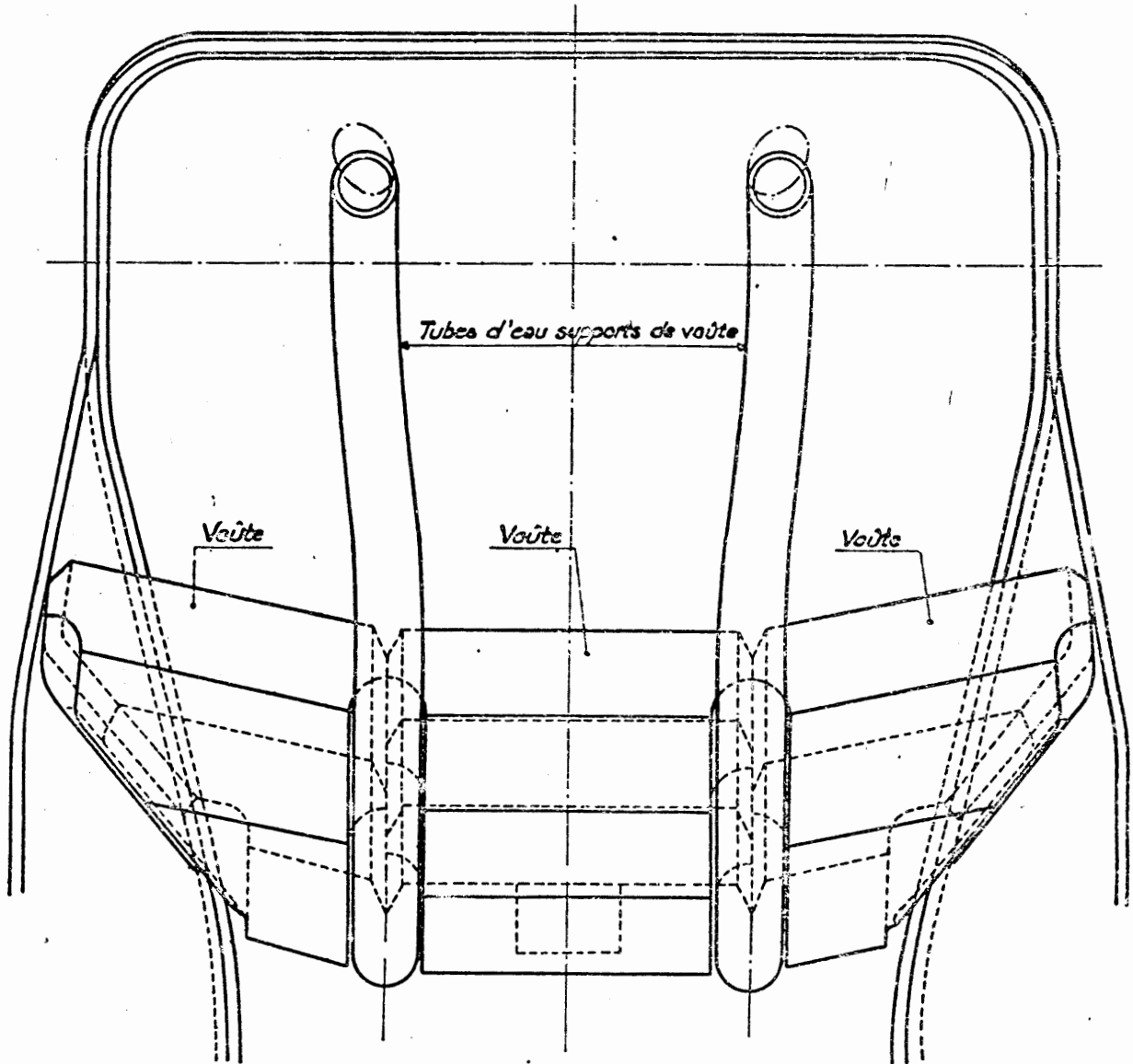


FIGURE 64

Il en existe encore sur les 150 A, 241 A et 42 TD du type Est, mais leur emploi est abandonné en raison des difficultés de fixation et de leur étanchéité défectueuse.

b) Siphon Nicholson.

Le bouilleur (*fig. 66*) comporte deux parois verticales entretoisées, soudées au ciel de foyer qui est fendu sur toute la longueur du siphon, ce qui permet un dégagement facile de la vapeur,

et raccordées à la partie inférieure sur un tube incliné qui supporte les deux arches de la voûte et débouche sur la plaque tubulaire de foyer.

Le foyer des 141 R comporte deux siphons.

Le rendement thermique d'une chaudière à laquelle est appliqué un siphon Nicholson

Entretoisement des plaques avant de boîte à feu
et de foyer en face des tubes d'eau.

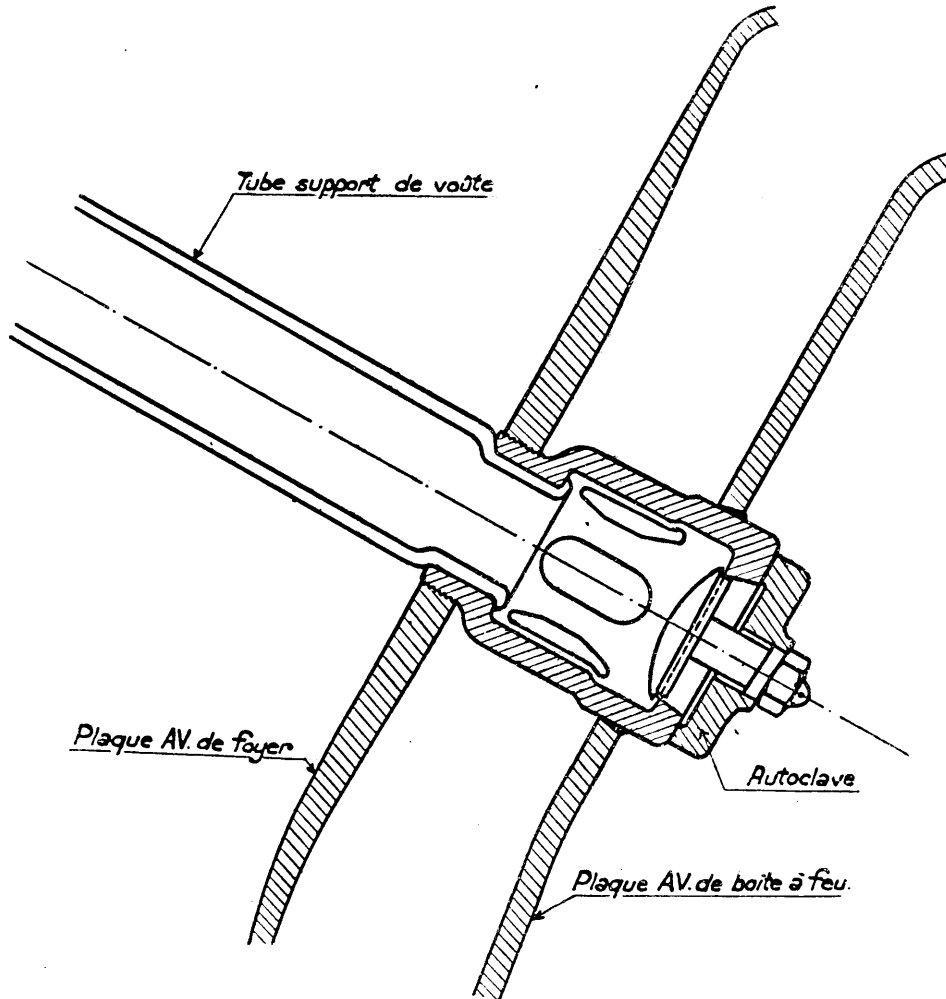


FIGURE 65

peut être accru de :

11,6 %	pour une allure de vaporisation de	9.750 kg/h.
8,3 %	—	14.200 —
7,3 %	—	21.400 —

Comme avantages secondaires le siphon permet encore de réduire les temps d'allumage, de mise en pression et de remontée de pression après fermeture du régulateur.

Coupe longitudinale

Coupe aa

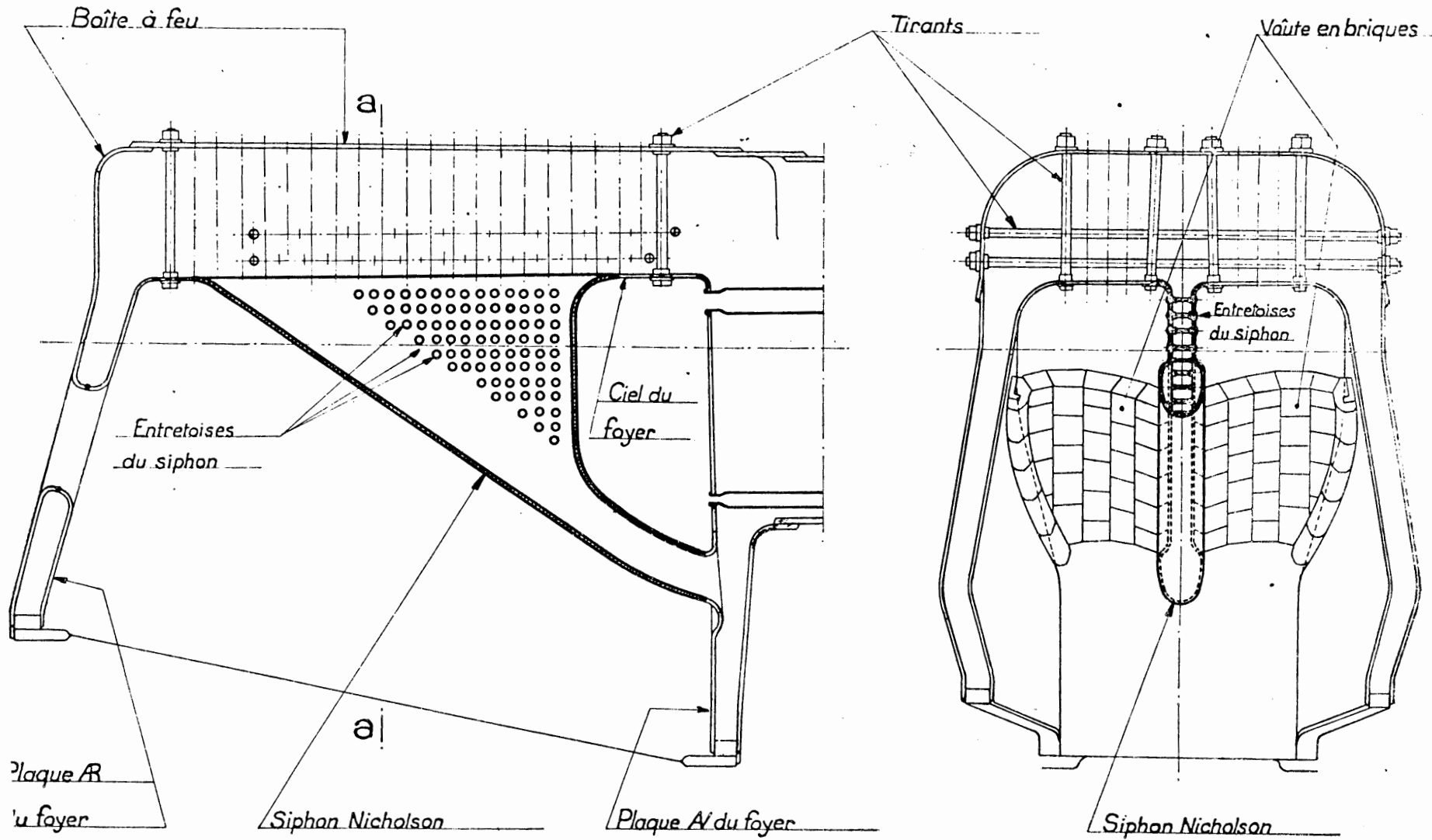


FIG. 66