

CHAPITRE II

FOYERS EN CUIVRE

GÉNÉRALITÉS SUR LA TECHNIQUE DE L'EXÉCUTION DE LA SOUDURE

a) Règles édictées.

L'arrêté ministériel et la circulaire du 2-10-41 spécifient que :

— L'usage de la soudure est interdit dans les régions particulièrement sujettes à déformation, c'est-à-dire dans les régions dont la forme et spécialement le rayon de courbure sont exposés à subir des modifications notables du fait des variations de pression ou de température. Ne sont pas considérées comme déformables les régions dont un entretoisement suffisant assure la rigidité; l'entretoisement peut d'ailleurs être réalisé non seulement par des entretoises proprement dites, mais encore par des tubes de diamètres divers ou tout autre dispositif assurant suffisamment l'indéformabilité.

— Les pièces à assembler doivent être soigneusement préparées. Elles doivent être chanfreinées sur toute leur épaisseur, de façon à laisser entre elles — avant soudure — un vide en forme de V ou de X suivant que la soudure est effectuée sur une ou sur les deux faces.

— Si les tôles sont d'épaisseur différente, la plus épaisse doit être délardée progressivement et sur une longueur au moins égale au quadruple de la différence d'épaisseur, de façon que les tranches à souder se présentent sensiblement à égalité d'épaisseur.

La soudure doit présenter :

a) à l'endroit, un bourrelet continu et régulier, en légère surépaisseur dans les assemblages bout à bout, parfaitement lié au métal des parties à assembler, sans caniveau ni sillons;

b) à l'envers, si elle est visible, un bourrelet continu ou une suite de gouttelettes régulièrement espacées et suffisamment rapprochées.

Des dispositions doivent être prises notamment dans le cas de soudures non vérifiables sur leurs deux faces, pour assurer une parfaite pénétration de la soudure, en même temps que la fusion complète des bords des pièces à assembler.

Toute soudure doit être vérifiée avec soin après l'exécution à l'endroit et, *sauf impossibilité*, à l'envers, directement ou à l'aide de miroirs.

A ce sujet, il convient de souligner que l'emploi de lunettes endoscopes permet notamment un examen facile des parois dans les lames d'eau.

Lors des épreuves consécutives à l'exécution des soudures, les lignes de soudure doivent être explorées, pendant que l'appareil est sous pression hydraulique, au moyen d'un marteau de masse convenable.

b) Essais préalables de soudabilité.

Avant toute réparation il convient de contrôler la soudabilité des éléments à réparer. La soudabilité est en effet affectée par la présence dans le métal d'une certaine quantité soit d'oxyde de cuivre appelé « oxydure » soit au contraire d'éléments désoxydants en excès. On est ainsi conduit à exécuter des essais sur éprouvettes prélevées dans la partie de tôle à remplacer, à proximité immédiate de la ligne de soudure. La soudure d'essai de deux jeux de bandes de 100 × 60 à 100 mm. est effectuée en position « montante » après calage, avec martelage modéré au marteau pneumatique, en utilisant un chalumeau soudeur de 1.000 l. acétylène-heure, et un chauffeur de 1.500 l. (*fig. 27 A*). Les échantillons devant être soumis aux essais mécaniques sont prélevés par découpage à froid (*fig. 27 B*), la section de coupe per-

pendiculaire à la soudure tirée de long à la lime et les angles extérieurs abattus. L'essai de pliage exécuté suivant les dispositions de la *figure 27 C* doit permettre d'obtenir, sans rupture, les branches parallèles à l'écartement $3e$. Il peut être toléré des criques locales peu importantes de longueur inférieure à 10 mm.

La section de rupture obtenue au pliage alternatif des branches doit être saine et homogène.

c) Technique opératoire de la soudure du cuivre.

La soudure autogène oxy-acétylénique diffère notablement de celle de l'acier en raison des facteurs particuliers énumérés ci-dessous :

1° Le cuivre possède une très grande conductibilité calorifique nécessitant, malgré une température de fusion relativement peu élevée l'emploi de chalumeaux particulièrement puissants (2.000 à 2.500 litres de débit); une bonne stabilité de fonctionnement exige une alimentation en acétylène à une pression au moins égale à 50 gr./cm²). Pratiquement, cette condition est satisfaite par l'emploi de deux chalumeaux soudant simultanément dans le cas de soudures accessibles des deux côtés avec chanfreinage en X à 90°; les soudures accessibles d'un seul côté sont chanfreinées en V à 90°, l'un des chalumeaux étant utilisé à la soudure et l'autre à un chauffage additionnel des abords de la soudure.

2° Le métal fondu est caractérisé par une grande fluidité, rendant la tenue du métal particulièrement

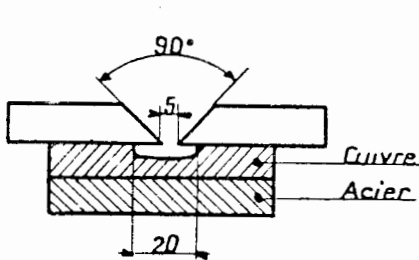


Fig. 27A

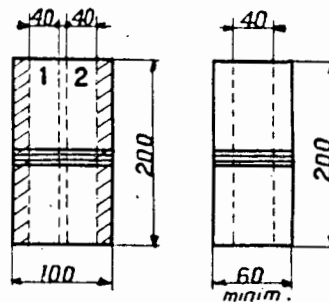


Fig. 27 B

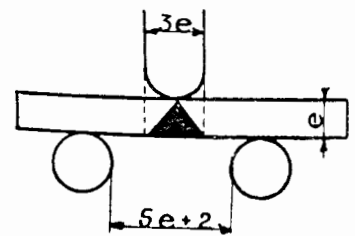


Fig. 27C

difficile, surtout dans les positions autres que celle à *plat*. Dans cette dernière position, cette fluidité a pour autre inconvénient de favoriser des défauts d'exécution par *collage*, le métal liquide coulant facilement sur la préparation non encore portée à fusion.

Afin de pallier ces difficultés, le cuivre est soudé au moyen d'une méthode spéciale dite *par apports pelliculaires*, caractérisée par des apports de quantités limitées de métal fondu, étalés en pellicules minces sur les chanfreins, avec des déplacements larges et rapides du chalumeau et de la baguette d'apport, de manière à éviter des effondrements de métal.

Cette technique conduit à la constitution de cordons de soudure sensiblement plus larges que dans les travaux sur acier.

3° Du fait de la très grande conductibilité du cuivre et de son coefficient de dilatation important, il résulte de sérieux efforts de retrait au refroidissement des soudures. Ce retrait doit être combattu par un martelage à haute température, donc dans le minimum de temps avec marteaux pneumatiques de puissance moyenne. Ce martelage évite dans une certaine mesure, la mise sous tension des soudures avec les risques qu'elles comporte : criques, cassures, etc. La soudure est exécutée par éléments de passes de faible longueur (150 à 250 mm.), le martelage succédant à chaque passe, après réchauffage de l'élément soudé. Le cuivre étant particulièrement déformable à chaud, le martelage nécessite autant que possible l'emploi d'un calage sur l'envers des soudures. Celui-ci est généralement obtenu avec des cales bi-métalliques (cuivre et acier) maintenues par des brides pour tenir coup au martelage.

4° Le cuivre fondu est d'une cristallisation grossière et ses caractéristiques mécaniques, notamment l'allongement, risquent d'être notablement diminuées. Le martelage nécessité par le retrait a également pour effet d'améliorer sensiblement la texture dans la partie soudée, donc les qualités mécaniques de l'assemblage.

Du fait de ces considérations, on évite d'une façon générale la soudure à *plat* et on travaille norma-

lement dans les positions *montante* ou *horizontale*, la position *au plafond* n'étant admise que dans certains cas exceptionnels.

Le diamètre du fil d'apport utilisé est uniformément de 6 mm., quelles que soient les épaisseurs et les positions. Le métal d'apport est du cuivre électrolytique ou de préférence « Canzler » à 2 % d'argent.

d) Contrôle de la tenue des réparations faites.

1° Examen des soudures après exécution du travail :

Au cours de l'exécution de chaque soudure et sitôt son achèvement, il y a lieu de vérifier tout particulièrement :

— La régularité de la pénétration sur l'envers du cordon de soudure, tout manque de métal constituant une discontinuité en forme d'entaille susceptible de dégénérer en cassure.

Cette pénétration sur l'envers peut être examinée, soit directement, soit à travers les trous d'entretoises ou de tirants, à l'aide de miroirs, ou de préférence, d'appareils endoscopes.

Au cas où il serait observé des manques de pénétration appréciables ou des criques importantes le long du cordon, la soudure doit être reprise largement après entaillage sur toute l'épaisseur en prenant toutes précautions utiles pour éviter des tensions dangereuses au refroidissement.

— L'absence de cassures provoquées par des défauts d'exécution ou par des efforts de retrait.

La détection de ces cassures par examen visuel direct n'est pas suffisante, étant donnée leur grande finesse. Un moyen commode d'examen consiste à badigeonner le recto des cordons de soudure avec un enduit liquide à base de blanc à tracer, de chaux résiduaire de générateurs d'acétylène, etc. ; après séchage, un badigeonnage du verso de la soudure est effectué, au moyen d'un pinceau et de pétrole, si nécessaire à travers les trous d'entretoises ou de tirants voisins. Au bout d'un temps de l'ordre d'une heure au maximum, le pétrole diffuse à travers les cassures et dessine leur affleurement sur le recto des soudures, en noir sur fond blanc.

Si à la suite de cet examen, des cassures sont constatées, il convient de les reprendre comme précédemment indiqué.

2° Examen des soudures au cours des épreuves et visites :

Chaque visite, suivie ou non d'épreuve hydraulique, comporte obligatoirement un nettoyage du foyer, notamment dans les zones comportant des soudures de construction ou de réparation. Ces zones sont soigneusement grattées au moyen de grattoirs convenables ou sablées puis examinées attentivement et sondées au moyen d'un marteau, dans le but de déceler des cassures éventuelles.

Dans les cas douteux, l'emploi de l'enduit sur le recto et du badigeonnage au pétrole sur le verso des soudures est recommandé, chaque fois qu'il est possible.

Au cours des épreuves hydrauliques, les soudures sont sondées au marteau, la chaudière étant sous pression.

A. — RÉPARATION DES FOYERS EN CUIVRE PAR SOUDURE AUTOGÈNE

1° Interventions sur plaque tubulaire.

a) Usures de pinces à l'assemblage avec les flancs.

Dans le cas où l'usure n'est pas trop importante et ne déborde pas en largeur la ligne de clouure recharger après avoir blanchi la surface au burin et démonté les rivets dans la zone à recharger, plus deux rivets à chaque extrémité de cette zone. Dans le cas d'amincissement important souder une bande à la place de celle défectueuse coupée au burin de telle manière que le sommet du chanfrein débouche à proximité immédiate de la pince d'enveloppe (*fig. 28*).

b) Cassures des pinces entre trous de rivets et bords (*fig. 29*).

Démonter les rivets intéressés par les cassures plus deux rivets de chaque côté, fraiser les trous, chanfreiner les cassures en V, blanchir au burin les zones à recharger, remplir les trous et chanfreins en terminant vers la pince. Marteler modérément, la pince d'enveloppe tenant lieu de calage sur l'envers.

c) Criques et cassures des interstices entre petits ou gros tubes (*fig. 30*).

Démonter assez de tubes pour permettre l'accès dans le corps cylindrique.

Cas de criques :

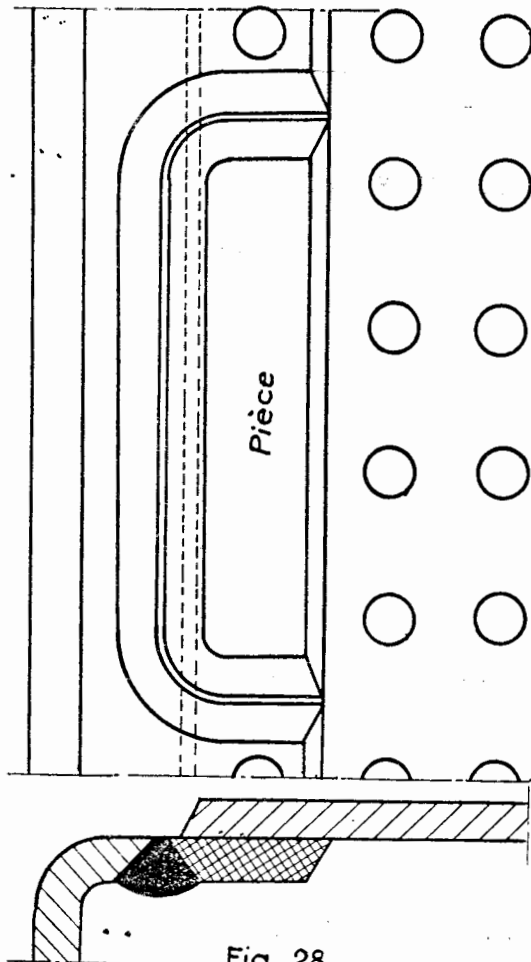
Recharger les chanfreins en V avec chauffe à l'envers, marteler le rechargement avec tas maintenant l'envers.

Cas de cassures :

Souder et marteler simultanément les deux faces de la soudure.

d) Criques et cassures dans les arrondis verticaux.

Démonter assez de tubes pour permettre l'accès dans le corps cylindrique.



Cas de criques de profondeur supérieure à 25 % de l'épaisseur :

Chanfreiner à fond avec coupage des têtes de rivets au droit de la crique (sans chasser les corps) et avec le cas échéant perçage des entretoises de la rangée verticale voisine, recharger en soudure montante avec chauffe à l'envers, marteler modérément, le calage à l'envers étant limité aux bords tombés.

Cas de cassures :

Chanfreiner en X sur toute l'épaisseur avec enlèvement des rivets de la pince sur la longueur de la cassure plus deux rivets à chaque extrémité; souder et marteler simultanément les deux faces de la soudure.

Cas de cassures ou criques accompagnées d'usure importante de la pince :

Découper largement la partie défectueuse (fig. 31); poser une pièce avec jeu régulier de 5 mm. et chanfreinage en X de l'assemblage y compris les demi-trous de petits tubes pris dans la ligne de soudure, fixer la pièce par brides boulonnées. La soudure débute au bord horizontal inférieur, progresse en position montante avec martelage simultané sur les deux faces de la soudure et remplissage des portions de trous et petits tubes subsistant.

e) Cassures entre trous d'entretoises des rangées verticales extrêmes.

Enlever les rivets de la clouure latérale voisine plus deux rivets à chaque extrémité — fraiser les trous d'entretoises et chanfreiner les cassures en V (fig. 32) — recharger en bouchant les trous en soudure montante — marteler modérément, le calage étant souvent impossible.

f) Criques ou cassures dans l'arrondi horizontal.

Démonter assez de tubes pour permettre l'accès dans le corps cylindrique.

Cas de criques côté eau :

Chanfreiner en V à 90° côté feu jusqu'à débouchage dans la crique, couper les têtes de rivets sans chasser les corps sur une longueur correspondant à la crique plus deux rivets de chaque côté.

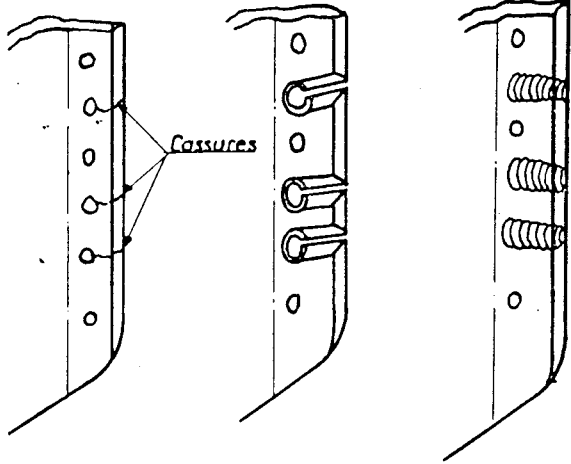


Fig. 29

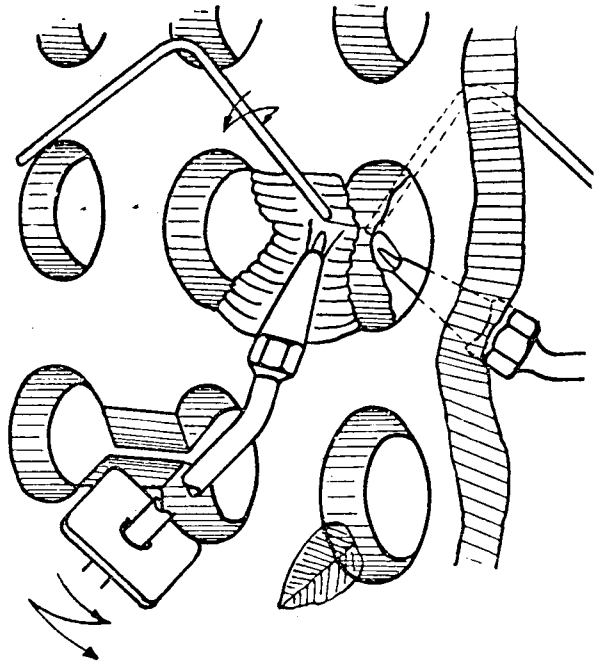


Fig. 30

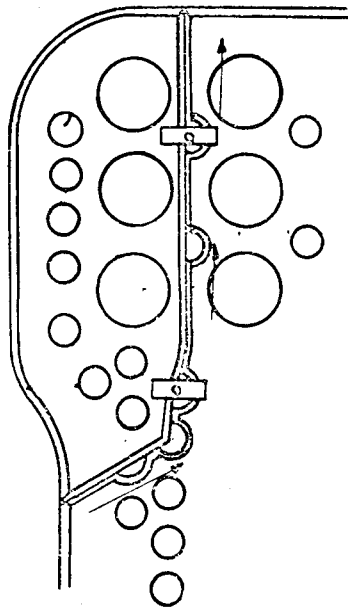


Fig. 31

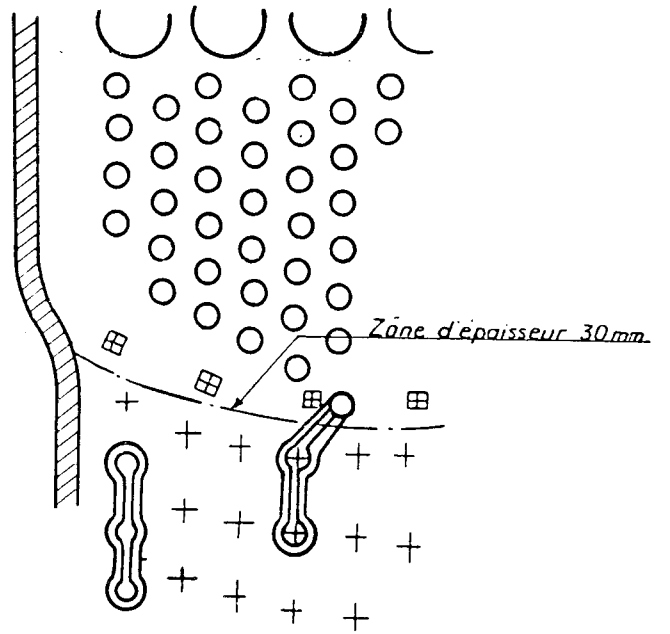


Fig. 32

Souder côté feu, reprendre côté eau avec soudure de la pince du ciël préalablement blanchie au burin (fig. 33). Marteler des deux côtés.

Cas de criques côté feu :

Souder seulement côté feu en chauffant côté eau. Marteler côté feu, l'envers étant maintenu avec un tas.

Cas de cassures de faible longueur :

Enlever les rivets sur la longueur de la cassure, plus deux rivets, chanfreiner la cassure en X. Souder côté feu, reprendre côté eau et marteler comme au premier cas.

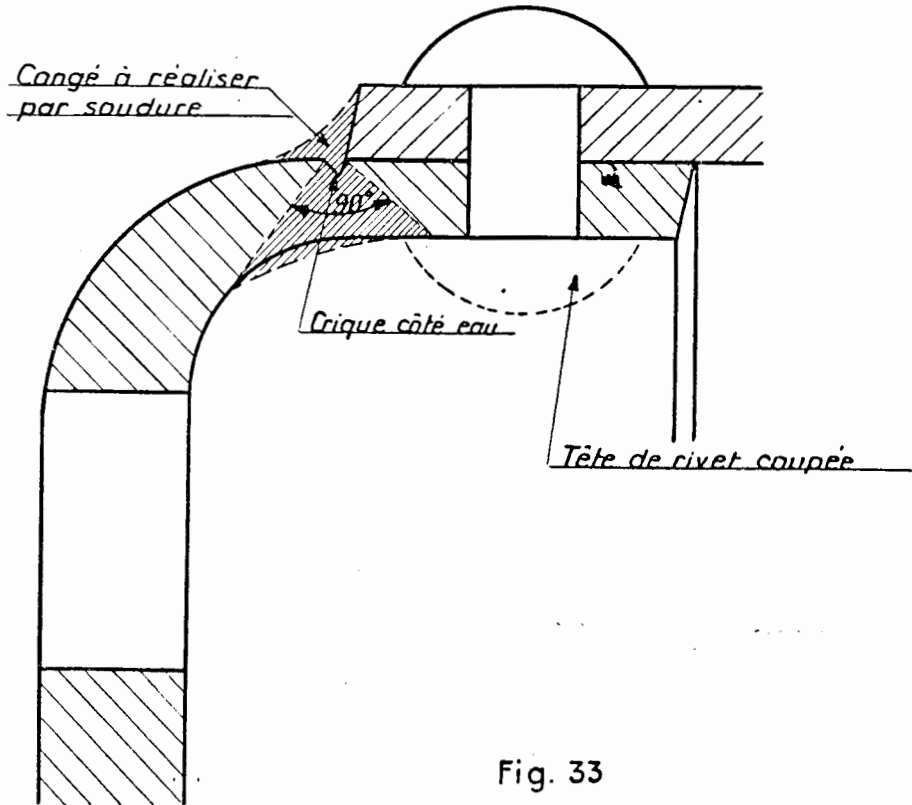


Fig. 33

Cas de cassures importantes :

Démonter les trois rangées supérieures de gros tubes, découper la plaque tubulaire (fig. 34) poser une pièce comme indiqué § d (les bords tombés seuls étant chanfreinés en V côté feu). La soudure débute au milieu de la plaque et aboutit aux extrémités des bords tombés avec martelage simultané sur les deux faces de la soudure et remplissage des portions de trous de petits tubes subsistant. La soudure des bords tombés est reprise côté eau, le martelage exécuté côté feu seulement, l'envers étant maintenu avec un tas (plafond) ou une cale avec pince (bords tombés verticaux).

g) Cassures de nombreuses cloisons entre alvéoles et cassures des arrondis verticaux ou horizontaux

Cette avarie nécessite le remplacement de la partie de plaque comprenant le faisceau tubulaire complet. La ligne d'assemblage est prévue entre la ligne des tirants et la première ligne d'entretoises. Le

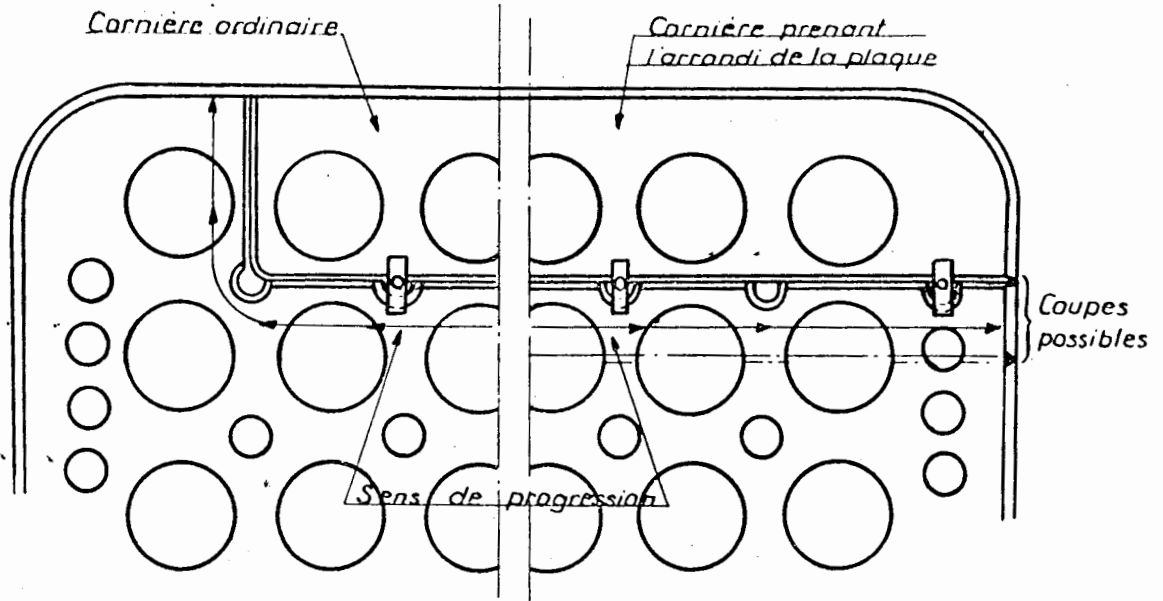


Fig. 34

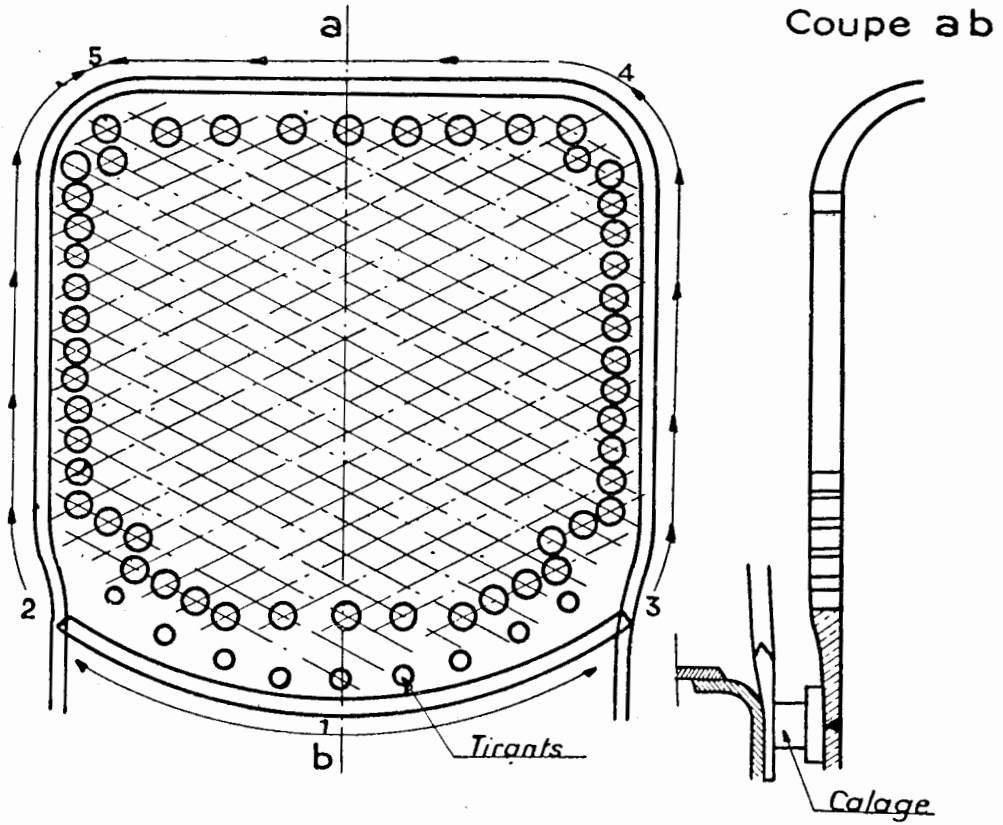


Fig. 35

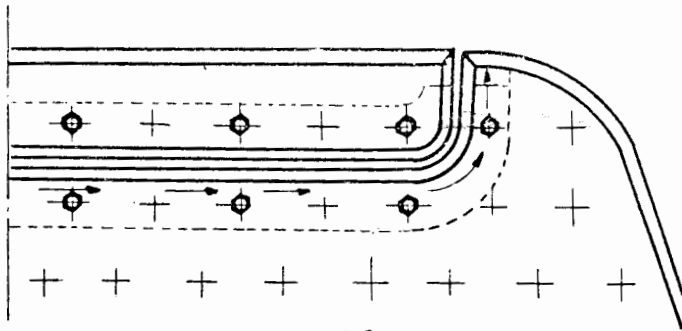


Fig. 36

chanfreinage peut être exécuté en V avec calage côté eau ou de préférence s'il est possible en X sans calage. La soudure progresse comme indiqué à la figure 35. Lorsque la soudure des bords tombés verticaux et horizontal supérieur présente de grosses difficultés la rivure est maintenue.

2° Interventions sur plaque arrière.

Les réparations d'avaries identiques à celles décrites pour la plaque tubulaire s'exécutent suivant les mêmes processus.

La figure 36 représente la pose d'une cornière d'angle horizontal ou vertical, la ligne de coupe pas-

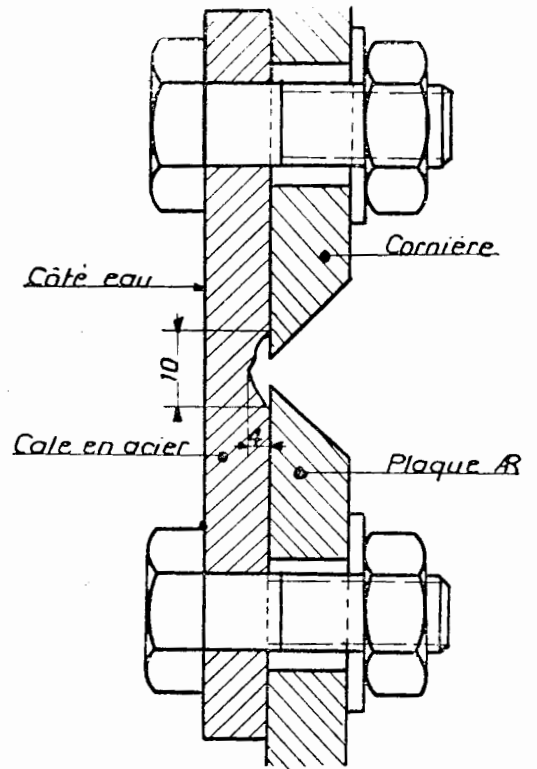
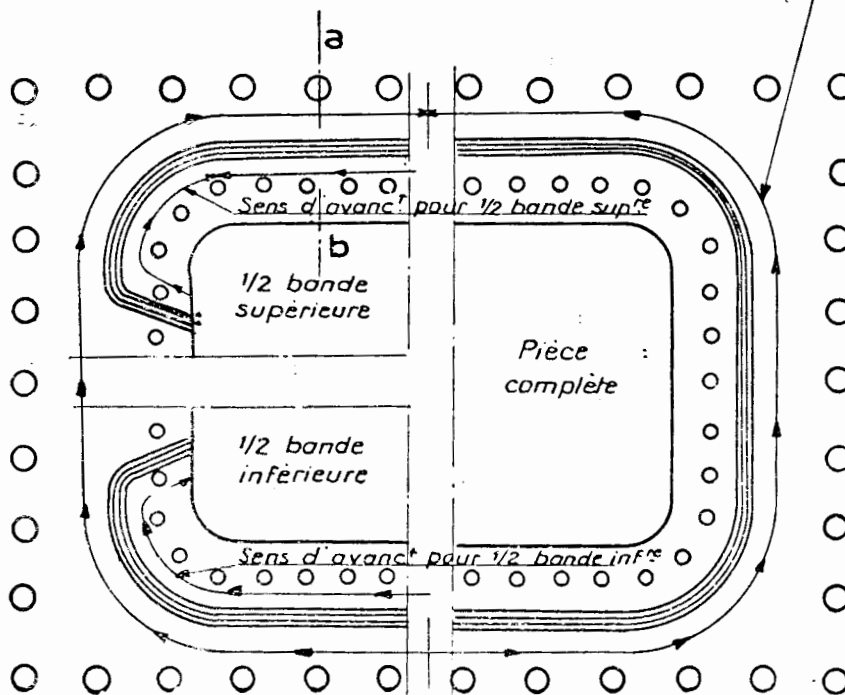


Fig. 37

Sens d'avancement de la soudure dans le cas de pièce prenant tout le pourtour du cadre



Coupe a b

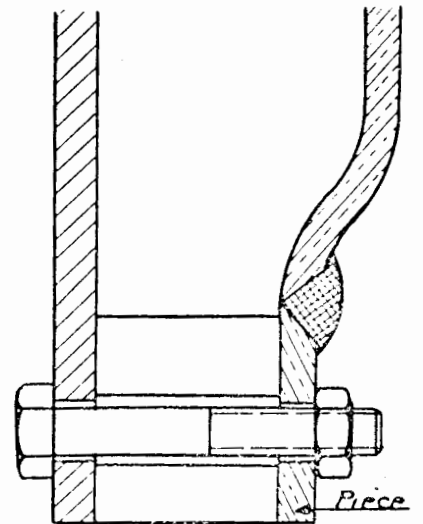


Fig. 38

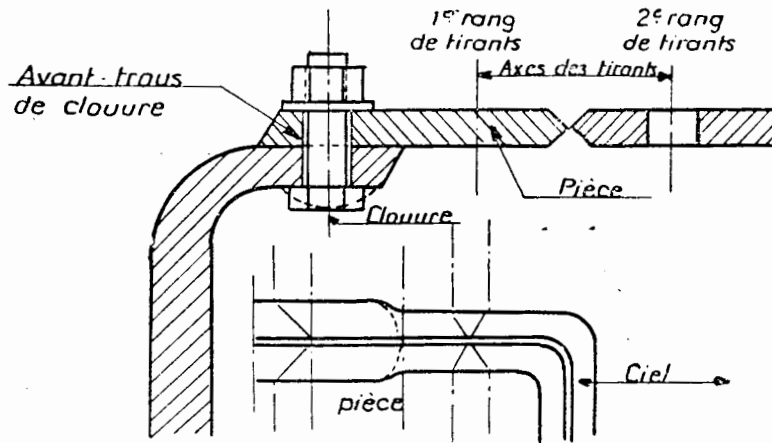


Fig. 40

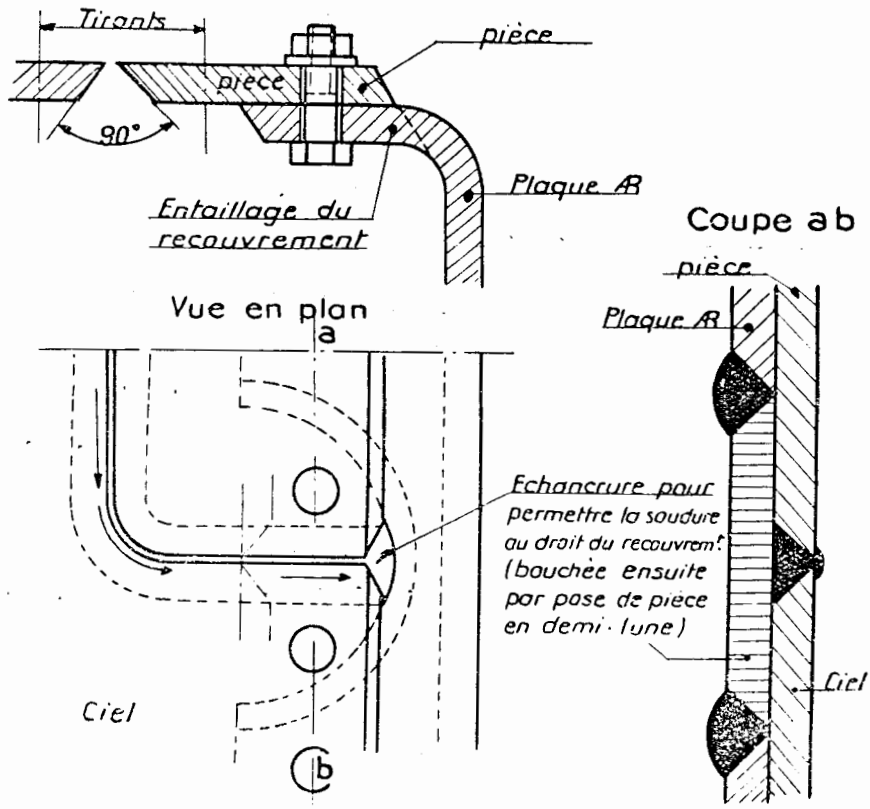


Fig. 41

sant entre les deux premières rangées d'entretoises. La *figure 37* représente le calage utilisé pour ce travail (cette cale doit être ensuite tronçonnée au chalumeau en morceaux susceptibles d'être sortis par les trous d'autoclave).

La *figure 38* représente la pose d'une pièce autour du cadre de porte de foyer.

3^o Interventions sur parois latérales.

a) Usure des pinces de demi-flancs rivés.

Lorsque l'usure n'atteint pas la clouure, on recharge simplement. Dans le cas d'usure de la clouure

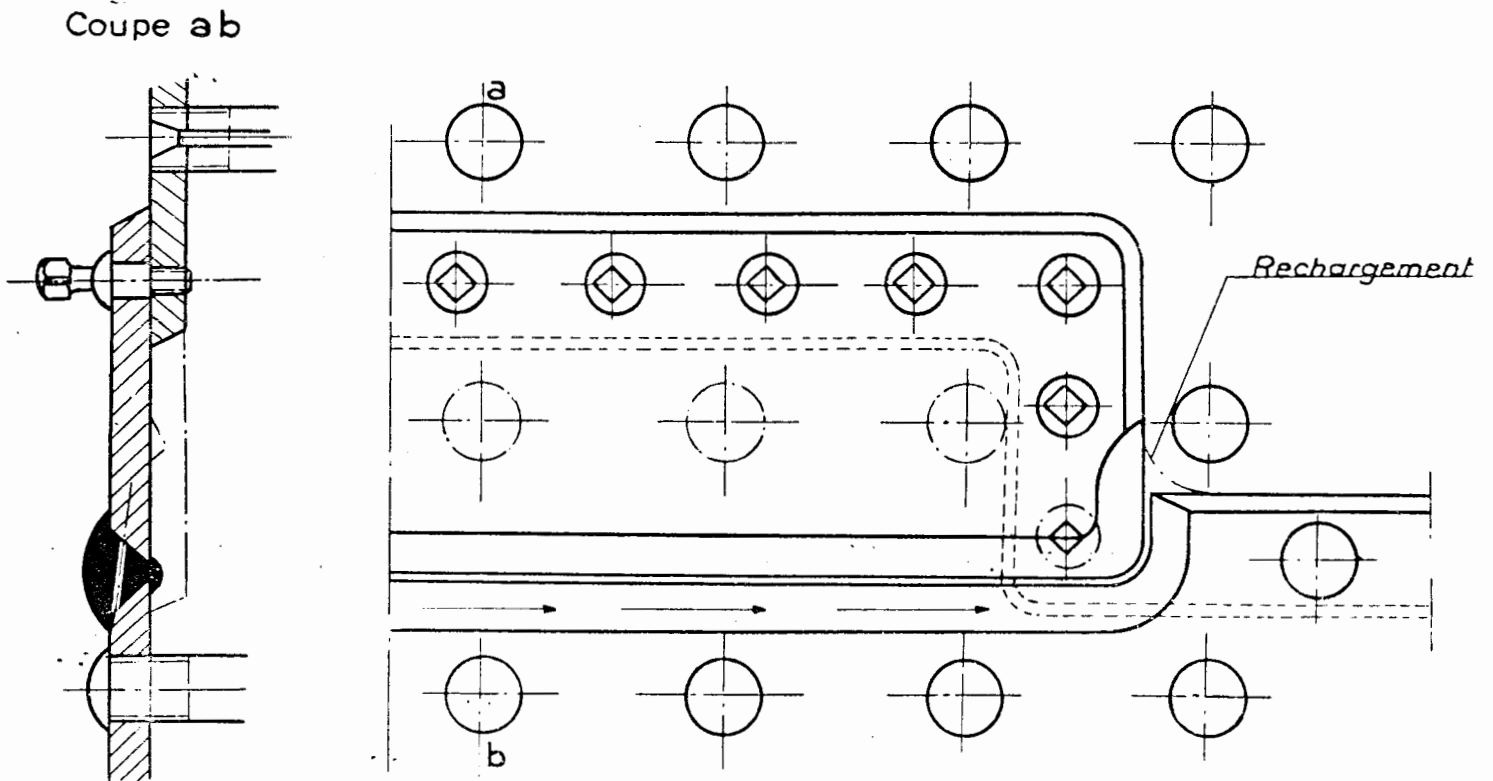


Fig. 39

et de sillon de matage on enlève la partie mauvaise, recharge le sillon et pose une bande soudée. Dans le cas d'usure atteignant la clouure et de sillon de matage important sur le demi-flanc supérieur on pose une pièce soudée et vissée (*fig. 39*). Les entretoises situées en dessous de la ligne de soudure sont percées et les têtes de celles situées au-dessus de la pince supérieure de la pièce, affleurées pour la mise en place de cette dernière.

Après soudure, la pièce est vissée sur la partie supérieure, les entretoises au-dessus brochées, les entretoises inférieures ayant formé partiellement calage sont remplacées.

b) Autres réparations.

Les avaries identiques à celles décrites pour la plaque tubulaire (usure de pinces, clouures, cassures entre trous d'entretoises, etc.) se réparent suivant les mêmes méthodes.

4^o Interventions sur le ciel de foyer.

a) Criques et cassures entre trous de tirants, peu étendues ou les joignant.

Enlever les tirants intéressés et ceux immédiatement voisins, fraiser les trous côté feu, chanfreiner les criques et cassures en V, souder côté feu avec bouchage des trous de tirants, reprendre la soudure côté eau, marteler modérément (cale à manche maintenue par un tirc).

b) Cassures en étoile dans les trous de tirants ou cassures au ras de la pince de la plaque tubulaire (foyer rivé).

On pose une pièce soudée (*fig. 40*). La soudure débute au milieu de la pièce et est exécutée simultanément côté eau et côté feu sauf aux extrémités de la pièce où elle est exécutée seulement côté eau (chanfrein en V).

c) Cassure du ciel au ras de la pince de la plaque arrière.

Démonter les rivets de la pince plus deux à chaque extrémité ainsi que les deux lignes de tirants voisines entre lesquelles se placera la soudure. Découper dans la pince de la plaque et chanfreiner en V deux morceaux en demi-lune pour permettre la préparation et la soudure des extrémités de la pièce. Souder la pièce côté feu en débutant au milieu, poser et souder deux pièces en demi-lune dans le bord découpé de la plaque (*fig. 41*).

B. — RÉPARATIONS DES FOYERS EN CUIVRE PAR PIÈCES FIXÉES PAR RIVETS, BOULONS OU VIS, DANS LES DÉPÔTS ET GRANDS ATELIERS

1^o Généralités.

L'article 14 du décret du 2 avril 1926 stipule que :

« Toute paroi de chaudière en contact par une de ses faces avec les flammes, ou les gaz de la combustion, doit être baignée par l'eau sur sa face opposée, cette prescription ne s'applique pas à *des surfaces relativement peu étendues* et placées de manière à ne jamais rougir même lorsque le feu est poussé à son maximum d'activité ».

Les pinces d'assemblage des plaques AV et AR de foyers rivés sont dans ce cas.

L'usure peu importante constatée dans les foyers en cuivre, après parcours élevés, à la pince côté feu, pourtant en saillie sur la paroi, montre que cette pince est encore suffisamment refroidie. Mais, pour les surfaces plus étendues, on doit effectuer le découpage de la partie avariée de manière à ne conserver de doublures qu'aux endroits où les pinces de la pièce rapportée recouvrent la bordure correspondante de la partie de plaque conservée.

Cependant, un type de réparation d'un caractère particulier n'est pas absolument conforme à cette règle; mais l'intérêt qu'il présente, sans qu'aucun inconvénient n'ait été constaté malgré une longue pratique, justifie son emploi pour les raisons et dans les conditions indiquées ci-après :

Application d'une pièce en doublure côté eau, sur l'arrondi supérieur de plaque tubulaire de foyer, fissuré au ras de la pince du ciel (fig. 48 et 49).

La pièce rapportée, de faible largeur, est parfaitement refroidie, puisqu'elle a sa surface

côté intérieur chaudière baignée par l'eau, son autre face n'étant pas en contact avec le feu; elle conserve donc toute sa résistance.

Les parties des autres plaques sur lesquelles se fait la fixation de la pièce rapportée sont

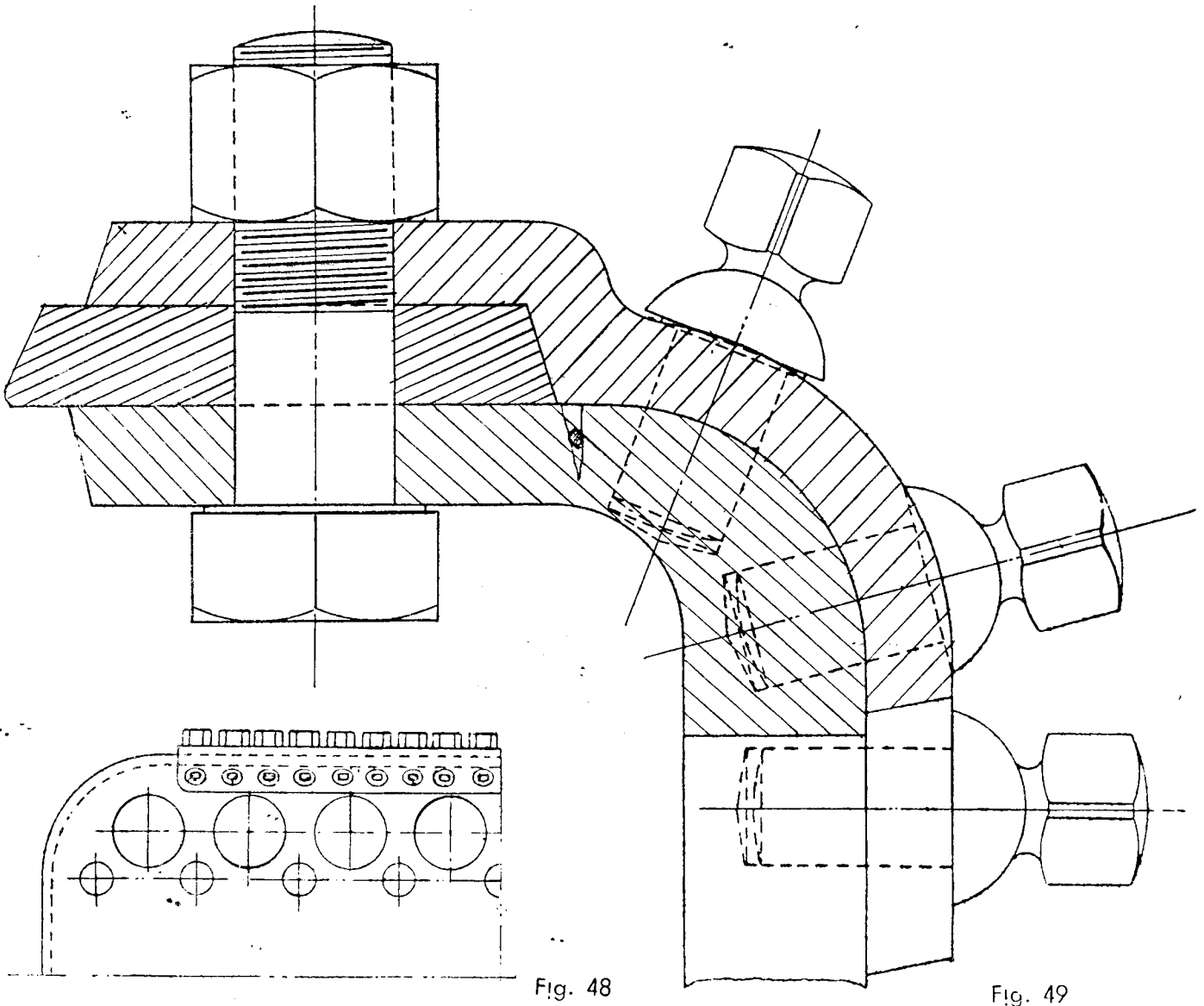


Fig. 48

Fig. 49

suffisamment voisines de l'eau pour être refroidies et rester également en bon état; dans ces conditions, l'usure de la partie fissurée en doublure côté feu n'a plus d'importance, comme on le constate dans la pratique.

Cette réparation bien exécutée permet en effet de maintenir la machine en service, sans retouche de la pièce, pour user un parcours de levage.

2° Clouure des pièces rapportées dans les foyers rivés.

Que les pièces rapportées aux foyers aient été soudées ou non, on doit reconstituer les clouures reliant entre eux les éléments du foyer. Il en est de même quand la réparation consiste seulement à refaire les clouures avec ou sans apport de métal.

a) Clouure par rivets.

On l'emploie toutes les fois qu'on peut :

- passer les rivets côté eau assez rapidement pour qu'ils ne puissent se refroidir;
- les maintenir énergiquement contre la plaque pour le rivetage.

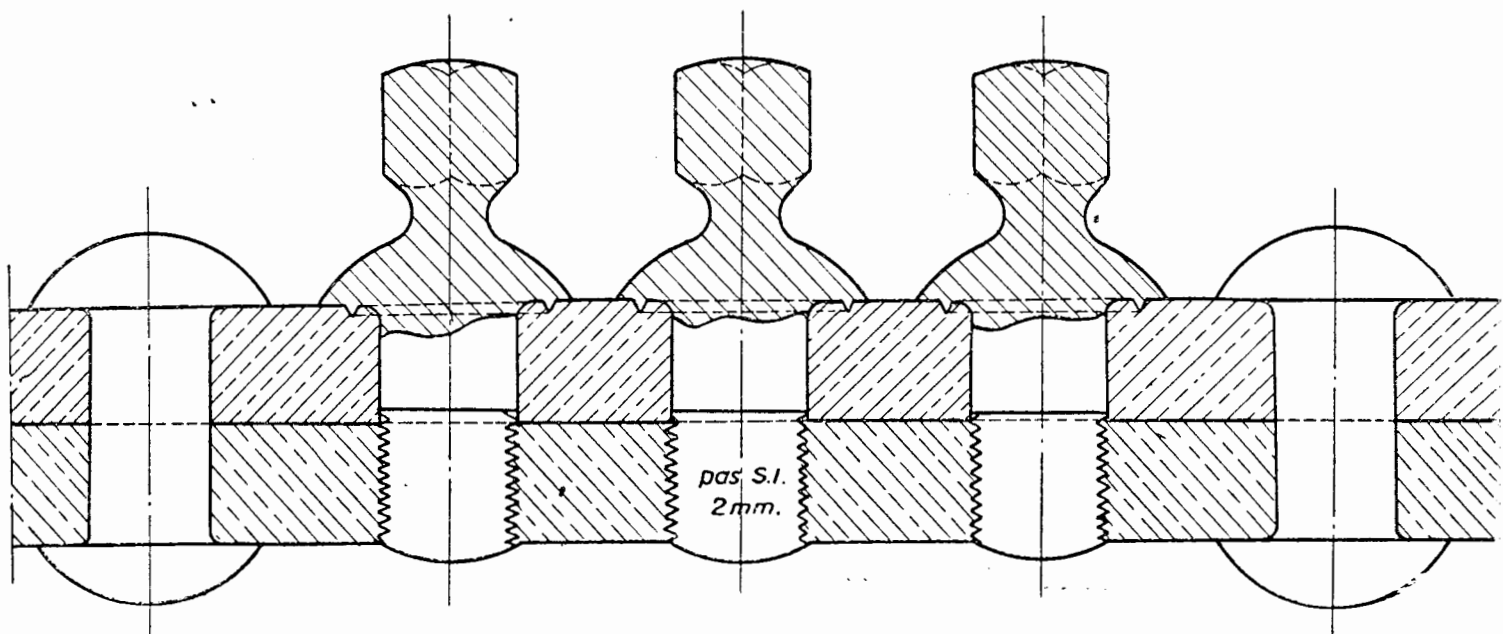


Fig. 50

b) Clouure par vis à tête ronde avec appendice.

L'emploi de vis nécessite une épaisseur suffisante de la pince côté eau pour que la fixation de la pince côté feu, quand il s'agit de remplacement de rivet ou de pièce rapportée, soit solidement assurée (épaisseur minimum 9 mm.) (fig. 50). Au-dessous de cette limite on pose des boulons où l'on renforce la pince côté eau par des bandes de fer plat de 10 mm. d'épaisseur (fig. 59).

La pièce rapportée est énergiquement serrée dans sa position d'ajustage contre les parois, par des boulons provisoires en nombre suffisant et les deux épaisseurs sont taraudées en même temps :

— Le filetage dans la pièce rapportée côté feu peut être enlevé de façon que les vis serrent aussitôt la pièce rapportée contre les parois (fig. 51).

— Le filetage dans la pièce rapportée peut n'être pas enlevé (fig. 52). La vis, énergiquement serrée, couche le filet dans la pièce rapportée, jusqu'à ce que son serrage contre la paroi soit suffisant. Le résultat s'obtient sans effort quand les deux pièces ont eu leur contact énergiquement assuré au moment du taraudage, sinon l'effort exagéré qu'on est obligé d'exercer pour assurer le contact des tôles conduit à l'arrachement des filets.

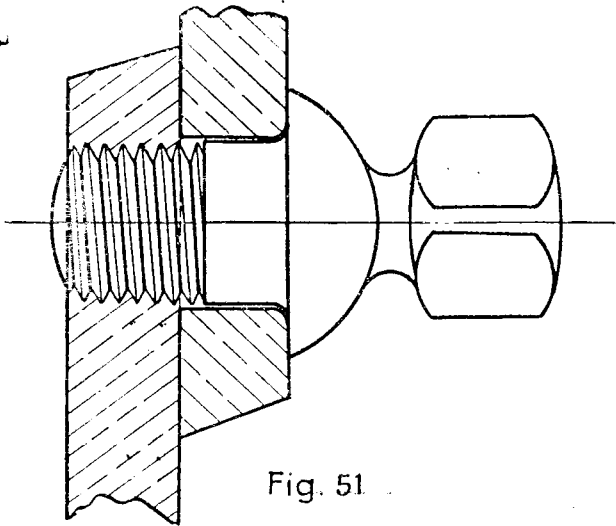


Fig. 51

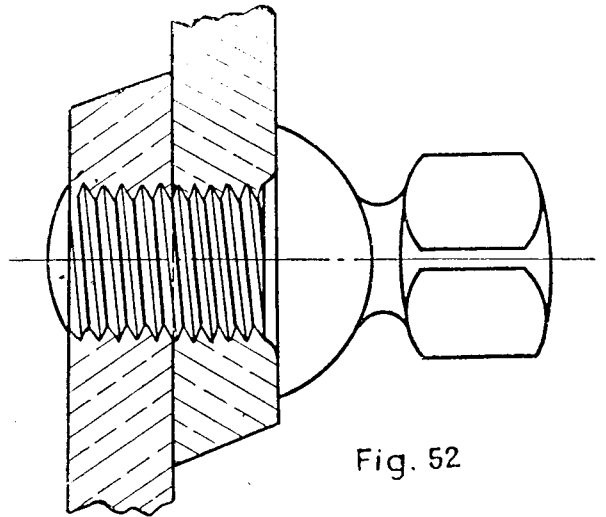


Fig. 52

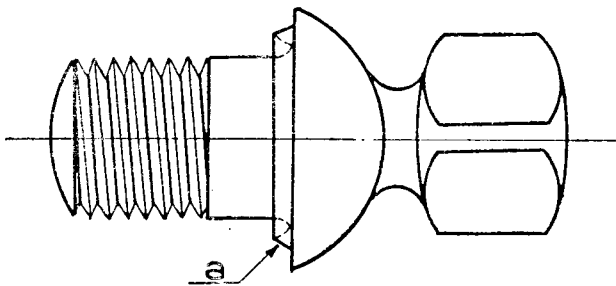


Fig. 53

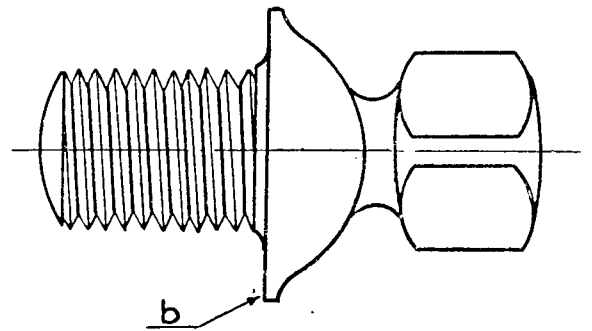


Fig. 54

Ce procédé dispense d'enlever la pièce pour suppression du filetage dans les trous de vis et ceux-ci sont mieux obstrués.

— La tête de vis peut comporter :

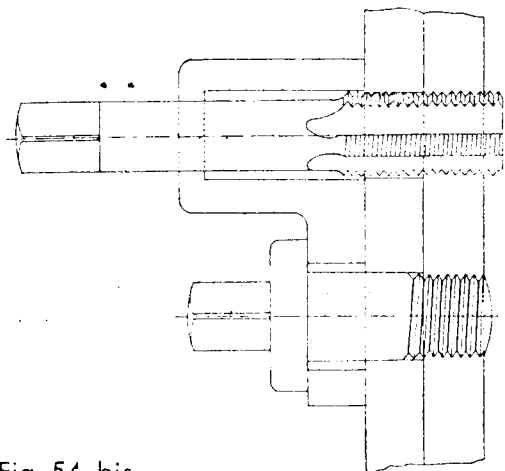


Fig. 54 bis

un listel (*a*) destiné à pénétrer dans le métal sous le serrage et éviter les fuites par le filetage et le corps de la vis (*fig. 53*) ou une bavure de matage (*b*) (*fig. 54*). Le taraudage de vis dans la plaque doit être pratiqué en faisant usage d'un guide du type représenté *figure 51 bis* afin d'assurer la portée convenable des têtes de vis sur la pièce. L'étanchéité est encore améliorée par un lamage de cette portée à la fraise guidée.

— Quand la vis est mise à la place d'un rivet à tête fraisée, elle doit comporter un cône pour obstruer la fraisure (*fig. 57*) ; mais, lorsque la pince a sa largeur réduite par usure ou matages successifs, au serrage, le cône tend à la déformer et permet les fuites. Pour éviter cet inconvénient, on peut boucher la fraisure par une bague conique et utiliser une vis à listel (*fig. 56*). On peut encore utiliser une vis comportant le cône et le listel (*fig. 55*).

Quand on recharge la pince à la soudure, il est indiqué de boucher la fraisure puis de rectifier ensuite le tron et la portée pour utilisation d'une vis sans cônes, avec ou sans listel.

L'appendice des vis se rompt à refus de serrage ou est coupé après montage définitif, et épreuve d'étanchéité, pour réduire l'échauffement de la tête de vis qui ne doit comporter aucune aspérité pouvant arrêter les flammes.

c) Clouure par boulons et écrous.

Ces boulons doivent comporter également un appendice de serrage.

Quand la machine n'est pas traitée au T. I. A. et que la lame d'eau où doivent se trouver

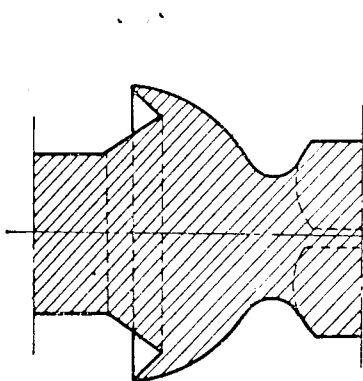


Fig. 55

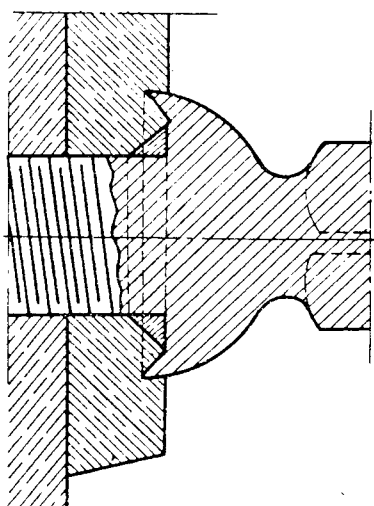


Fig. 56

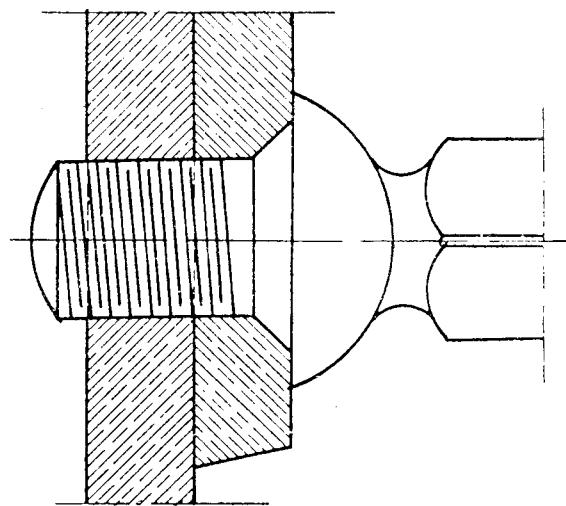


Fig. 57

les écrous a une largeur supérieure à 100 mm., on peut utiliser les écrous à queue (fig. 58). Cette cote limite est fixée parce que la présence des écrous côté eau peut occasionner la formation de nids de tartre, formation d'autant plus rapide que la lame d'eau est plus étroite et que les eaux d'alimentation utilisées laissent plus de dépôts.

La tête du boulon est raccordée au corps cylindrique par un congé qui doit contribuer à l'étanchéité du boulon, à la condition que ce congé soit bien concentrique au filetage, que l'écrou soit bien placé dans la lame d'eau, l'embase de la tête du boulon étant parallèle à la plaque sur laquelle elle s'appuie au serrage.

Quand la largeur de la lame d'eau n'a pas la cote minimum prévue et même si elle a cette cote ou une dimension légèrement supérieure, il est préférable d'employer des bandes de fer plat filetés de 10 à 12 mm. d'épaisseur au lieu d'écrous à queue.

Entre les trous filetés, ces bandes comportent des saignées sur la presque totalité de leur épaisseur pour qu'elles puissent prendre une position donnant un meilleur serrage du boulon.

Les trous filetés sont percés dans la bande de fer plat, aux cotes d'écartement des axes des trous d'assemblage.

La *figure 59* donne la position de la bande de fer plat et des vis sur les pinces; la *figure 60* les positions respectives des écrous à queue entre eux et par rapport à ces pinces.

d) **Ecartement des rivets, vis et boulons de fixation.**

L'écartement à prévoir est, en principe, celui existant pour la fixation des éléments de

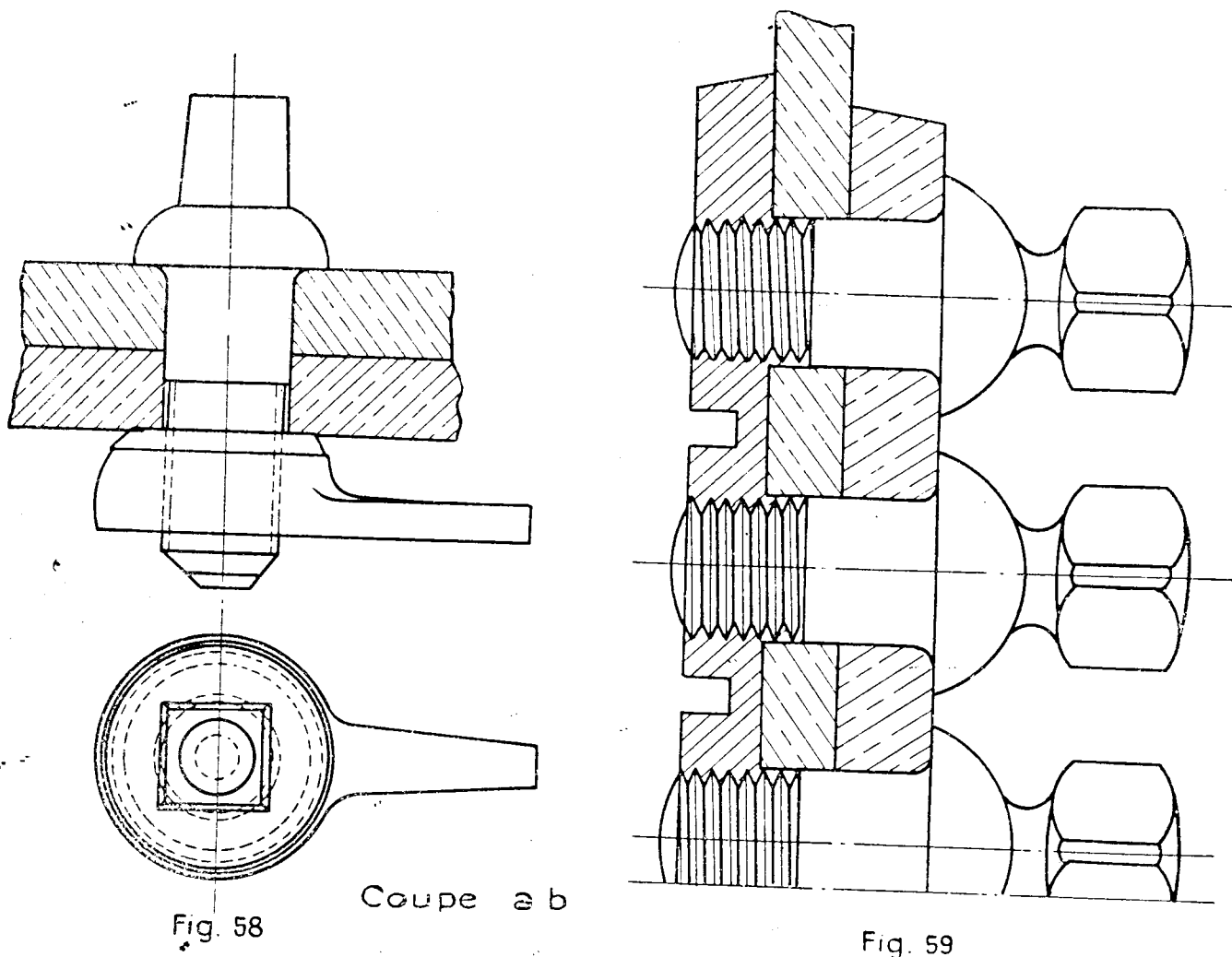


Fig. 58

Coupe a b

Fig. 59

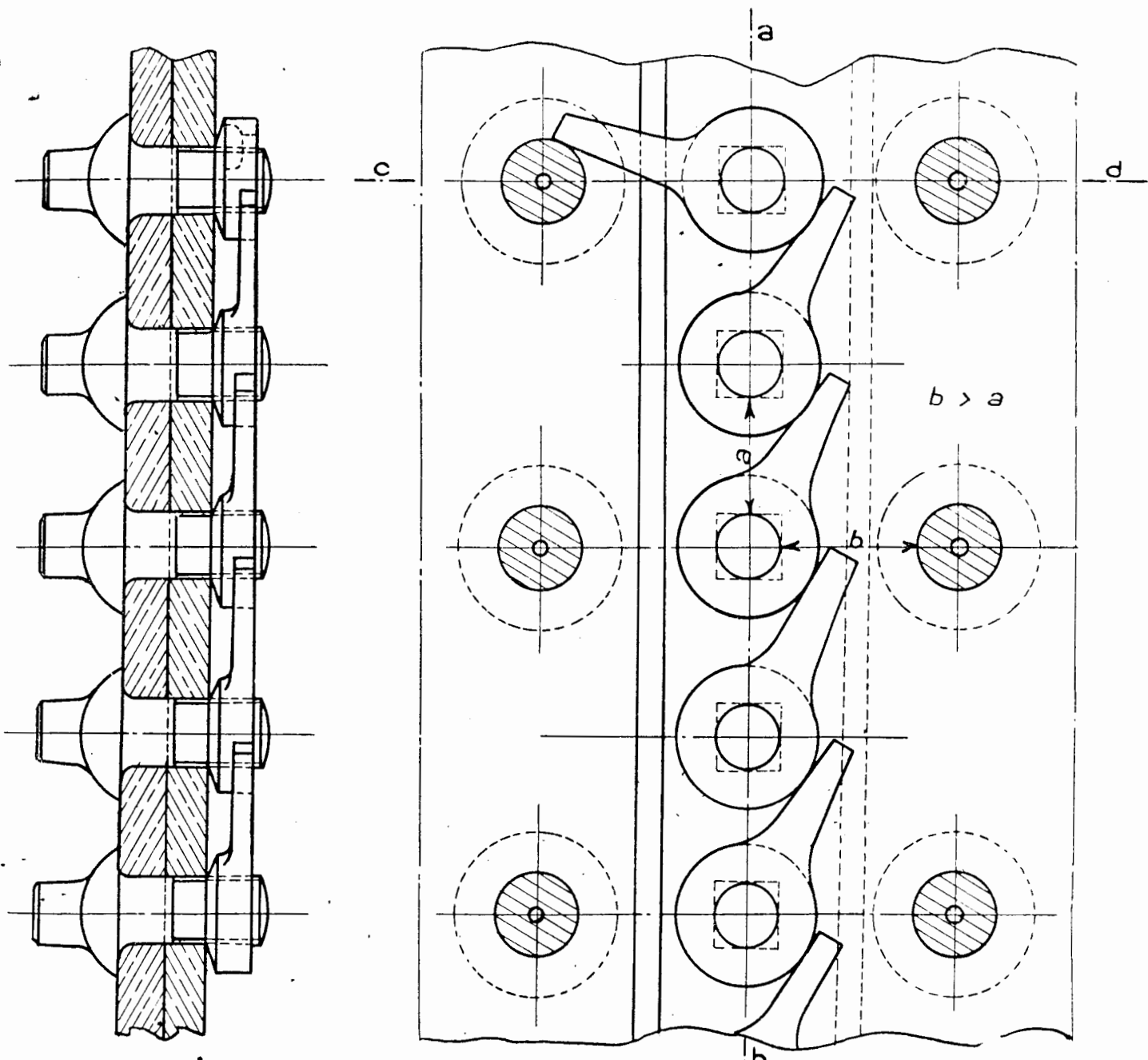
foyer, c'est-à-dire $2.5 D$ soit environ 55 mm.; par exemple : l'écartement des rivets des assemblages de la plaque tubulaire et de la plaque arrière sur les flans.

Quand les trous de fixation sont à percer dans les deux plaques, c'est-à-dire quand on ne se sert pas d'anciens trous de rivets dans la vieille plaque pour fixer la pièce, il est préférable de ne pas percer les trous dans l'axe des rangées d'entretoises si cette disposition donne, entre les trous et les entretoises, des sections plus faibles que celles des trous entre eux.

Dans le cas de la *figure 60* par exemple, où les trous sont percés dans l'axe des entretoises, il ne faut pas que b soit plus petit que a . Dans le cas contraire, il serait indiqué de déplacer les boulons à queue pour augmenter b .

Coupe a b

Page 3



Coupe c d

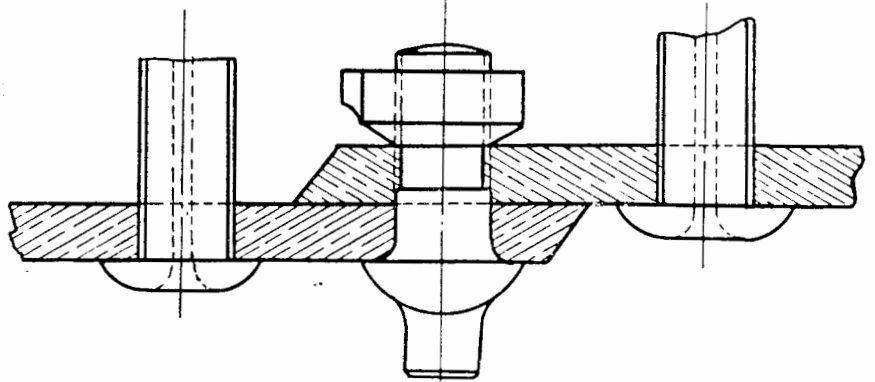


Fig. 60

Il n'est d'ailleurs pas indispensable que l'écartement des trous soit rigoureusement à la même cote.

3^o Préparation et fixation des pièces.

Les dimensions de la pièce à appliquer ayant été déterminées et les parties de parois à enlever découpées, les pinces d'assemblage sont préparées.

Elles doivent être suffisamment larges pour assurer la solidité de l'assemblage mais sans

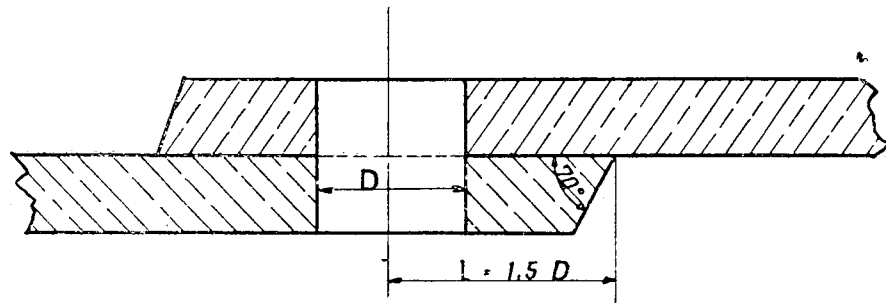


Fig. 61

Bourrer la tôle

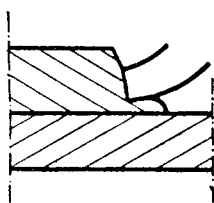


FIG. 62 A

Amincir la bavure

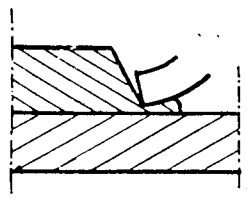


FIG. 62 B

Marier les tôles

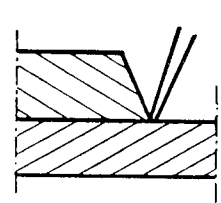


FIG. 62 C

excès, pour faciliter l'ajustage et obtenir une bonne étanchéité, le matage de la pince côté feu ne devant être qu'un complément que le contact avec les flammes fait d'ailleurs disparaître à la longue.

Les dimensions des pinces peuvent être déterminées par la formule :

$$l = 1,5 D \text{ (fig. 61), soit de 30 à 35 mm.}$$

Les pinces doivent être convenablement dressées et ajustées au rouge, dans leur position de fixation.

Si l'ajustage est convenable, le serrage des parties assemblées par les rivets ou par des vis peut être modéré. Le matage devient ainsi une mesure complémentaire d'étanchéité. Cette mesure serait, à l'usage, insuffisante si l'ajustage était mauvais.

Le matage, côté pression, dit matage intérieur est le plus efficace pour l'arrêt des fuites, mais on procède toujours comme garantie supplémentaire au matage extérieur.

Le matage s'exécute au pneumatique en général, quelquefois au marteau à main avec un matoir approprié prenant appui sur le bord du chanfrein au contact des tôles; la direction du matoir étant légèrement oblique par rapport à la tôle recouverte.

En frappant sur le matoir, le métal est refoulé, la direction du coup plaquant la pince

Matoir à bourrer
N° 0881

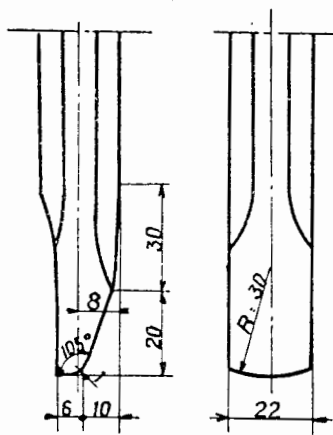


Fig. 62 bis A

Matoir à tirer la bavure
N° 0891

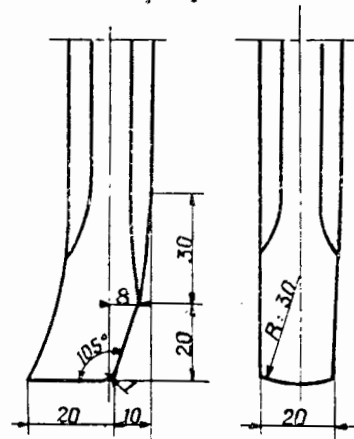


Fig. 62 bis B

Matoir droit à finir
N° 901

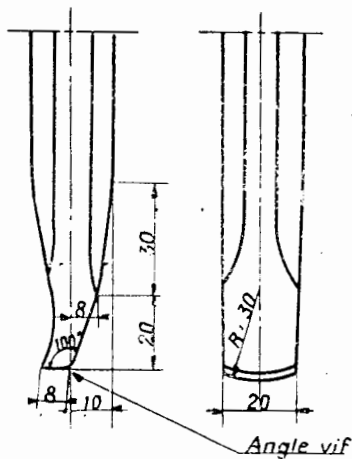


Fig. 62 bis C

Matoir déporté à étancher
pour têtes de rivets (N° 1070 à 1084)

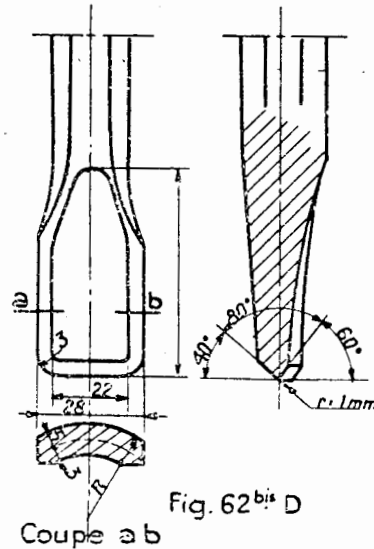


Fig. 62 bis D

sur la tôle d'appui, la précaution essentielle à prendre étant de ne pas creuser de sillon sur cette tôle.

Le matage s'opère en trois phases :

- 1°) une passe « à bourrer » avec un matoir plat de 6 mm. à angles légèrement arrondis.

Elle fait apparaître une bavure le long de la ligne de matage (*fig. 62 A et 62 bis A*).

2°) une passe « à tirer ou amincir la bavure » avec un matoir plat de 20 mm. à angles légèrement arrondis. Cette passe dégage la bavure et lisse le chanfrein (*fig. 62 B et 62 bis B*).

3°) une passe « à finir » avec un matoir plat de 8 mm. à angle vif. Elle coupe la bavure précédente en repinçant la partie inférieure du chanfrein (*fig. 62 C et 62 bis C*).

Quand on procède à ce matage, il ne faut pas que le matoir agisse de manière à écarter les deux plaques (*fig. 62 D*) ni qu'il vienne creuser, dans la plaque conservée, un sillon qui constituerait une amorce de rupture de cette plaque (*fig. 62 E*).

L'attention est de nouveau attirée sur le fait qu'une chaudière ne doit jamais être matée **sous pression** de vapeur ou hydraulique. Dans le premier cas, pour des raisons de sécurité

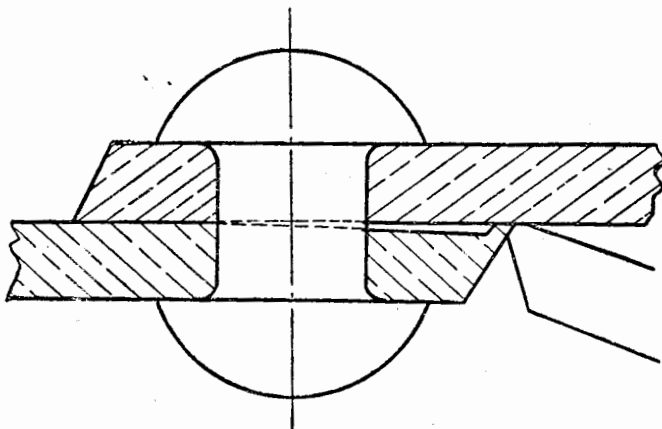


FIG. 62 D

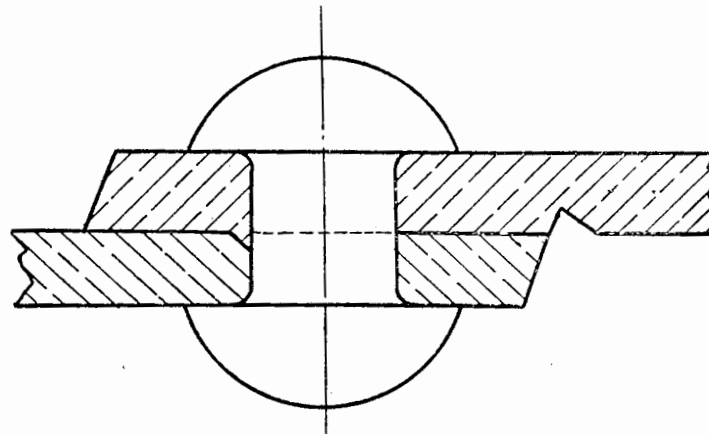


FIG. 62 E

immédiate du personnel, et dans le second, pour ne pas créer de fatigues anormales susceptibles de provoquer des déchirures ultérieures.

4° Fissures ou cassures de cloisons entre alvéoles de tubes à fumée.

On ne doit pas, pour aveugler les fuites, supprimer plusieurs tubes à fumée car la plaque tubulaire se bomberait très rapidement à l'endroit du retrait, les cassures s'ouvriraient, les fuites reparaitraient et on risquerait des avaries plus sérieuses.

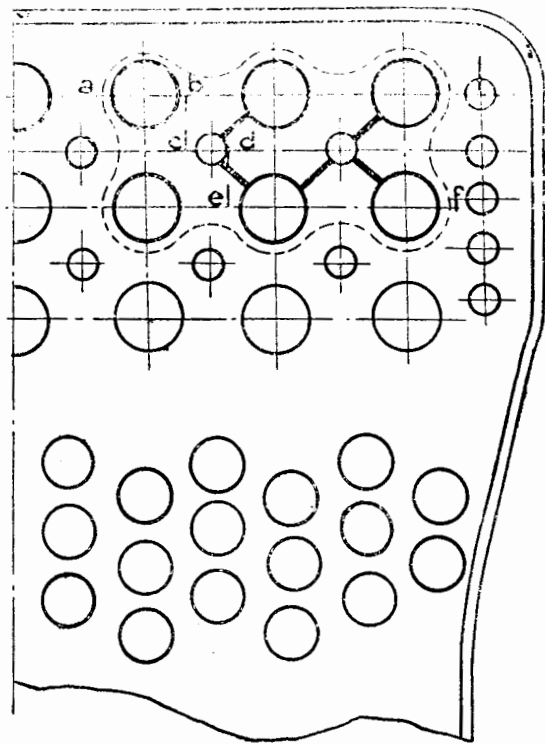
On peut seulement supprimer quelques tubes non groupés pour mieux fixer les pièces et seulement à proximité des arrondis, la plaque se trouvant renforcée à cet endroit par la pièce.

La réparation des plaques tubulaires et en particulier des cloisons interalvéolaires ne doit pas être seulement limitée aux fissures donnant lieu à fuites mais doit être étendue aux cloisons présentant des amorces de fissures ne donnant pas lieu à fuites. Il est ainsi évité des démontages ultérieurs de tubes, démontages souvent rendus prématurément nécessaires par suite d'aggravation des avaries.

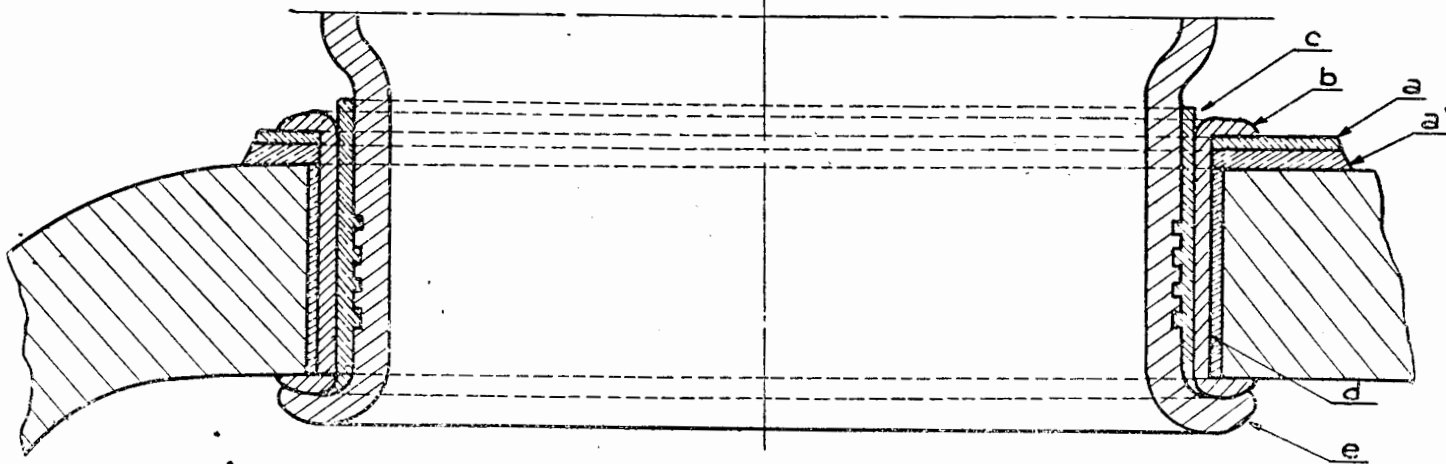
Le mode de réparation par bagues en acier rivées système « Gallon » n'est pratiquement plus employé, mais nous le citerons néanmoins à titre documentaire. On emploie plus généralement le mode de réparation par bagues en cuivre vissées et rivées.

Les applications de ces deux procédés de réparation peuvent être renouvelées plusieurs

a a'	Plaquette cuivre
b	Bague cc. étiré sans soudure
c	Virole cuivre rouge
d	_____ d' _____
e	Tube



Coupe a b



Coupe abcdef

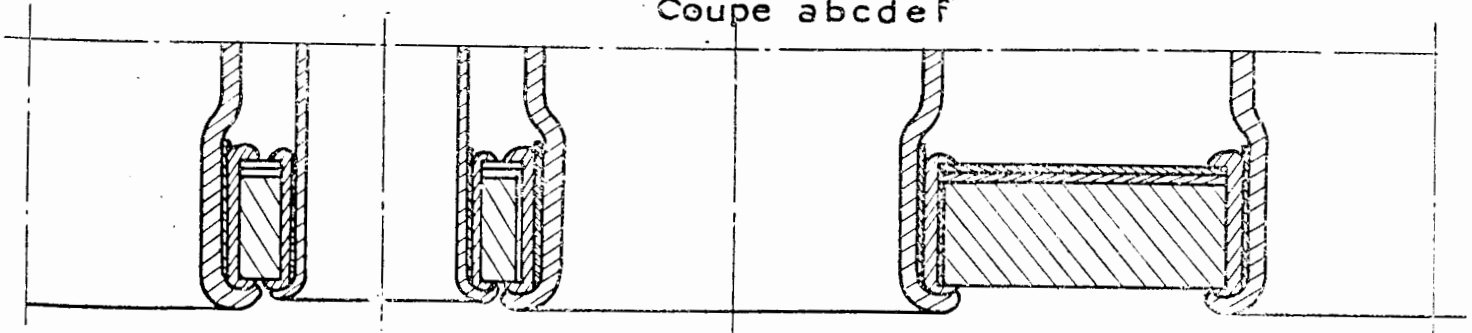


Fig. 64

fois, sur un même emplacement, ou augmentées d'étendue si cela est nécessaire, pour prolonger la durée des plaques, jusqu'au moment où l'usure des autres parties du foyer justifie la rentrée des chaudières en Grande Réparation.

a) Application de bagues en acier « Système Gallon ».

Cas de cloisons entre tubes surchauffeurs et petits tubes à fumée (fig. 64).

Cette réparation comporte essentiellement :

- l'application, sur la face côté eau, de deux plaquettes (a) et (a') en cuivre de 2 mm. d'épaisseur, superposées pour former ainsi un voile obturateur;

- le montage de bagues de fixation (b), en acier doux, étiré sans soudure, de 3 mm. d'épaisseur, serties à leurs extrémités;

- l'application de viroles (c), en cuivre rouge, découpées dans du tube ayant 1,5 à 2 mm. d'épaisseur, placées à l'intérieur des bagues Gallon, pour éviter le contact acier sur acier du tube et de la bague;

- le montage éventuel de fourrures en cuivre rouge (d), d'épaisseur variable ayant pour but de réduire le diamètre de certains alvéoles, très agrandis par suite de mandrinage de bagues en acier.

Les plaquettes doivent recouvrir, non seulement les cloisons fissurées mais, autant que possible, une rangée de cloisons saines sur le pourtour de celles fissurées.

Procéder comme suit :

- Mener soigneusement les lèvres des fissures des cloisons. Aléser les alvéoles compris dans la zone avariée et ceux circonscrivant immédiatement cette zone, pour permettre l'introduction des bagues en acier doux. Le diamètre extérieur de ces bagues doit être supérieur de 7 mm. à celui des tubes correspondants qui conservent leur dimension d'origine.

Cependant, quand les cloisons entre alvéoles ont déjà d'origine une faible largeur, il y a intérêt à ne pas trop les réduire. Dans ce cas, on alèse les alvéoles à un diamètre moindre que celui indiqué ci-dessus pour permettre l'emploi de bagues de plus petit diamètre. Les tubes à fumée sont à rétrécir d'autant.

- Rectifier la partie à recouvrir de plaquettes, de façon à obtenir une surface continue, sans ressauts brusques; ces surfaces peuvent toutefois conserver les ondulations d'une plaque déformée dont on n'a pas intérêt à réduire l'épaisseur.

- Rectifier la surface côté foyer de la plaque tubulaire intéressant le faisceau, comme pour le remplacement habituel des tubulures.

- Présenter, tracer, découper les plaquettes et les former pour qu'elles épousent les ondulations de la plaque.

- Aléser les plaquettes sur place dans cette position, les ébarber, les recuire et les placer définitivement.

- Introduire les bagues en acier dans les alvéoles.

- Mandriner légèrement ces bagues en observant une saillie de 8 à 10 mm. de chaque côté de la plaque.

- Rabattre les extrémités des bagues à l'aide des appareils à border, en procédant d'abord du côté eau.

Après le bordage, les plaquettes doivent être appuyées entre les collerettes, à l'aide d'un poinçon en bois et, sur leur pourtour extérieur, à l'aide d'un matoir en acier strié.

Les viroles en cuivre recuit de 1 mm. d'épaisseur sont ensuite placées dans les bagues et légèrement mandrinées, puis les tubes sont posés et mandrinés à la façon ordinaire et rabattus à l'aide des appareils à border suivant le mode habituel.

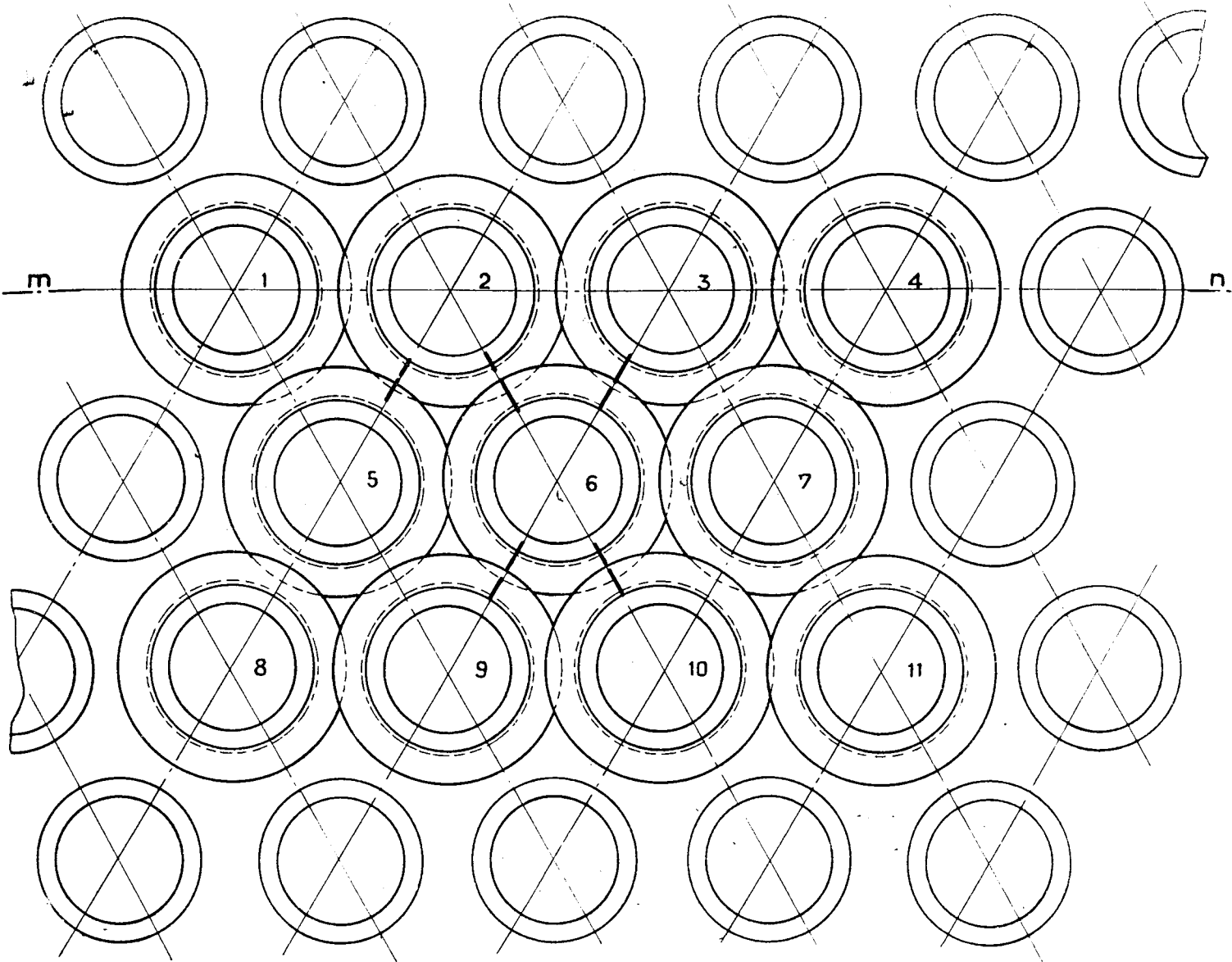
b) Application de bagues en cuivre rouge, vissées et rivées (fig. 65).

Les alvéoles qui enveloppent les cassures et ceux immédiatement voisins sont alésés et filetés.

Des bagues en cuivre rouge, alésées au diamètre de rétrécissement d'origine des tubes à fumée, sont vissées dans les alvéoles. Leur longueur est réglée de façon à dépasser suffisamment côté eau et côté feu pour permettre le rivetage.

Ces bagues sont ensuite rabattues des deux côtés de la plaque tubulaire, la rivure de chaque bague recouvrant la ou les rivures voisines. De cette façon, la cassure ou l'amorce de cassure, est masquée par une épaisseur de cuivre rouge.

Dans l'emploi donné, l'ordre de rivetage des bagues est indiqué.



Coupe m n

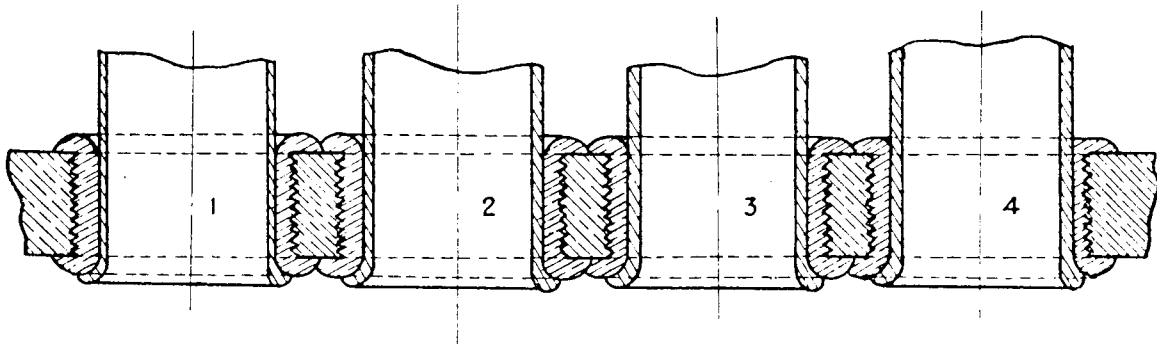


Fig. 65

c) **Application de bagues en cuivre rouge, vissées et rivées, avec interposition, côté eau, d'une platine en cuivre rouge de 2 mm. (fig. 66).**

Ce mode de réparation est dérivé à la fois du procédé Gallon et du procédé de réparation par bagues filetées.

Les bagues filetées ont, côté eau, une embase qui vient s'appliquer sur la platine en

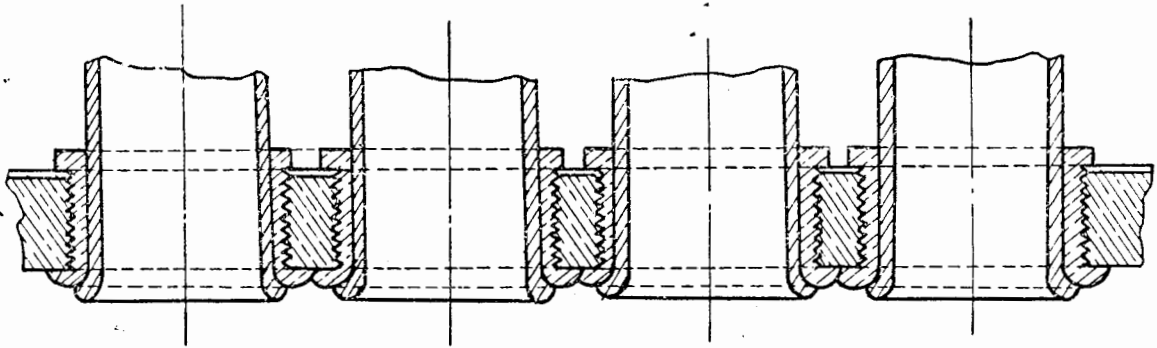


Fig. 66

cuivre rouge de 2 mm. d'épaisseur posée sur la plaque tubulaire. Cette platine est préparée comme indiqué à la figure 64.

La fuite par la cassure est ainsi masquée des deux côtés : par la plaquette, côté eau, par les bagues qui se superposent, côté feu.

d) **Application d'une pièce en queue d'aronde consolidée par bagues vissées et rivées.**

Cette réparation convient lorsqu'il s'agit d'une cassure isolée. Elle permet d'étancher la fuite en évitant de détuber la chaudière, le retrait des deux tubes intéressés étant seulement effectué.

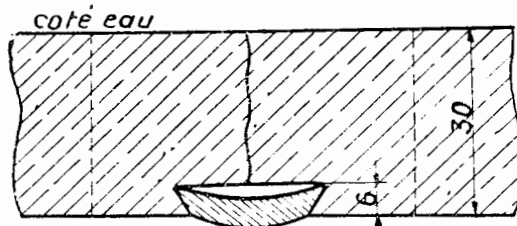


Fig. 67

Une rainure en queue d'aronde est pratiquée dans la plaque tubulaire suivant l'axe de la fissure, sur une profondeur égale au $1/6$ de l'épaisseur de cette plaque. Une pièce en cuivre rouge d'une épaisseur approximativement égale à la profondeur de la rainure et de forme bombée est ajustée dans la rainure (fig. 67).

L'emmanchement de cette pièce s'effectue avec un très léger serrage et, par matage, elle remplit complètement la rainure recouvrant ainsi la fissure sans l'ouvrir.

Les bagues sont ensuite vissées et rivées avec recouvrement de la plaquette pour consolider la réparation.

5° **Cassures dans les arrondis de bords rabattus verticaux intéressant le faisceau tubulaire.**

La partie fissurée est découpée. Il est appliqué une pièce côté feu (fig. 68).

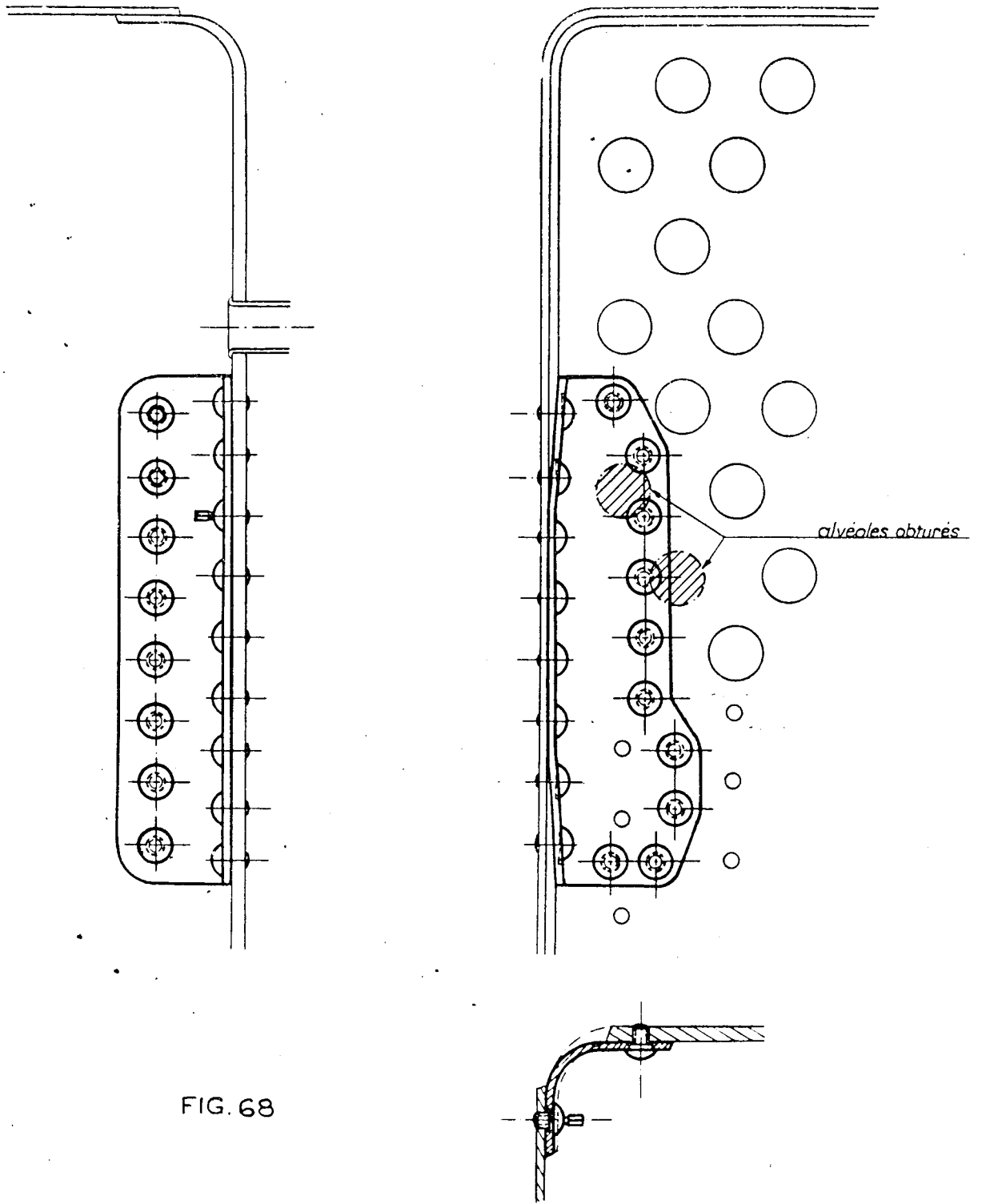


FIG. 68

Le bord fissuré est enlevé sur toute la hauteur de la cassure. La cornière s'étend sur la plaque tubulaire au-delà des cassures entre alvéoles. Cette cornière est fixée sur

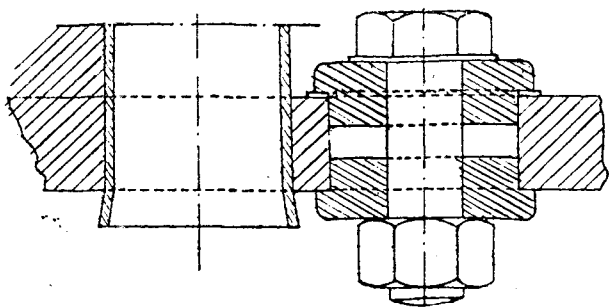


Fig. 70

la paroi et la plaque tubulaire à l'aide de vis ou de boulons à têtes fraisées. On bouche le nombre utile de tubes permettant l'accrochage de l'aile de la cornière avec des bouchons filetés. Les alvéoles correspondants, dans la plaque tubulaire de boîte à fumée, sont obturés par des bague à embase (fig. 70).

L'emploi de tubes borgnes, sertis dans cette plaque pour obturer les alvéoles, ne présentant aucune sécurité, est interdit formellement.

6° Cassure dans l'arrondi du bord rabattu supérieur de plaque tubulaire.

a) La partie fissurée est découpée.

Ce type de réparation est réalisé lorsqu'il existe une rangée de petits tubes à fumée entre les tubes surchauffe et l'arrondi.

On applique, côté feu, une cornière en cuivre rouge, suivant les indications de la figure 72.

La réparation consiste à découper la partie de la plaque avariée de façon à faire disparaître complètement la fissure et à créer une ouverture dont les extrémités sont arrondies.

Des parties du bord rabattu horizontal de la plaque sont conservées et taillées en sifflets pour assemblage de la cornière rapportée. Cette dernière est fixée à la plaque tubulaire et au ciel de foyer par rivets. Pour améliorer cette fixation, les alvéoles des petits tubes à fumée supérieurs ont été bouchés à l'aide de bouchons vissés.

A remarquer que le découpage de la plaque tubulaire au-dessus des tubes surchauffe ne leur laisse qu'une cloison de faible hauteur. Aussi, en cas de fuite, est-il indiqué de ne les mandriner qu'avec le plus grand soin pour ne pas rompre ou déformer cette cloison.

Si les fuites se renouvellent, il est préférable d'enlever le tube et de le remplacer en ayant soin, pendant le mandrinage, d'étayer par-dessus, les interstices supérieurs de la plaque tubulaire, en prenant appui sur la boîte à feu.

b) La partie fissurée de l'arrondi supérieur n'est pas découpée.

Ce type de réparation est réalisé lorsque l'état des autres éléments de foyer est susceptible de permettre l'usage d'un nouveau levage, ou lorsque la rangée supérieure de tubes surchauffe tangente la naissance de l'arrondi supérieur de plaque.

Son application donne lieu (voir fig. 48 et 49) :

— à l'arrêt de la fissure par le perçage de deux trous à chacune de ses extrémités. Ces trous sont obstrués par deux goujons en laiton;

— à la préparation d'une pièce en cuivre de forme appropriée et de longueur notablement supérieure à celle de la fissure;

— au rapprochement des lèvres de la fissure par un matage convenable fait exclusive-

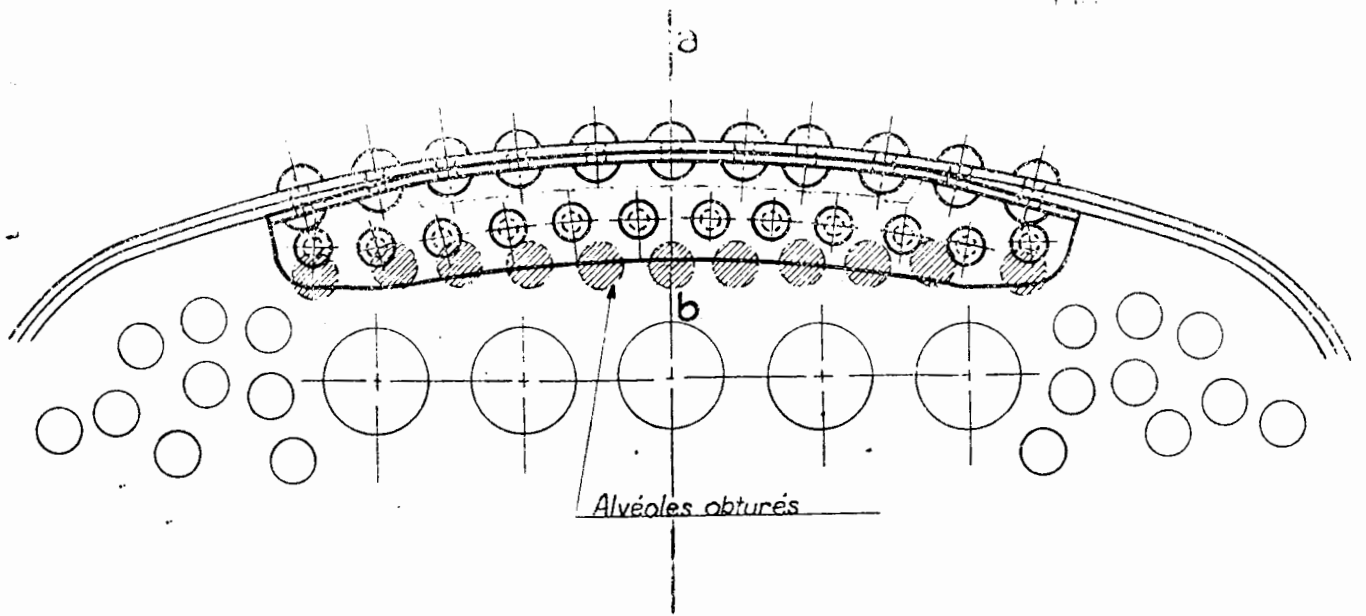
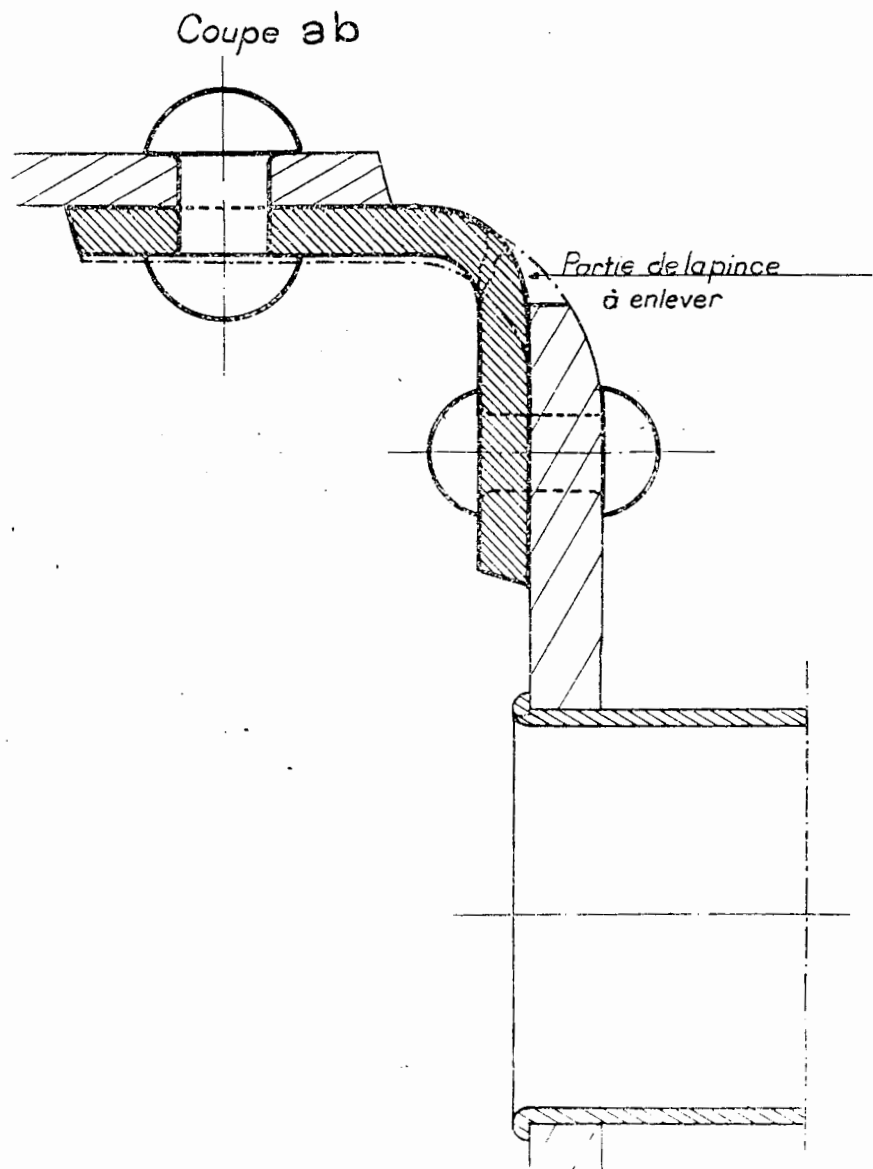


FIG. 72



Coupe ab.

Coupe cd.

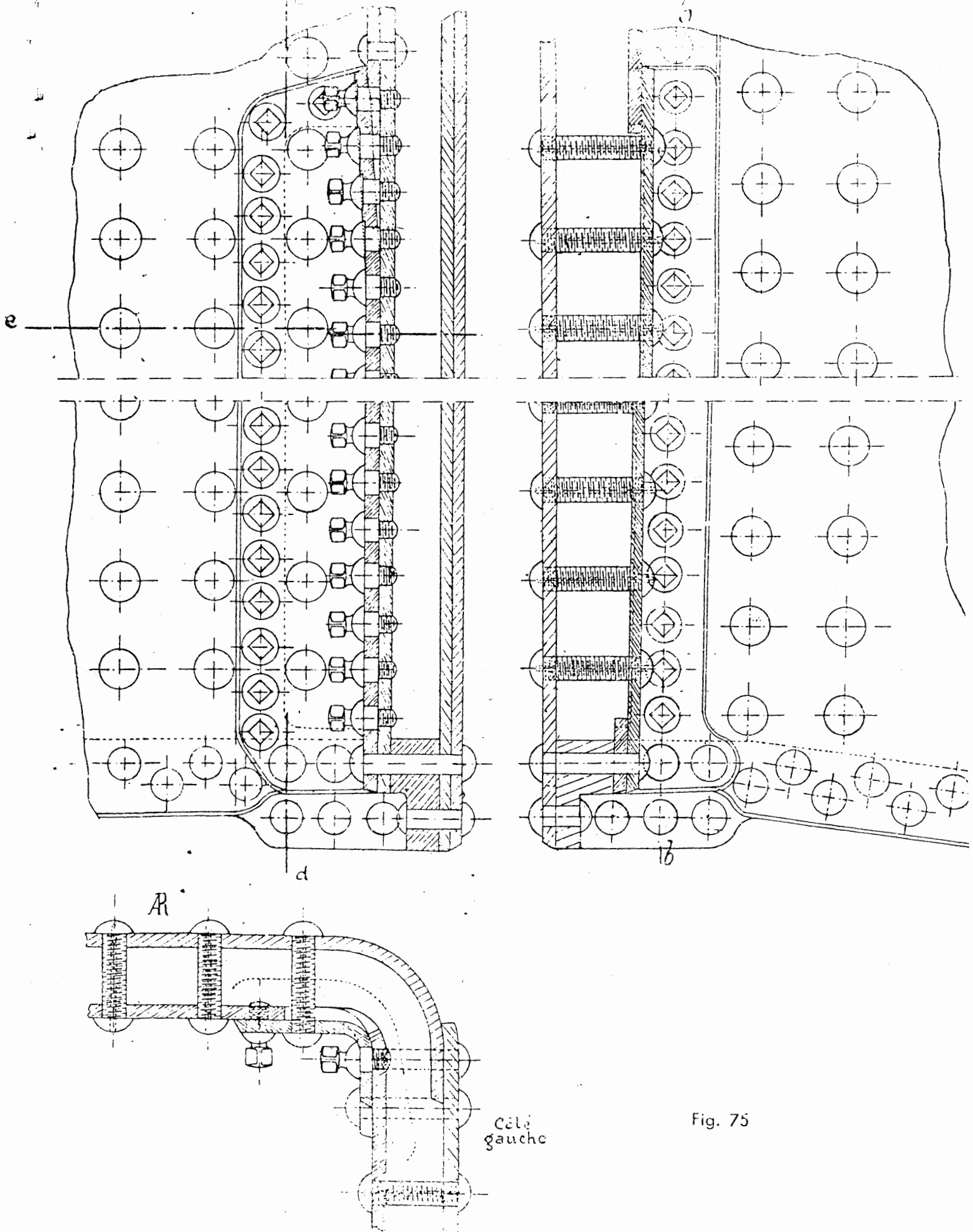


Fig. 75

ment par l'intérieur de la chaudière ou encore à son obstruction par une cale en sifflet, matée dans la fissure, puis affleurée.

à la substitution de bouillons aux rivets d'origine d'assemblage sur le ciel;

au percage dans la plaque tubulaire, côté eau, de trous borgnes qui sont ensuite filetés pour recevoir les vis de serrage.

A défaut de pouvoir mater le pourtour de la pièce, l'étanchéité est obtenue, d'une part, par le rapprochement des lèvres de la fissure, d'autre part, par un ajustage parfait de la pièce sur la surface environnant la fissure.

Aucune matière plastique formant joint ne doit être interposée entre la plaque et la pièce.

Cette réparation, effectuée généralement après détubage, peut cependant être réalisée sans enlever les tubes. Usinée et mise en place dans de bonnes conditions, elle peut conserver une bonne tenue pendant le parcours de deux à trois levages.

7° Avaries communes aux plaques avant et arrière de foyer.

— CASSURES DANS LES ARRONDIS DES BORDS VERTICAUX :

--- DE LA PLAQUE AVANT DU FOYER N'INTÉRESSANT PAS LE FAISCEAU TUBULAIRE;

--- DANS LES ARRONDIS VERTICAUX DE LA PLAQUE ARRIÈRE;

La réparation est la même pour les deux plaques.

Cette réparation donne lieu (*fig. 75*) :

--- au découpage du bord rabattu et de la plaque comme il est indiqué suivant tracé pointillé;

--- à la formation de deux pinces taillées au burin;

--- au remplacement des entretoises comprises dans la pièce;

--- à la substitution de vis aux rivets anciens;

--- à l'application d'une cornière formée et ajustée fixée sur son pourtour par des vis à tête ronde avec appendice ou par des boulons avec écrous à queue.

Le découpage préalable de la plaque doit toujours être étendu jusqu'à la disparition de toutes traces de fissures dans le métal.

La pièce doit être matée sur son pourtour.

Remarque : Lorsque la cassure du bord rabattu n'atteint pas le cadre du foyer, la pièce n'est pas abaissée jusqu'à ce dernier.

8° Avaries et réparation de plaques arrière de foyer.

a) Usure des têtes de rivets de la pince du cadre de porte de foyer.

La pince ne présentant ni cassure, ni fissure, les rivets peuvent être remplacés; la pince est reformée avant mise en place des rivets de remplacement.

Il y a lieu d'aléser les trous de rivets s'il y a défaut de concordance entre les trois parties assemblées.

Les rivets peuvent, dans certains cas, n'être pas remplacés; la pince est reformée et les têtes de rivets sont resserrées à froid en appuyant énergiquement sur la tête opposée.

La tête côté foyer peut aussi être resserrée après avoir été chauffée au chalumeau.

b) Corrosions, usure ou fissure de la pince du cadre de porte de foyer.

La réparation la plus simple est celle de la *figure 76* mais elle ne doit être envisagée que dans le cas où il s'agit de prolonger le service d'une machine devant entrer en GR dans un délai assez rapproché.

La bande de cuivre rouge appliquée intéresse, suivant le cas, tout ou partie du pourtour du cadre et donne lieu à l'enlèvement des rivets existants, à la formation d'une pince inclinée taillée au burin, à l'alésage des trous du cadre qui reçoivent de nouveaux rivets placés sans jeu et fortement rivés. La couronne en cuivre doit être matée sur son pourtour.

c) Corrosions ou fissures de la plaque à la partie inférieure du pourtour de cadre de porte de foyer (fig. 77).

Cette réparation doit être appliquée lorsque le cadre est en bon état ainsi que les bords supérieurs de la plaque.

Elle comporte :

-- l'enlèvement des rivets et entretoises compris dans la partie d'application de la pièce;

-- le découpage de la plaque suivant le tracé pointillé;

-- la formation des pinces étirées taillées à demi-hauteur de l'ouverture du cadre;

-- l'application d'une pièce formée comme il est indiqué *figure 77*. Cette pièce est fixée sur le cadre par de nouveaux rivets, sur la plaque par des vis à appendice à tête ronde avec listel et par les entretoises.

On doit éviter d'intercaler des entretoises avec les vis de fixation. Lorsque le cas se présente pour quelques-unes seulement, tel que (a), on doit avoir recours à des entretoises à tête façonnée.

Une pièce analogue est mise dans le cas de corrosions, usure ou fissure de la plaque à la partie supérieure du pourtour du cadre.

d) Corrosions, usure ou fissures de la plaque sur le pourtour complet du cadre de porte de foyer.

Cette réparation consiste à mettre le cadre complètement à nu, en découpant la plaque, et à appliquer une pièce emboutie fixée par les rivets du cadre, les entretoises de lame d'eau et des vis à tête ronde avec appendice.

Cette pièce ne doit être appliquée que si le cadre est en bon état. Dans le cas contraire, il y a intérêt à remplacer le cadre par un autre plus épais de façon à appliquer une pièce plane.

9°. Avaries des parois latérales de foyer et réparation.

a) Cassure de la paroi donnant lieu à fuite ou usures localisées ne permettant plus de fixer convenablement les entretoises.

La paroi doit être découpée suivant toute l'étendue des criques ou de l'usure. La pièce rapportée est fixée, d'une part, par des vis à appendice à tête ronde comportant le listel ou la bavure de matage, d'autre part, par les entretoises de lames d'eau.

La *figure 80* montre l'application de la pièce avec vis à appendice sans écrou.

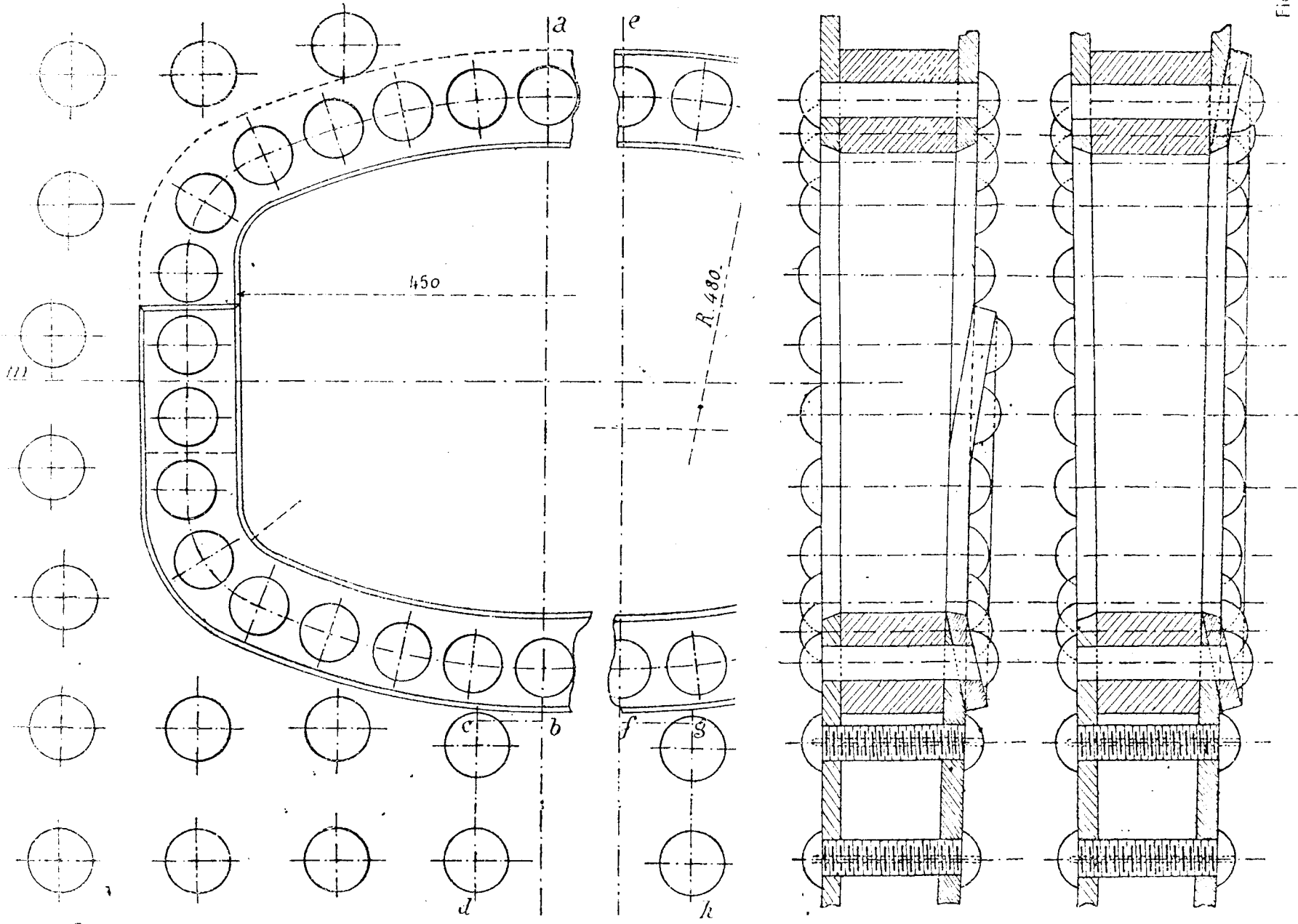
Lorsqu'il existe des bombements de la paroi, à proximité de la pièce, ceux-ci doivent

Elevations

Coupe abcd

Coupe efg h

Fig. 76



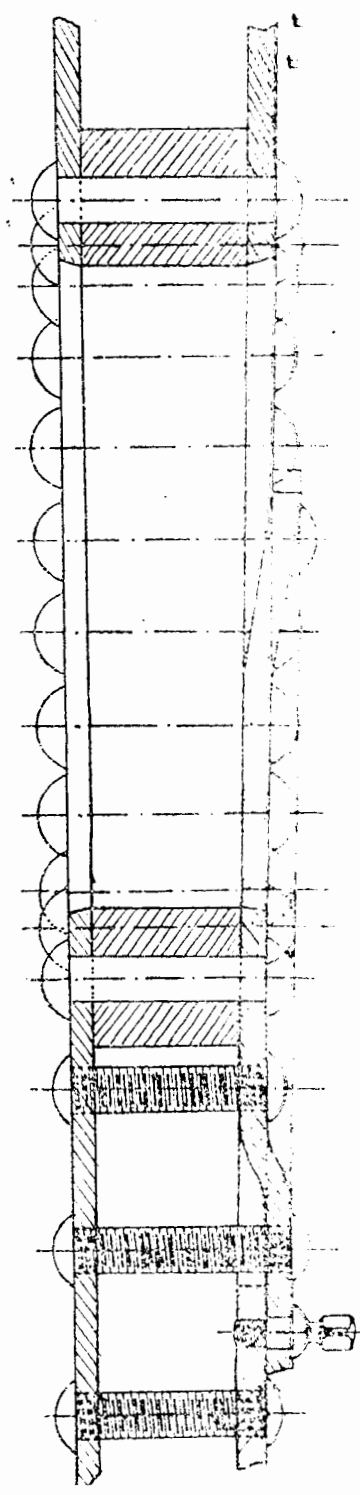
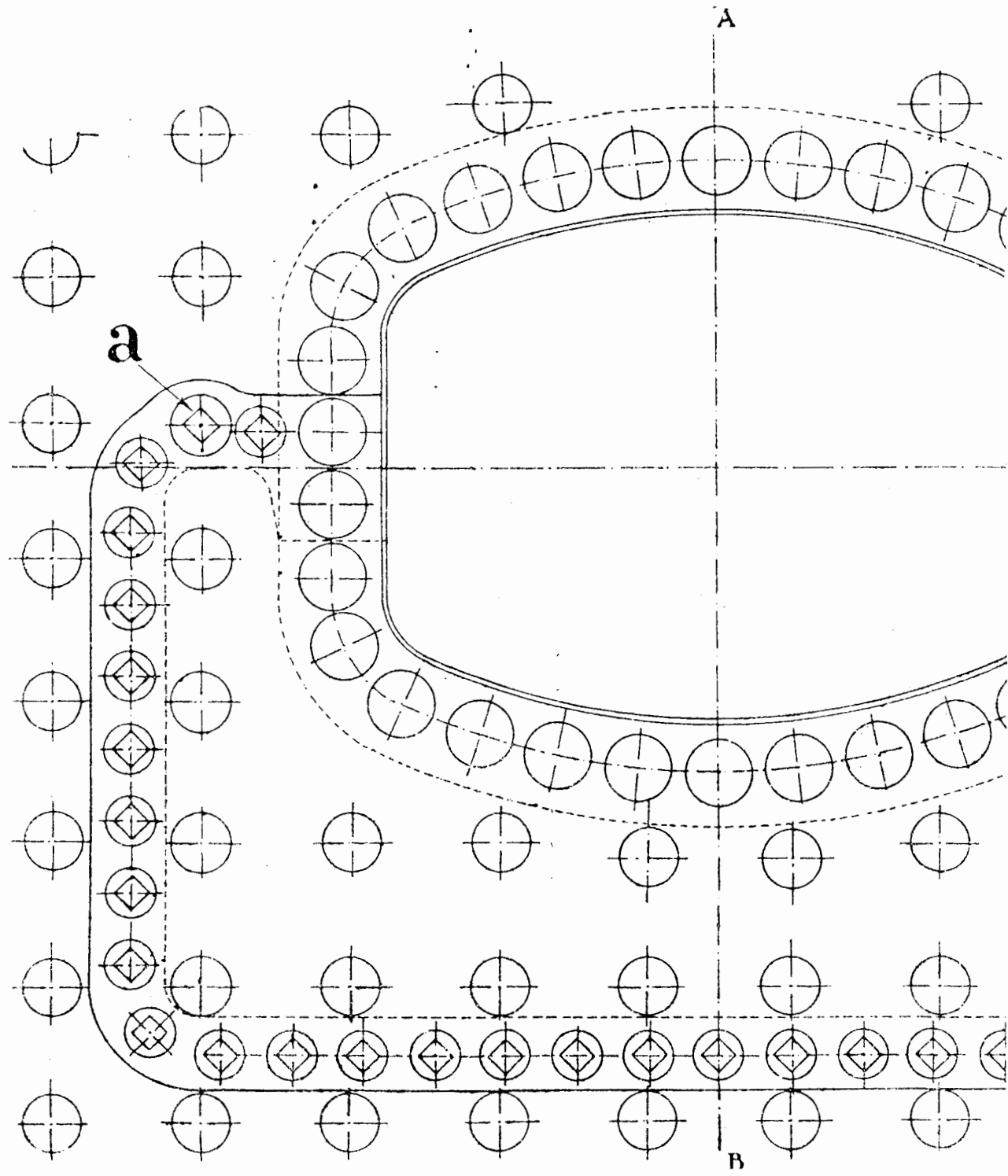


Fig. 77

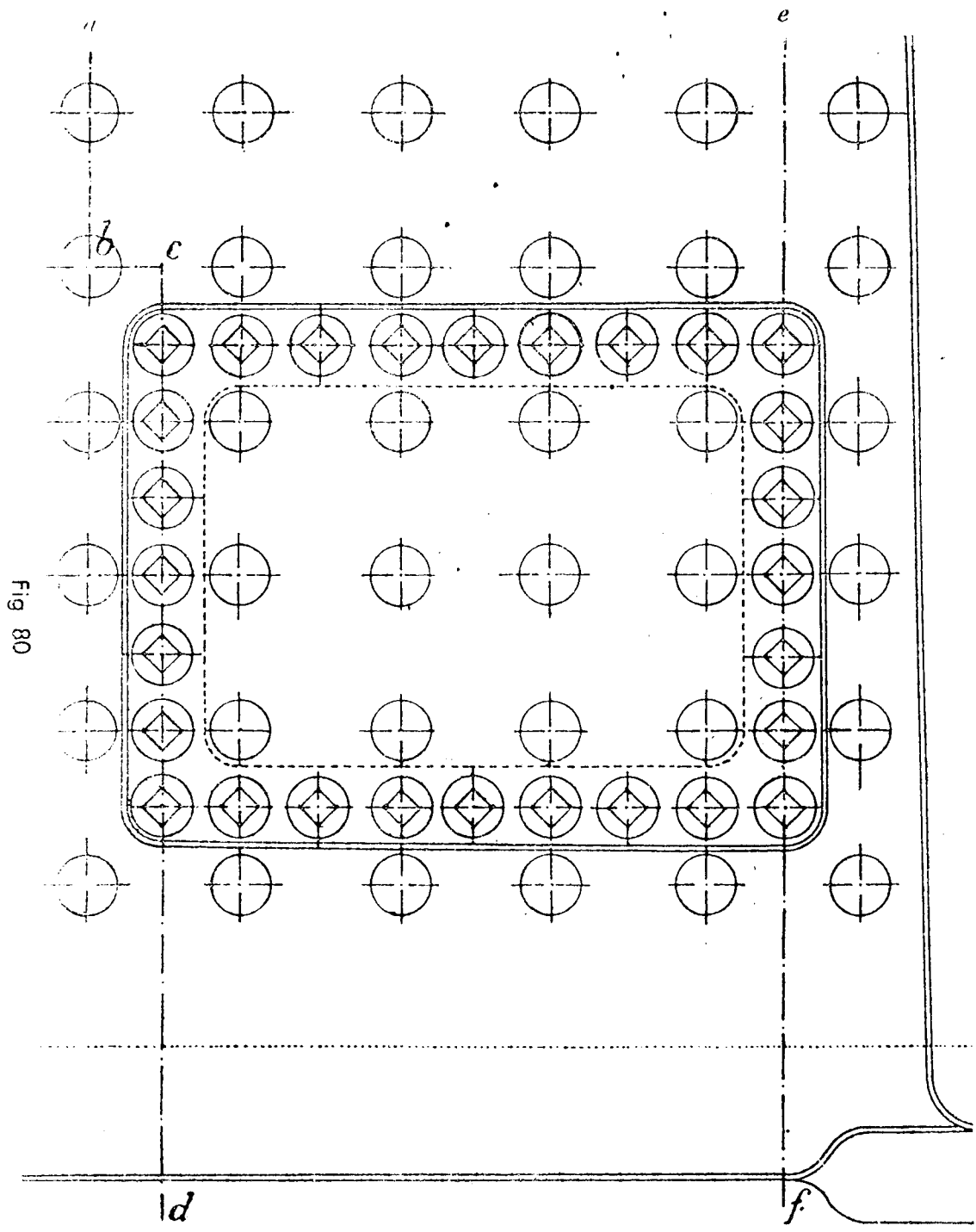
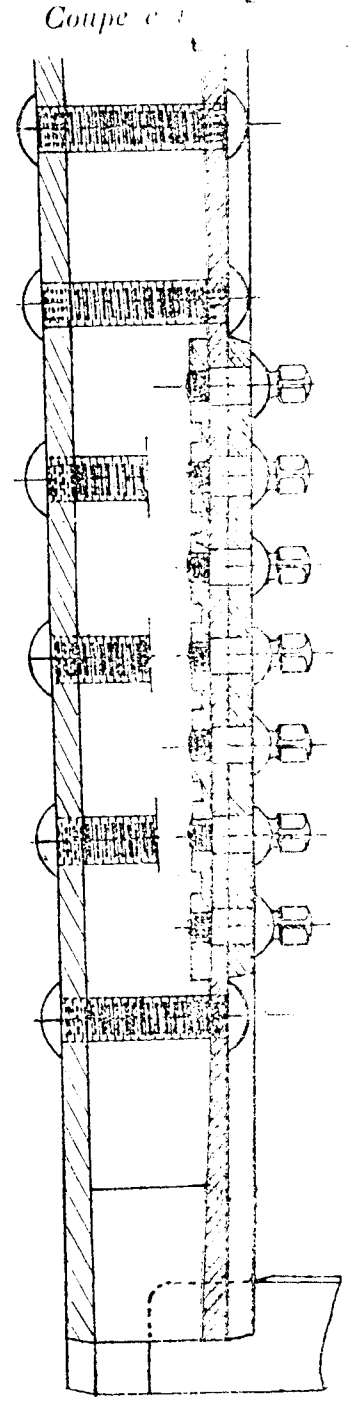
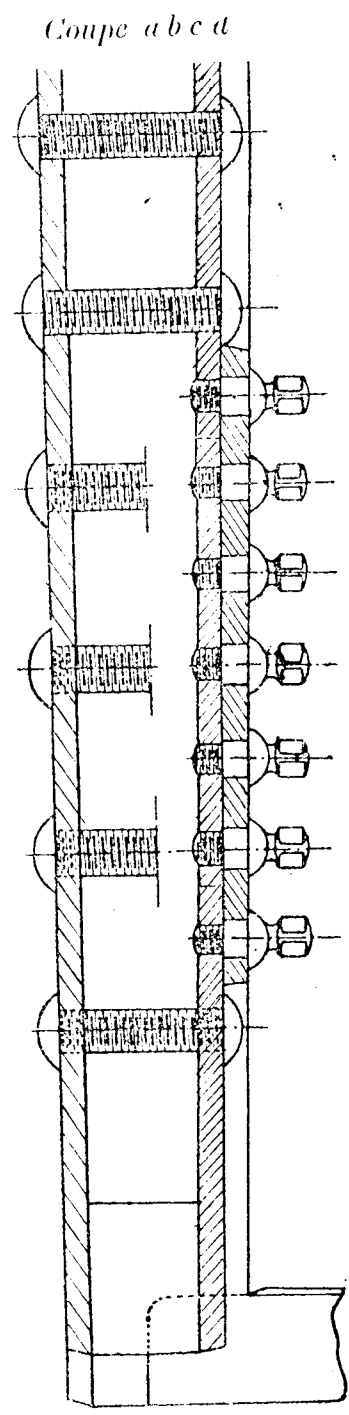


Fig 80



être repoussés au marteau et à la chasse à parer puis les entretoises de ces régions remplacées avant la pose de la pièce.

Si l'épaisseur de la paroi, réduite par suite d'usure, ne présente pas les garanties voulues

Coupe a b

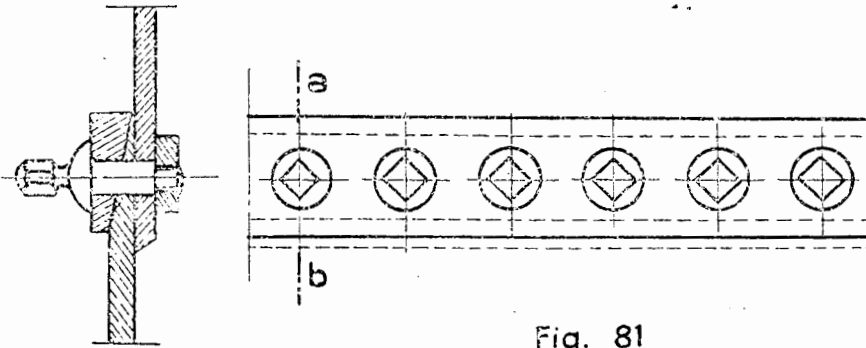


Fig. 81

Coupe a b

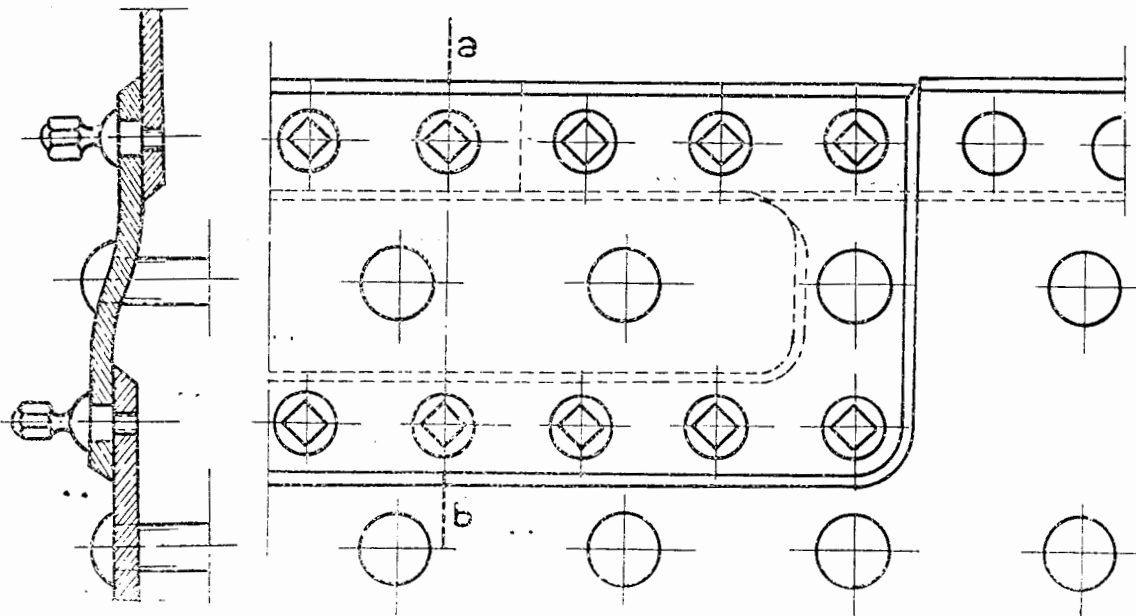


Fig. 82

pour la tenue des vis, on doit disposer, sur sa face intérieure, des bandes étroites en fer percées et taraudées constituant des écrous (coupe *ef*).

Quand les deux dimensions de la partie découpée dans la paroi, la forme de la lame d'eau et le nombre d'entretoises retirées s'y prêtent, on peut placer la pièce à l'intérieur de la lame d'eau.

Coupe a b

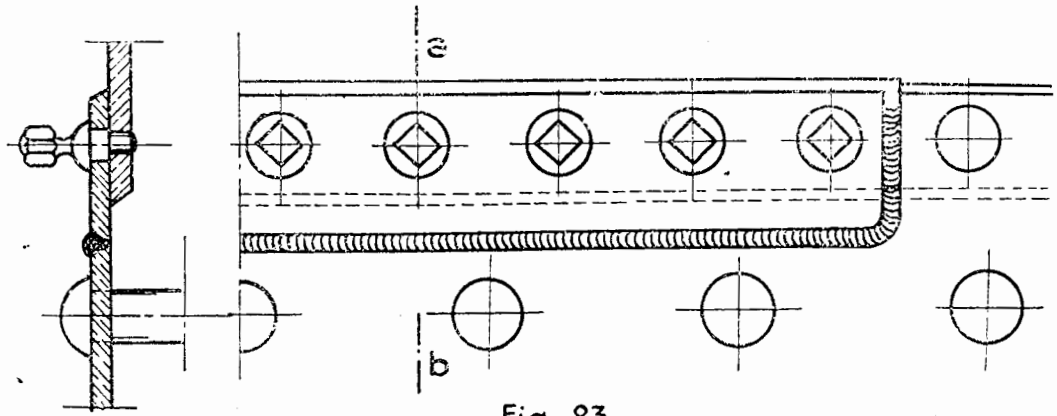


Fig. 83

Coupe a b

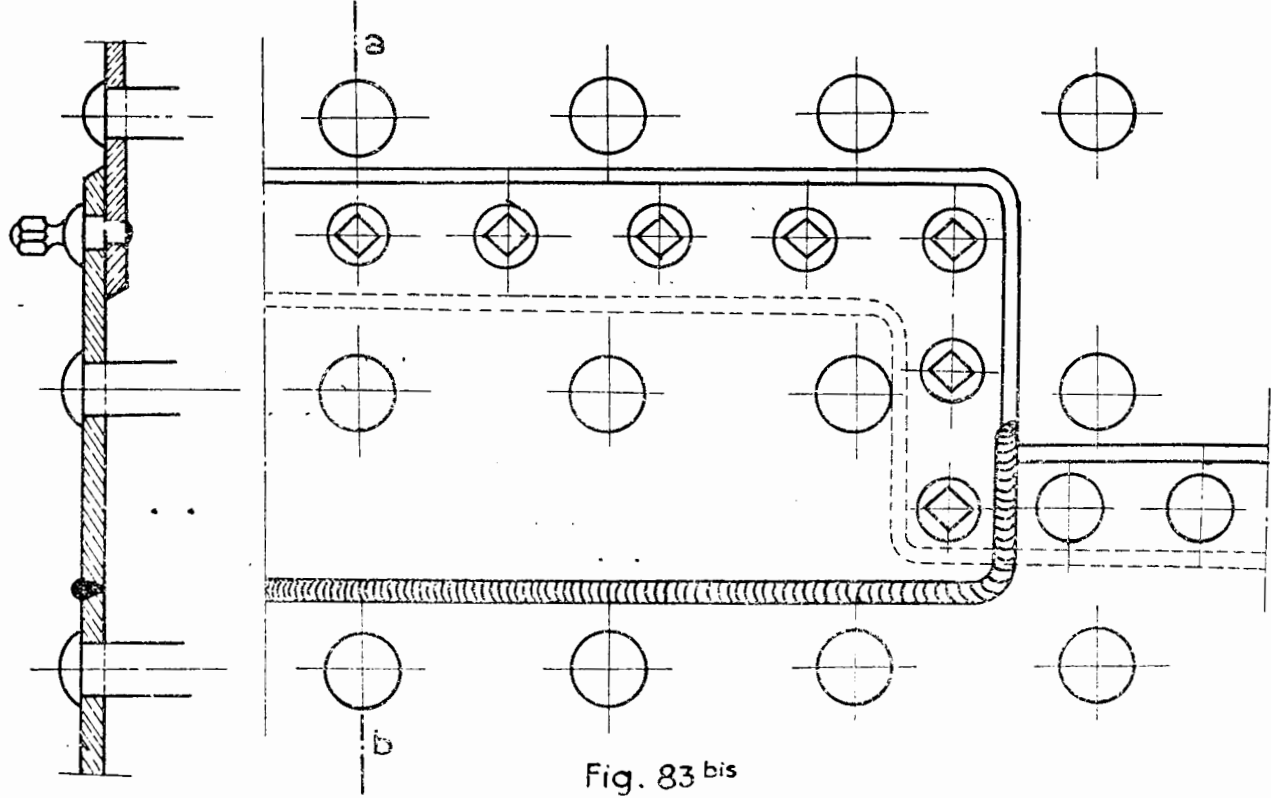


Fig. 83 bis

La pièce est alors appuyée sur la paroi par la pression intérieure et le filetage pour la fixation des vis, se trouvant dans une paroi neuve, dispense de l'emploi d'écrous.

b) Usure de la clouure des demi-flancs rapportés aux parois.

La bonne tenue de ces clouures n'est que de durée limitée surtout quand elles se trouvent à peu de distance du charbon incandescent. Les rivets sont parfois à tête fraisée la longueur étant limitée par la largeur de la lame d'eau dans laquelle il faut qu'ils passent pour leur mise en place. Les matages de la pince, quand ils se succèdent, ébraulent ces rivets, d'où fuite prématurée.

La pince étant réduite d'épaisseur, il est parfois impossible de la reformer pour simple remplacement des rivets.

(A noter que la pose des demi-flancs par soudure fait disparaître les inconvénients de la clouure. Quand celle-ci est inévitable, les Grands Ateliers doivent s'efforcer de la placer le plus haut possible (cote à fixer pour chaque série de machines) (1) et de n'utiliser que des rivets à tête ronde).

1° Quand la machine a peu de parcours à faire pour atteindre le levage, on peut exceptionnellement appliquer sur cette pince taillée en biseau, une languette de cuivre rouge comme le montre la *figure 81*.

2° Application d'une pièce après découpage de la partie usée de la pince d'assemblage.

Quand le métal séparant les bords des rivets et la pince est trop réduit (ou rompu), il faut découper l'assemblage des 1/2 flancs et appliquer une pièce suivant les indications de la *figure 82*.

La jonction de la pièce rapportée et des deux parties de flancs est obtenue en étirant une pince dans le 1/2 flanc à réparer.

Afin d'éviter le travail compliqué de pinces en trois épaisseurs aux extrémités longitudinales de la pièce, il peut être préférable d'employer une solution mixte qui consiste à souder la pièce sur le 1/2 flanc inférieur préalablement découpé. La jonction avec la partie supérieure s'obtient par vis suivant la *figure 83*.

La pièce peut encore être prévue comme indiqué à la *figure 83 bis*.

10° Ciel de foyer.

a) Remplacement des écrous de tirants après coup de feu.

Lorsqu'une machine a subi un coup de feu, des fuites se déclarent le plus souvent sous les écrous de tirants de ciel de foyer, sans que le resserrage puisse être utilement employé. Les écrous sont retirés, la plaque est examinée pour découvrir les amorces de fissures ayant pu prendre naissance dans les trous de tirants et, si elles n'existent pas, à l'aide d'une fraise spéciale, on lame très légèrement la portée des écrous sur le ciel. Une rondelle en cuivre rouge peut être interposée, s'il y a lieu, entre l'écrou et cette portée afin de rétablir l'étanchéité.

Si le ciel ne présente pas une surface plane, une rondelle en cuivre de forme est ajustée et placée entre le ciel et l'écrou. Il est interdit d'interposer des rondelles d'amiante sous les écrous de tirants : l'étanchéité ainsi obtenue n'est pas durable : l'écrou, isolé du ciel, est insuffisamment refroidi et s'use plus rapidement.

b) Déplacement des bouchons fusibles.

Lorsqu'à force de réalésages, les orifices de bouchons fusibles atteignent 12 mm., les

(1) Pour les Pacific la clouure doit se trouver : pour la première pose de demi-flanc entre les septième et huitième lignes d'entretoises à partir du ciel, pour la deuxième pose de demi-flanc entre les sixième et septième.

bouchons doivent être déplacés. Il convient de boucher l'orifice agrandi par un bouchon plein de même forme que le bouchon fusible. Un nouveau trou est percé de façon à placer un bouchon fusible au diamètre d'origine : 33 mm. Entre le bouchon plein et le bouchon fusible, il doit exister au moins une rangée de tirants. Le bouchon plein peut aussi avoir une embase avec joint placé côté eau et un écrou côté feu (*fig. 84*).

c) Application d'une pièce en plein ciel.

L'application est réalisée, comme pour la pose d'une pièce en pleine paroi, donnée par la *figure 80*. Toutefois, la pièce est placée de préférence côté eau. Les tirants intéressant la

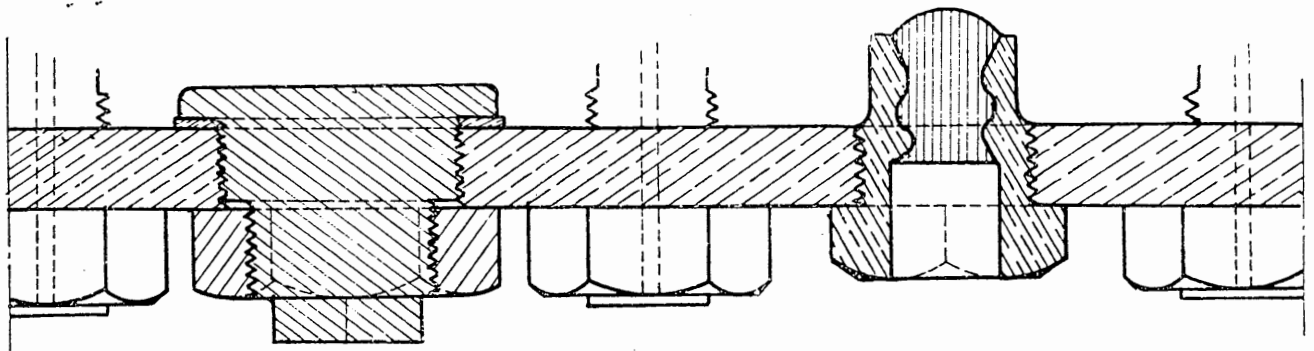


Fig. 84

pièce peuvent avoir, par rapport aux autres, une différence de longueur correspondant à l'épaisseur de la pièce rapportée.

Cependant, on peut éviter l'utilisation de tirants spéciaux en soudant les bords Avant et Arrière de la pièce pour la placer dans la position de la partie enlevée.

d) Application d'une pièce au ras de la pince horizontale de la plaque arrière ou de la plaque tubulaire (*fig. 85*).

Le ciel est découpé et la pièce est fixée par vis appendice sur le ciel (de préférence côté eau), par boulons ou rivets sur la pince horizontale du bord rabattu de la plaque AV ou de la plaque AR. Une telle pièce doit comporter au moins deux rangées de tirants.

Cette réparation est effectuée quand, par suite des déformations de l'angle horizontal de la plaque tubulaire, la pince du ciel de foyer est fissurée sur une longueur de 500 à 700 mm. suivant les séries de machines.

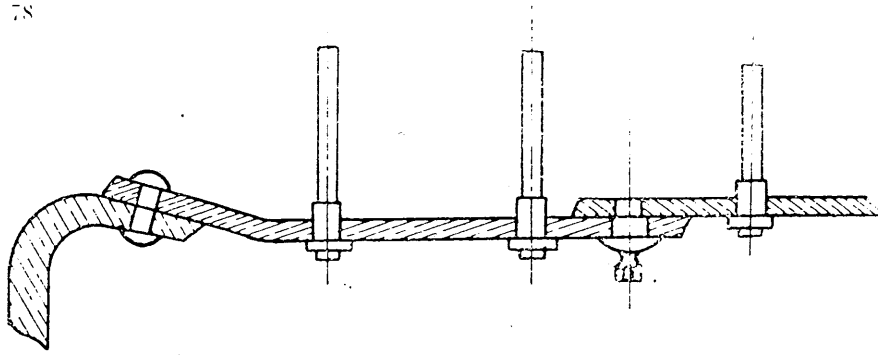
La pièce est ajustée à la demande de la pince déformée, à moins que ne soit opérée au préalable une rectification de cette pince qui cependant peut parfois présenter l'inconvénient de provoquer la naissance de criques dans l'arrondi puis des ruptures ultérieures.

Pour les deux cas d'applications de pièces, il faut se préoccuper de la variation possible de position du bouchon fusible, s'il est placé dans la pièce rapportée et rectifier la position de l'indicateur « Niveau minimum » en conséquence s'il y a lieu.

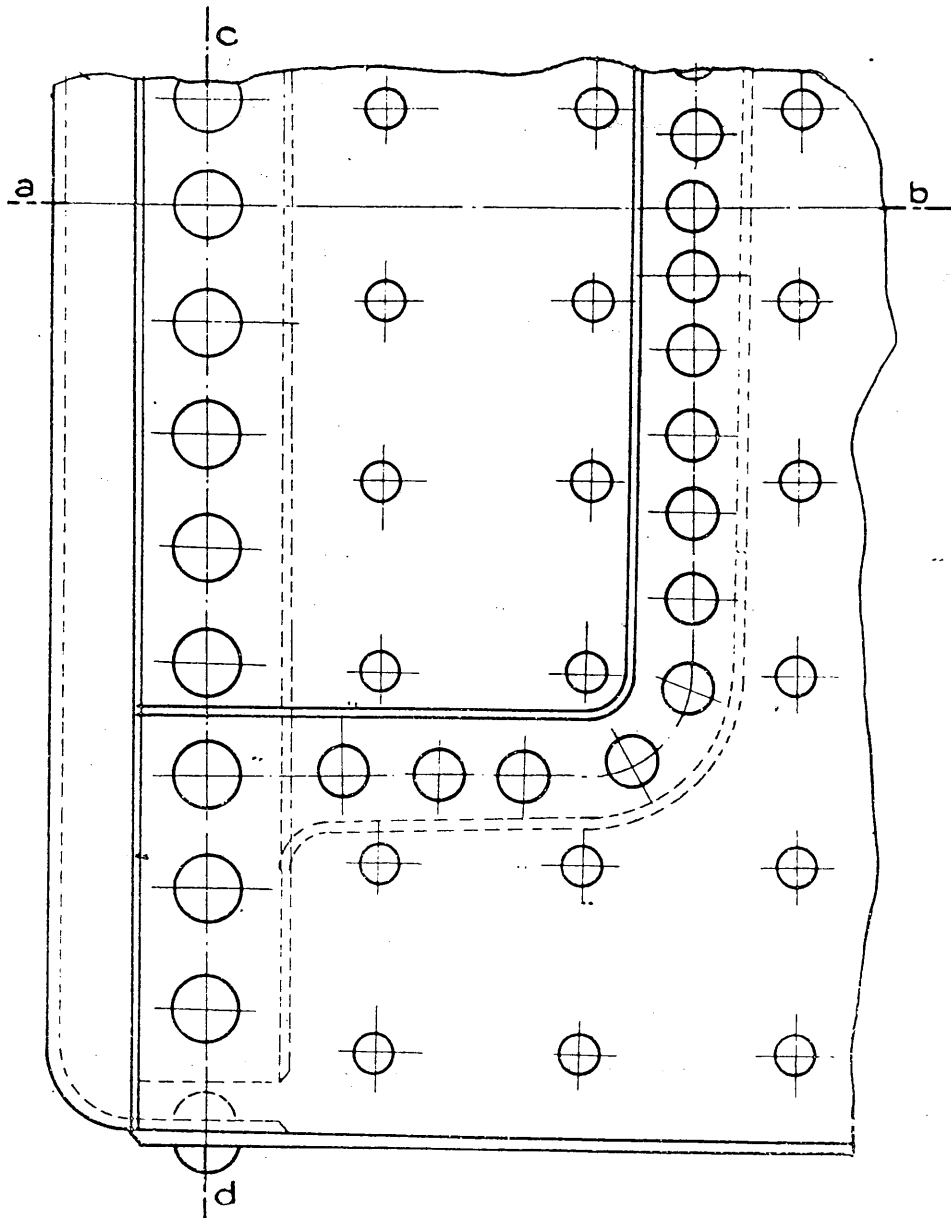
11° Assemblage des plaques de foyer avec le cadre de fondation.

Le remplacement des rivets par d'autres rivets n'est pas toujours possible et on est parfois dans l'obligation de les remplacer par des boulons.

La mise en place du boulon dans le trou de rivet qui doit être réalisé n'est pas toujours



Ciel de foyer, côté eau



Coupe cd

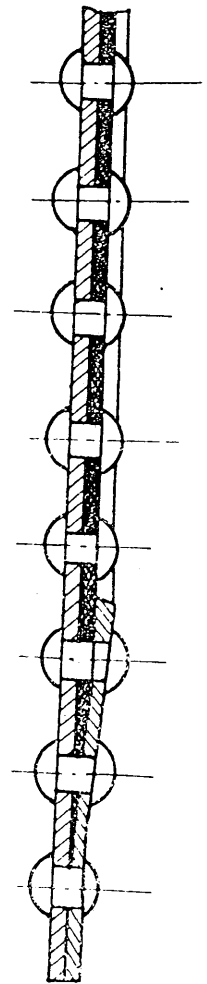


Fig. 85

exécutable de l'extérieur à l'intérieur. On est alors réduit à passer le bouton par l'intérieur la tête étant ajustée dans la fraisure ménagée dans le trou de la plaque de foyer.

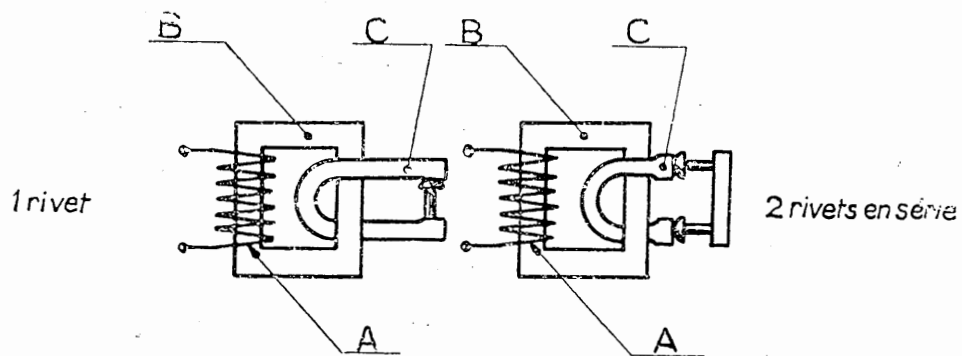
Sous l'écrou, on place une rondelle de forme appropriée qui fait joint sur la plaque de boîte à feu.

C. - RIVETAGE

1° Rivetage.

Le rivetage comporte la préparation des rivets, leur chauffage et leur placement. Ces opérations se font différemment, suivant l'outillage dont on dispose, la difficulté du travail et le nombre de rivets à placer.

Les trous de rivets sont percés au préalable, dans chacune des pièces à assembler, à un diamètre



A = Primaire
B = Noyau
C = Secondaire

FIG. 86

légèrement inférieur à leur diamètre définitif (2 mm, environ). Ces pièces sont ensuite mises en place et maintenues solidement au moyen de boulons (au moins un boulon tous les trois trous). Les trous sont alors amenés en parfaite coïncidence par alésage sur place. L'emploi des broches est formellement interdit.

Le diamètre des rivets doit être inférieur de 1 millimètre au diamètre du trou correspondant (pour les rivets de 20 à 25 mm. de diamètre), afin de permettre l'introduction du rivet chaud. Les bords des trous sont légèrement fraisés pour supprimer l'arrête coupante qui pourrait diminuer la résistance du rivet.

a) Chauffage des rivets.

Le chauffage se fait le plus communément au chauffe-rivet électrique. On peut également assurer le chauffage à la forge portative. Le corps du rivet est chauffé au rouge cerise clair (900°).

Le chauffe-rivet électrique (fig. 86) comporte un transformateur statique qui transforme le courant d'alimentation en courant à forte intensité sous faible tension.

Le transformateur est relié, par des conducteurs en cuivre de très forte section, à deux électrodes-mâchoires en cuivre.

Entre ces électrodes, on place le rivet qui, malgré sa grande section, offre une résistance beaucoup plus forte que les conducteurs au passage du courant. Le rivet est chauffé par simple effet Joule.

Ces chauffe-rivets permettent de suivre et de régler le chauffage du rivet et ils sont de plus d'une mobilité et d'une propreté parfaites.

b) Placement des rivets.

Le placement se fait à la main, au marteau pneumatique ou à la riveuse.

Le rivet, après chauffage, est introduit rapidement dans son logement où il est retenu, suivant les possibilités du travail, par une cale, une vis de serrage ou par un tas pneumatique (*fig. 87*). Cet appareil très simple comporte un cylindre et un piston à la manière d'un vérin.

Le rivetage à la machine se fait avec des riveuses pneumatiques, hydrauliques ou à commande mécanique.

On fait aussi le plus large usage du marteau pneumatique à forte puissance (*fig. 88*) plus rapide et plus économique, que les riveuses.

Pour certains rivets d'accès facile, on peut utiliser une combinaison du tas pneumatique et du marteau-

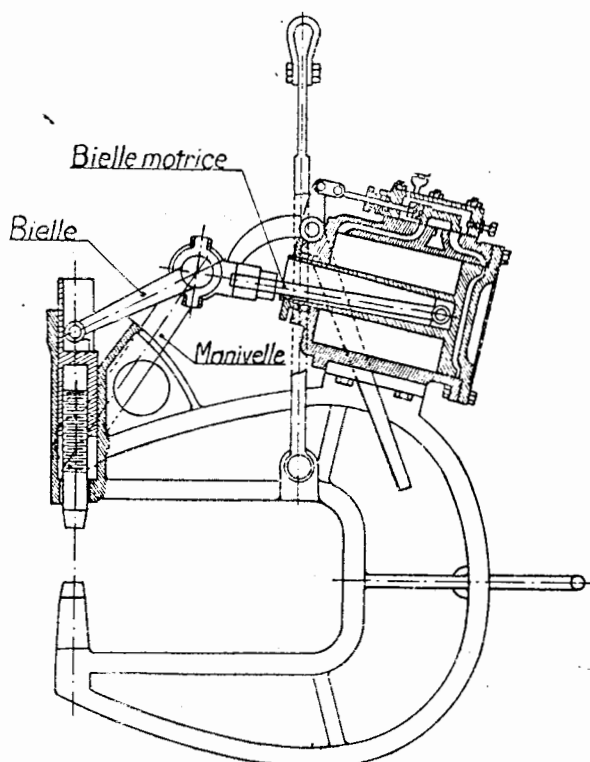


FIG. 91

riveur qui, montés sous forme de pince, forment une riveuse à percussion. Tous ces appareils sont légers, maniables et se prêtent aux travaux les plus divers. L'écrasement du métal s'obtient par l'utilisation de la force vive d'un marteau.

La riveuse à cadre (*fig. 91*), au contraire, obtient la formation de la tête par pression. L'appareil comprend à la fois la buterolle qui forme la tête et celle qui soutient le rivet.

La pression considérable (jusque 75 tonnes) qui est nécessaire s'obtient par un système de leviers. La force motrice peut être l'air comprimé, l'eau sous pression, l'électricité ou un système combiné. Le rivetage à la machine produisant le façonnage de la tête du rivet par pression est préférable au rivetage au marteau qui, par suite des chocs répétés, tend à provoquer le décollement des têtes; le rivetage par pression produit une action finale très forte qui donne un serrage énergique des tôles sans aucune fatigue pour le rivet.

Les riveuses sont suspendues de manière à permettre des mouvements plus ou moins complets: on rencontre des riveuses simplement suspendues, des suspensions semi-universelles, des suspensions universelles: ces dernières permettent d'orienter la riveuse dans tous les sens.

Le poids et l'encombrement de cet engin ne la rendent pratique que pour des travaux de série et facilement accessibles.

Dans la réparation des chaudières, son emploi est tout désigné pour le rivetage du cadre de foyer, de la plaque tubulaire de boîte à fumée et de la boîte à fumée.

On peut aussi disposer pour le rivetage du corps cylindrique, d'une installation spéciale comprenant un palan de fort tonnage qui permet de soulever verticalement la chaudière. Une riveuse à cadre, à col très profond, est montée dans un puits: la chaudière est alors manœuvrée

de façon à amener successivement tous les rivets entre les buterolles.

c) Conditions à remplir par une rivure.

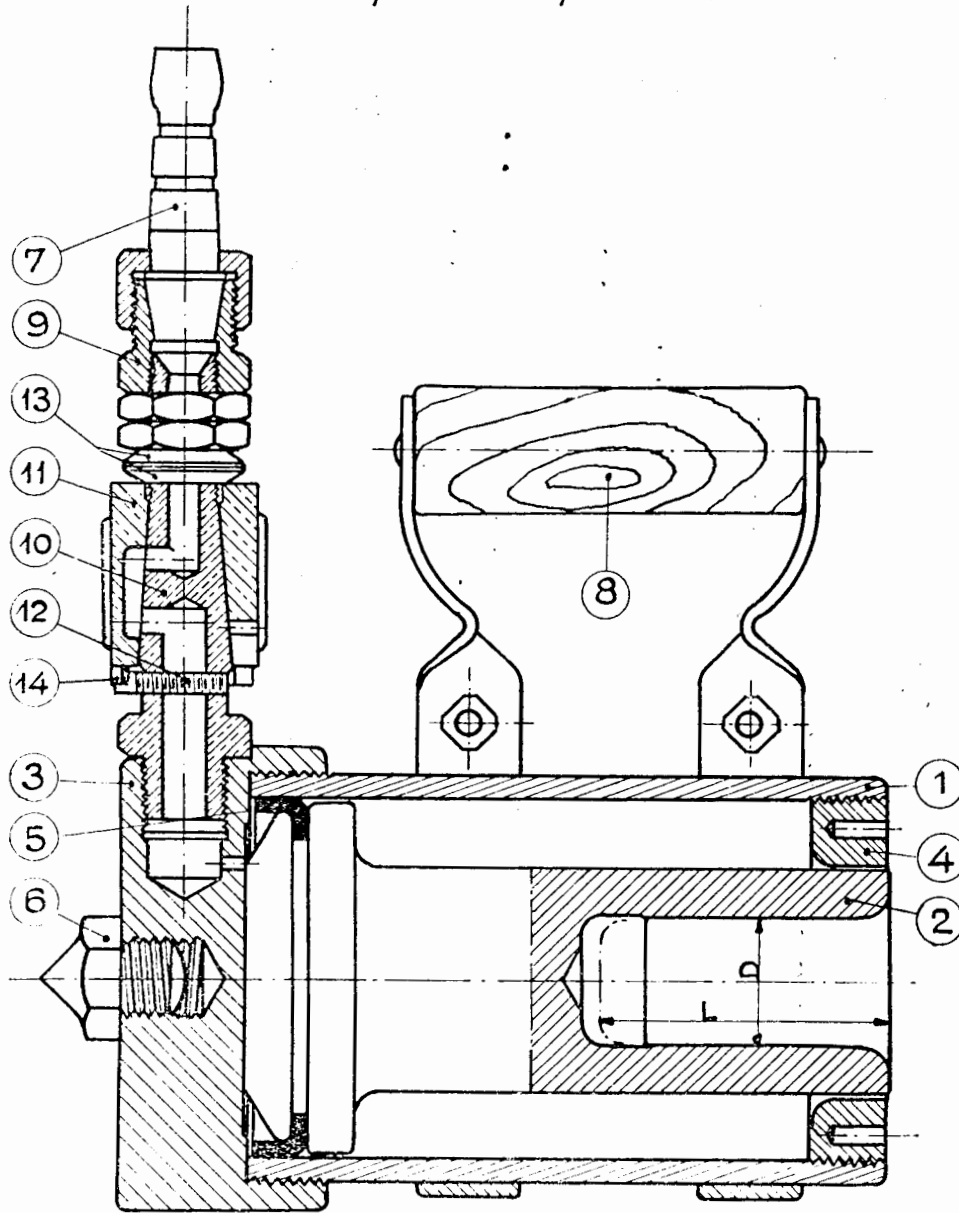
Les conditions que doit remplir une bonne rivure sont les suivantes :

-- le diamètre du rivet ne doit pas être inférieur à celui du trou de plus de 1 à 1,5 mm., afin que le refoulement du rivet suffise à remplir le trou;

-- le fût du rivet doit dépasser la tôle d'une longueur égale à 1,75 fois son diamètre pour buteroller convenablement la tête (une fois seulement dans le cas de rivets à tête fraisée);

-- la température du rivet doit correspondre en fin de pose au rouge sombre (500° environ). Il ne faut pas continuer à frapper sur la tête d'un rivet qui a cessé d'être rouge: ces chocs n'améliorent en rien le serrage mais risquent d'amorcer une cassure dans le collet du rivet qui se rompra en service (cette prescription s'applique avec le plus de rigueur dans le cas de rivets fraisés). Au contraire dans le rivetage à la presse, il est avantageux de maintenir la pression un temps suffisant pendant le refroidissement du

Tas pneumatique



NOMENCLATURE

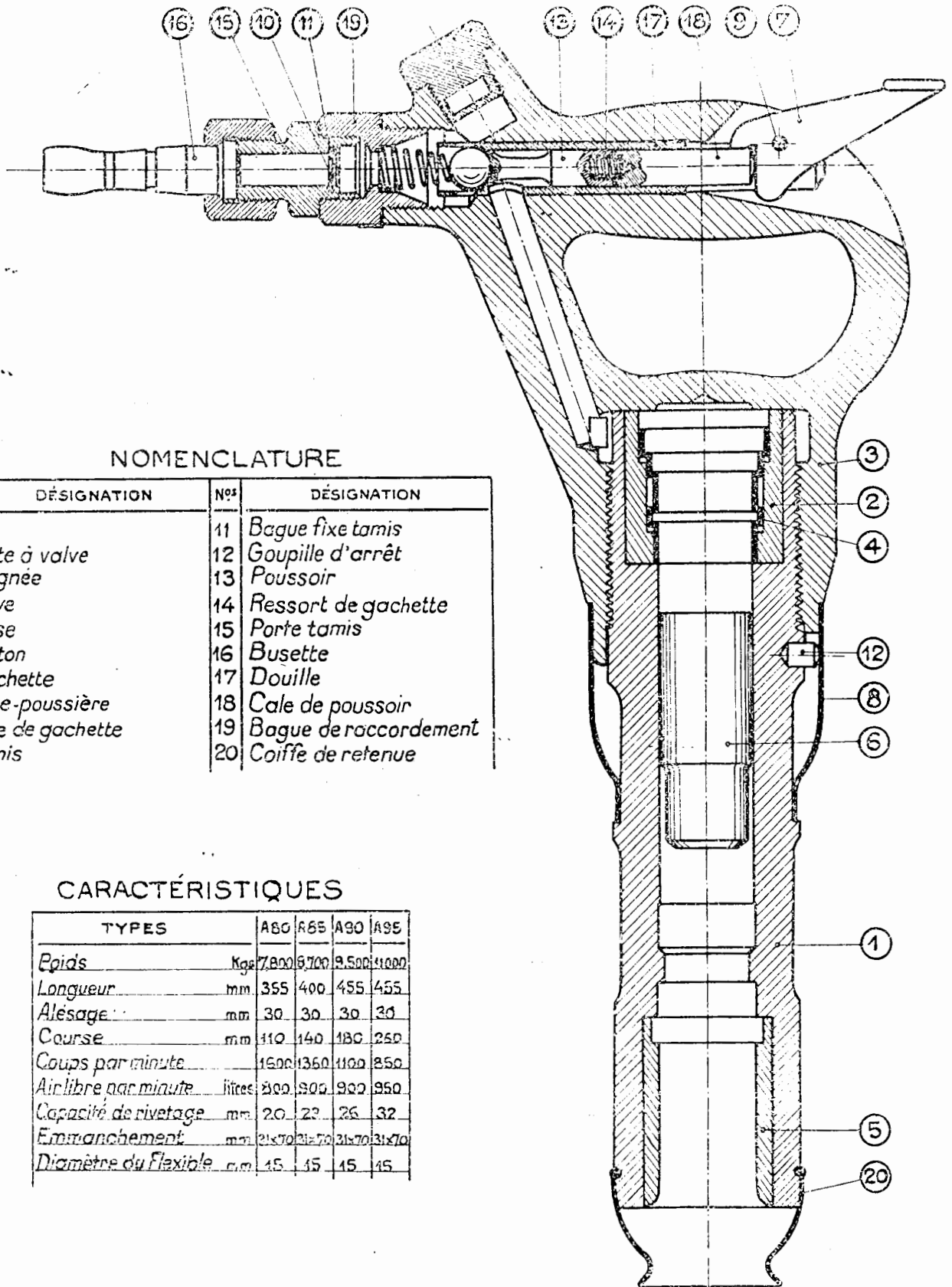
Nos.	DÉSIGNATION
1	Cylindre
2	Piston
3	Manchon
4	Randelle
5	Cuir
6	Contre pointe
7	Busette R
8	Poignée support
9	Bague de raccordement 3/8 3/4
10	Corps de robinet
11	Boisseau
12	Vis d'arrêt
13	Rondelle Belleville
14	Ressort d'arrêt

CARACTÉRISTIQUES

TAS COURTS	62C	75C	90C	108C
Pour rivets de	mm 16	22	30	35
Diamètre du piston	mm 62,5	75	88	108
Course du piston	mm 60	60	75	86
Emmanchements	D x L 23 x 65	31 x 70	31 x 70	31 x 70
Pression avec air à 6 kgs	Kgs 184	265	360	550
Longueur minimum	mm 145	152	167	184
De l'axe au bord (minimum)	mm 42,5	50	57	70
Poids	Kgs 3,5	4,8	8,2	12,1
TAS LONGS	62L	75L	90L	108L
Pour rivets de	mm 16	22	30	35
Diamètre du piston	mm 62,5	75	88	108
Course du piston	mm 75	90	110	130
Emmanchements	D x L 23 x 65	31 x 70	31 x 70	31 x 70
Pression avec air à 6 kgs	Kgs 184	265	360	550
Longueur minimum	mm 161	182	202	228
De l'axe au bord (minimum)	mm 42,5	50	57	70
Poids	Kgs 3,8	5,3	9,1	13,5

FIG. 87

Marteau pneumatique



NOMENCLATURE

Nos	DÉSIGNATION	Nos	DÉSIGNATION
1	Fut	11	Bague fixe tamis
2	Boîte à valve	12	Goupille d'arrêt
3	Poignée	13	Poussoir
4	Valve	14	Ressort de gachette
5	Buse	15	Porte tamis
6	Piston	16	Busette
7	Gachette	17	Douille
8	Pare-poussière	18	Cale de poussoir
9	Axe de gachette	19	Bague de raccordement
10	Tamis	20	Coiffe de retenue

CARACTÉRISTIQUES

TYPES		A80	A65	A90	A95
Poids	Kg	7,800	6,700	9,500	11,000
Longueur	mm	355	400	455	455
Alésage	mm	30	30	30	30
Course	mm	110	140	180	250
Coups par minute		1500	1360	1100	850
Air libre par minute	litres	200	300	900	950
Capacité de rivetage	mm	20	22	26	32
Embranchement	mm	21x70	21x70	21x70	31x70
Diamètre du Flexible	mm	15	15	15	15

FIG. 88

rivet. La température du rivet ne doit pas être non plus trop élevée en fin de pose afin que le retrait ne provoque pas le décollement des têtes:

- les têtes doivent être parfaitement concentriques à l'axe du rivet et doivent porter parfaitement sur les tôles;
- le rapport entre la longueur du rivet et son diamètre doit être assez petit pour que le refoulement du rivet ait lieu sur toute sa longueur.

d) Matage des rivures.

Le matage doit donner l'étanchéité aux rivets et aux coutures.

Le rivet, même s'il remplit complètement le trou au placement se contracte en se refroidissant et présente après le rivetage un certain jeu. L'étanchéité doit donc être obtenue uniquement par les têtes

Fatigue des clouures

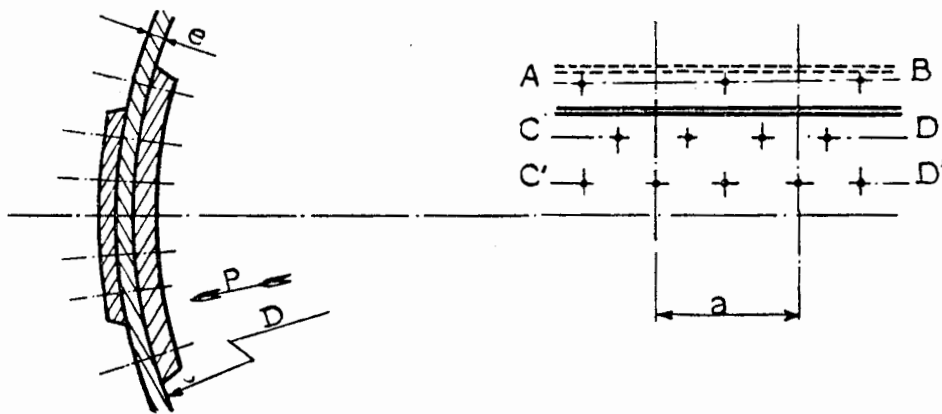


FIG. 92

de rivets. Il faut, pour cela, que les têtes donnent un serrage suffisant et qu'elles touchent la tôle sur tout le pourtour en présentant une bavure.

Le serrage des têtes s'obtient par le rivetage et par le refroidissement du corps de rivet; dans certains cas, lorsqu'on utilise la riveuse à cadre, le serrage est suffisant pour obtenir l'étanchéité.

Mais en général, dans le rivetage au marteau pneumatique ou à la main, le contact de la tête avec la tôle n'est pas suffisamment intime sur tout le pourtour et l'étanchéité ne peut être obtenue que par une opération appelée matage.

Actuellement, on utilise d'une façon générale des matoirs pneumatiques qui évitent la fatigue de l'ouvrier et assurent un rendement élevé.

Le matoir doit avoir une arête suffisamment nette pour être efficace en resserrant et amincissant la bavure tout en ne découpant pas le métal. Il faut prendre garde de ne pas entamer la tôle. La bavure est finalement découpée à la gouge et le sillon formé autour du rivet abattu au matoir plat (*fig. 62 bis D*).

2° Fatigue des rivures.

Les modes de rupture d'une rivure sont :

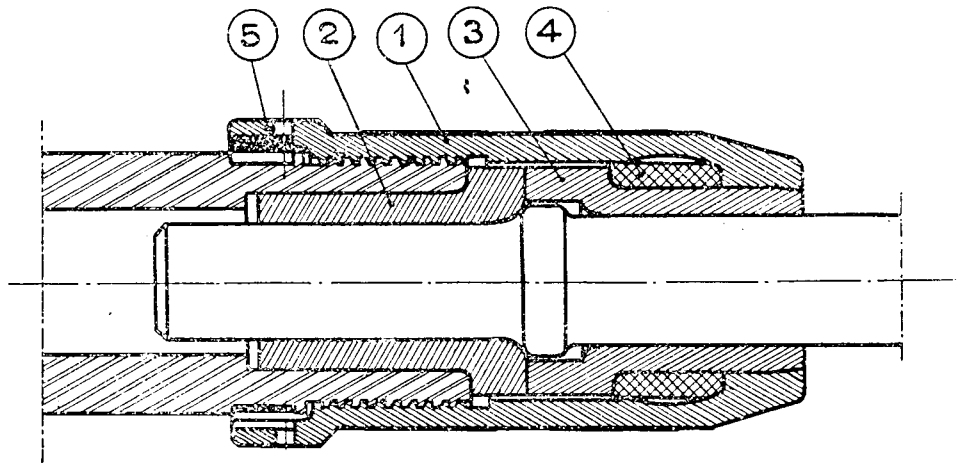
- le cisaillement des rivets après glissement des tôles;
- la rupture de la tôle ou des couvre-joints suivant une ligne de rivets;
- l'arrachement de la tôle entre son bord et les rivets.

Il est toujours possible d'éviter cette dernière cause de rupture et le calcul de la rivure consiste à

elle est appuyée sur toute sa surface par l'air comprimé passant dans le cylindre pour faire mouvoir le piston. Les sections des canaux d'alimentation a_1 et a_2 , des rainures circulaires c_1 et c_2 , du canal de frappe f et du canal de relèvement r ont été établies de telle sorte que lorsque sous l'action de l'air comprimé le piston découvre les orifices d'échappement, la dépression qui se transmet sur toute la surface de la pastille amène celle-ci à changer de position automatiquement.

Un dispositif d'arrêt empêche le piston de s'échapper; s'il prévient les accidents pouvant résulter

Tête de marteau dériveur pneumatique



N ^o	DÉSIGNATION
1	Manchon
2	Buse
3	Bague guide
4	Amortisseur
5	Ressort d'arrêt du manchon

FIG. 90

d'une fausse manœuvre, il peut par contre présenter l'inconvénient suivant : si l'ouvrier n'appuie pas à fond le marteau sur l'outil, le piston vient frapper l'épaulement d'arrêt et il en résulte un matage préjudiciable à sa conservation.

Dans la riveuse à compression (fig. 91) l'écrasement du rivet est produit d'un seul coup. L'appareil moteur est constitué par un piston qui se meut dans un cylindre muni d'un tiroir de distribution; l'effort moteur est amplifié par un dispositif à genou. L'effort sur le rivet croît d'abord lentement, passe par un maximum et décroît très rapidement pour s'annuler quand la bielle et la manivelle sont en ligne droite.

b) Etanchéité d'une installation d'air comprimé.

On doit apporter un soin tout particulier à l'étanchéité d'une installation d'air comprimé (joints et

déterminer suivant quelle ligne de rivets la tôle se romprait et à égaler la résistance de cette section à la rupture à celle de cisaillement des rivets.

A titre d'exemple, soit un assemblage des bords d'une enveloppe cylindrique avec couvre-joints intérieurs et extérieurs (fig. 92).

La fatigue unitaire de cisaillement des rivets est obtenue en calculant :

$$f = \frac{D \times p \times a}{2 m \times s'}$$

avec f -- fatigue de cisaillement, en kg/mm^2 ,
 D -- diamètre intérieur de la virole, en mm ,
 p -- pression effective, en kg/mm^2 ,
 a -- pas de la rivure, en mm ,
 m -- nombre de sections résistantes par pas,
 s' -- section d'un rivet, en mm^2 .

Nombre de sections résistantes :

Clouure AB : 1 rivet, avec 1 section de cisaillement par rivet.

Clouure CD et C'D' : 4 rivets, avec 2 sections de cisaillement par rivet.

Au total 9 sections résistantes par pas.

Si $D_i = 1.700 \text{ mm}$, $p = 0,204 \text{ kg}/\text{mm}^2$, $a = 150 \text{ mm}$, $m = 9$ et $s' = 450 \text{ mm}^2$ (rivet de 24 mm. de diamètre), la fatigue unitaire de cisaillement des rivets sera :

$$f = \frac{1.700 \times 0,204 \times 150}{2 \times 9 \times 450} = 6,4 \text{ kg}/\text{mm}^2$$

fatigue assez voisine du taux admis pour les rivets en acier B ($6 \text{ kg}/\text{mm}^2$).

3° Démontage des rivets et boulons des éléments avariés.

Les rivets et les vis en acier sont généralement découpés au chalumeau oxy-acétylénique.

Lorsque l'on doit découper des têtes de rivets sur des tôles d'acier à conserver, il faut prendre des précautions spéciales pour ne pas entamer celles-ci. L'ouvrier utilisé à cette besogne doit être particulièrement habile et souvent l'on munit le chalumeau d'un bec spécial dans le but d'éviter ces détériorations.

Sur une tôle en cuivre l'opération est moins délicate, le cuivre n'est guère attaqué par le dard de la flamme; le découpage de ce fait, est plus rapide.

Pour les rivets à tête fraisée, il peut être avantageux de recourir au forage.

On peut encore faire sauter la tête des rivets à l'aide du marteau dériveur pneumatique dont la figure 90 représente la tête spéciale. L'appareil utilisé a l'inconvénient d'être lourd et encombrant, par contre, le dériveur a sur le chalumeau l'avantage de ne jamais abîmer les tôles.

Après avoir coupé les têtes, il faut pousser les rivets et les boulons hors de leur logement; cette opération se fait le plus facilement à l'aide d'un marteau pneumatique muni d'une broche.

On peut employer avec succès le marteau dénoyauteur, qui présente comme particularité un dispositif arrêtant automatiquement le marteau lorsque la broche ne rencontre plus de résistance.

4° Outillage pneumatique.

a) Description d'outils-riveurs pneumatiques.

Ils sont soit à percussion (marteau fig. 88); soit à compression (riveuse fig. 91).

Dans l'appareil à percussion un piston animé d'un mouvement de va-et-vient très rapide vient frapper à chaque double course sur la tête d'un outil qu'il actionne. Le piston se déplace dans un cylindre rendu solidaire d'une poignée creuse à l'aide de laquelle on maintient l'appareil à la main. Un branchement flexible relie l'intérieur de la poignée avec la conduite d'air comprimé.

Distribution. — Elle est régie de telle sorte que le piston arrive avec la plus grande vitesse possible sur la tête de l'outil à la fin de sa course utile ou course aller; dans la course retour, au contraire, il faut éviter que le piston ne vienne heurter le fond du cylindre.

La distribution du marteau-riveur des Forges et Ateliers de Meudon est composée de 4 pièces (fig. 89) : un siège supérieur S, un siège inférieur I, un intercalaire T et une pastille P. Suivant que la pastille est appliquée sur l'un ou l'autre des sièges, elle obture complètement l'une ou l'autre des rainures circulaires c_1 ou c_2 , empêchant l'air comprimé contenu dans cette rainure de passer, non seulement dans le cylindre du marteau, mais même dans l'autre rainure. Cette pastille est sollicitée dans un sens par l'air comprimé à la pression de la canalisation sur une surface annulaire définie par la forme de la rainure, en sens inverse

robinets de prise d'air par exemple). Un très faible orifice laisse en effet échapper une grande quantité d'air comprimé.

Fuite correspondant à un trou d'un diamètre de mm.	Débit en air libre par minute pour une pression de 7 kg.
0,5	20
1	80
2	320
3	720
5	2.000

Pour mesurer l'étanchéité d'une installation, on met en marche le compresseur après avoir fermé tous les robinets de la tuyauterie.

On surveille la montée de la pression qui doit être régulière et s'arrêter à la valeur réglée. Si, à ce moment, on arrête le groupe, la pression tombera plus ou moins vite par suite du refroidissement de l'air comprimé d'une part et des fuites d'autre part. On note exactement l'heure et la pression P au moment de l'arrêt. Après un temps T la pression est tombée à une valeur $P_0 = 60$ à 75 % de P . A ce moment précis on remet le compresseur en marche et on note le temps nécessaire t pour rétablir la pression primitive P .

Si l'on néglige la perte de pression due au refroidissement de l'air comprimé et à la condensation des vapeurs d'eau et d'huile on peut dire que le débit du compresseur pendant le temps t est égal à la somme des fuites f pendant les temps T et t , ce qui peut s'écrire :

$$d \times t = f(T + t)$$

d'où le rapport des fuites au débit (supposé constant),

$$\frac{d}{f} = \frac{t}{T + t}$$

Par conséquent, le pourcentage des fuites par rapport au débit du compresseur se définit par la formule :

$$\frac{100 \times t}{T + t}$$

On peut admettre la correspondance suivante entre le % des fuites et la qualité de l'étanchéité

5 %	de fuites :	étanchéité	très bonne,
10 %	---	---	bonne,
15 %	---	---	passable,
20 %	---	---	mauvaise,
+ 20 %	---	---	très mauvaise;

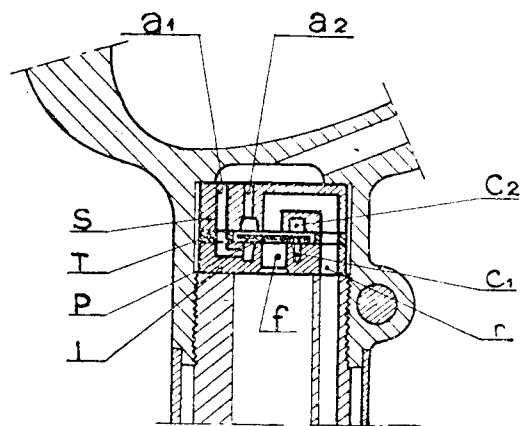


FIG. 89