

## CHAPITRE PREMIER

### VISITE DES CHAUDIÈRES

#### A. - ETUDE DES USURES ET AVARIES

Une chaudière subit en service des usures et avaries telles que l'utilisation de la locomotive ne peut se poursuivre dans des conditions économiques ou avec suffisamment de garanties de sécurité. Ces usures peuvent se classer en deux catégories :

— les usures normales qui se produisent en raison de la fonction même de la chaudière et qu'il est donc impossible d'éviter;

— les usures anormales qui sont provoquées par un mauvais entretien ou des défauts de construction.

Enfin des avaries accidentelles, imputables à la négligence ou à des cas fortuits, entraînent parfois le retrait du service d'une chaudière.

Beaucoup des usures et avaries que l'on constatait habituellement autrefois lors des visites périodiques des chaudières et qui sont énumérés ci-après ont cessé dès que les machines ont été traitées au T.I.A., surtout les avaries côté eau (corrosions et fissures dues à l'entartrage) (voir tome I, chap. XII).

Au 1-10-17 1.300 machines étaient traitées sur un programme d'équipement de 1.600, le reliquat, soit 700 machines environ, constituant un effectif dont l'entretien n'est pas continué.

#### 1° Usures au foyer.

Les causes principales d'usure sont :

— l'action chimique du feu : corrosions par l'oxygène et l'anhydride sulfureux. Elle est la plus intense dans les parties soumises au rayonnement du combustible ou, inversement, là où les tôles sont le moins bien refroidies (joints, cadres, parties entartrées). Elle est favorisée par les saillies diverses (têtes d'entretoises, pinces);

— le frottement des gaz chauds et du combustible;

— les incrustations calcaires dues aux fuites; elles provoquent une élévation de température des tôles et favorisent les corrosions surtout le long des pinces;

— l'altération des propriétés mécaniques du métal du foyer (acier surtout) due à la haute température des gaz (1.400° environ);

— le jeu des dilatations et retraits dus, soit aux différences de températures des différentes parties de la chaudière (effet aggravé dans le cas de foyer cuivre, la boîte à feu étant

en acier), soit à la mise en pression et au refroidissement après jet de feu: ces déformations répétées tendent à produire des fissures:

— Influence de la pression. Les tôles trop minces ou surchauffées se matelassent localement entre les têtes d'entretoise (1) (*fig. 1*).

La mise en pression tend à infléchir vers l'intérieur du foyer les parois de ce dernier tandis que celles de la boîte à feu tendent à s'écarter vers l'extérieur (*fig. 1 bis*).

— L'usure mécanique due à l'entretien (frottement des tringles de lavage sur les bords d'autoclaves).

**a) Plaque tubulaire (*fig. 2*).**

— Plaque en cuivre.

— Usure de la partie inférieure de la plaque et matelassage entre les têtes d'entretoises.

— Usure de la plaque entre les tubes.

— Cassures d'interstices. Ce sont les déformations alternatives de la tôle qui font naître des amorces de crique et des fissures aux alvéoles des tubes, principalement dans les angles supérieurs.

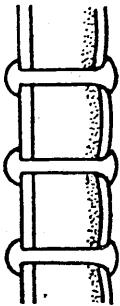


FIG. 1

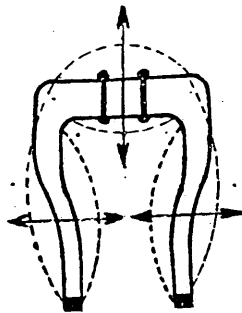


FIG. 1 bis

— Ovalisation des tubes et de leurs alvéoles. Elle est le résultat d'une déformation permanente en service de la tôle souvent aggravée par les mandrinages successifs que le manque consécutif d'étanchéité des tubes nécessite (*fig. 2*).

— Bombage de la plaque dans la partie du faisceau tubulaire due à la différence de dilatation des tubes et du corps cylindrique bien qu'elle soit compensée en partie par le flambage des tubes. Cette plaque tubulaire moins épaisse que celle de boîte à fumée résiste moins bien.

— Déformation et fissures de l'arrondi supérieur. Cette déformation consécutive à la dilatation verticale importante de la plaque tubulaire est d'autant moins accentuée qu'il

y a plus de rangées de tirants de dilatation fonctionnant bien.

— Criques autour des trous d'entretoises.

— Gerçures et fissures dans les arrondis verticaux et dans l'arrondi supérieur. Elles proviennent de ce que la plaque tubulaire en cuivre se dilate plus fortement que la plaque avant de boîte à feu en acier.

— Usure des pinces inférieures consécutive au défaut de refroidissement et aux matages d'entretien trop accentués avec outils aigus.

(1) Les tôles de foyer subissent des efforts de flexion importantes. La fatigue unitaire des tôles peut être calculée par la formule :

$$n = \frac{2}{9} \cdot \frac{a \times b}{e^3} \cdot p$$

avec :  $a$  et  $b$  = écartement des entretoises ou tirants, en mm.

$p$  = pression effective de la vapeur en hpz/mm<sup>2</sup>.

$e$  = épaisseur de la tôle, supposée uniforme, en mm.

par exemple, pour  $a = 100$  mm,  $b = 100$  mm,  $p = 20$  hpz/cm<sup>2</sup> et  $e = 9$  mm. (foyer acier).

on aura :

$$n = 0,222 \times \frac{100 \times 100 \times 0,2}{81} = 5,5 \text{ hpz/mm}^2$$

La fatigue unitaire ne doit pas dépasser :

8 kg/mm<sup>2</sup> ou 7,85 hpz/mm<sup>2</sup> pour les foyers en acier,

3,5 kg/mm<sup>2</sup> ou 3,43 hpz/mm<sup>2</sup> pour les foyers en cuivre.

La fatigue des tôles est inversement proportionnelle au carré de l'épaisseur de la tôle. Ainsi, la fatigue croît rapidement lorsque, par suite d'usure et de corrosions, l'épaisseur de la tôle est réduite. En reprenant les données de l'exemple précédent et en réduisant l'épaisseur de la tôle de 2 mm., la fatigue unitaire devient approximativement égale à 10 kg/mm<sup>2</sup>.

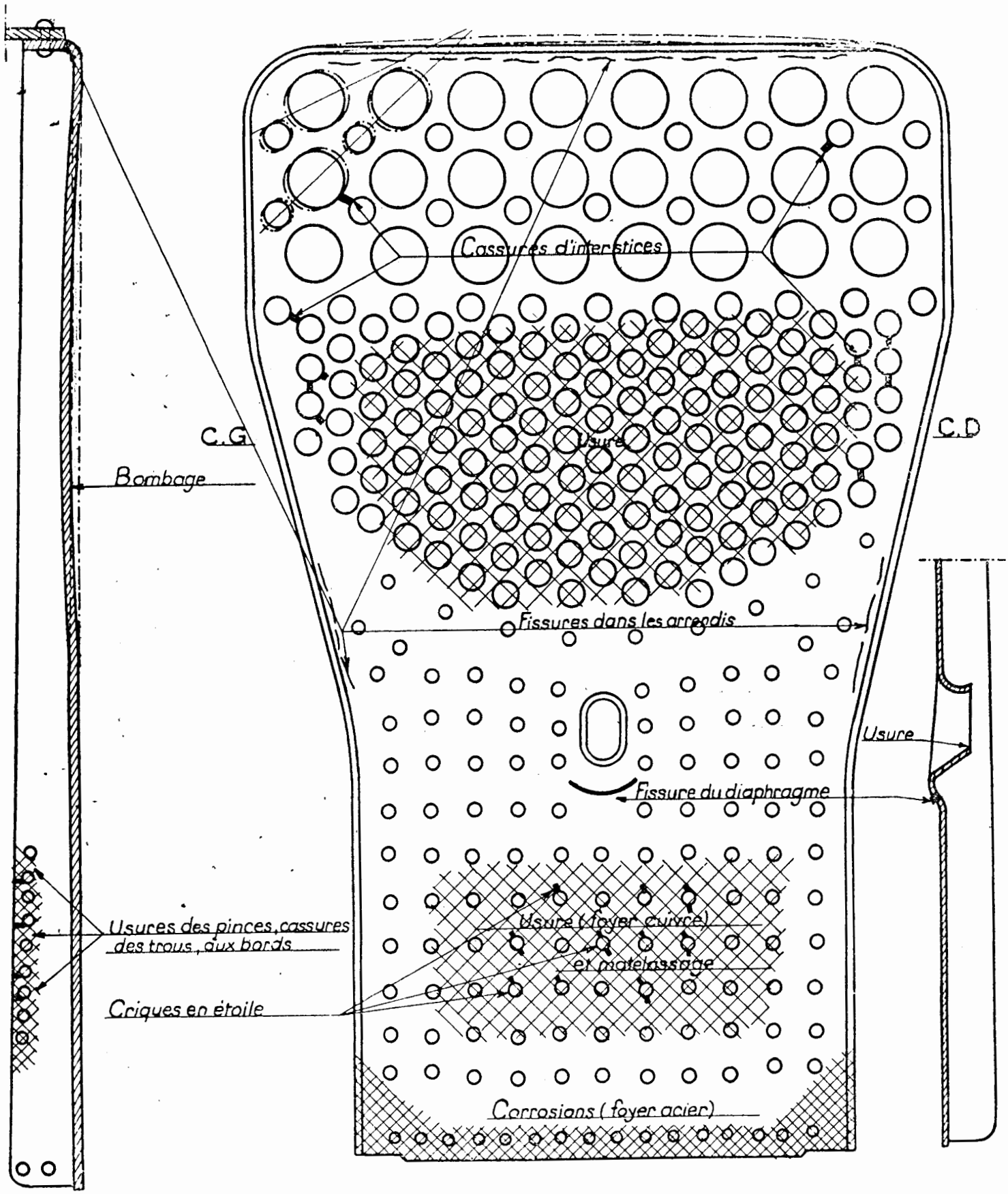


FIG. 2

- Cassures de ces pincés (des trous de rivets aux bords, pour les foyers rivés).
- Fissures dans les soudures de foyer sans clouures.
- Corrosions autour des têtes d'entretoises.

*Plaque en acier.*

- Cassures d'interstices (cas rares).
- Fissures dans les arrondis (cas rares).
- Cassures des pincés inférieures, pour les foyers rivés, Usure des têtes de rivets (*fig. 2A*).
- Bombage de la plaque dans la partie du faisceau tubulaire.
- Criques en étoile autour des trous d'entretoises.
- Fissures et usure au diaphragme du siphon Nicholson.
- Corrosions au droit du cadre de fondation et dans les angles.
- Corrosions côté eau, dans les arrondis supérieurs et verticaux, pour certaines machines des régions où les eaux sont corrosives (*fig. 2B*).
- Dédoublément de tôle.
- Fissures dans la soudure des pincés aux parois.
- Corrosions autour des têtes d'entretoises (en cupro-manganèse) des premières rangées verticales D et G.

*b) Plaque arrière (fig. 3).*

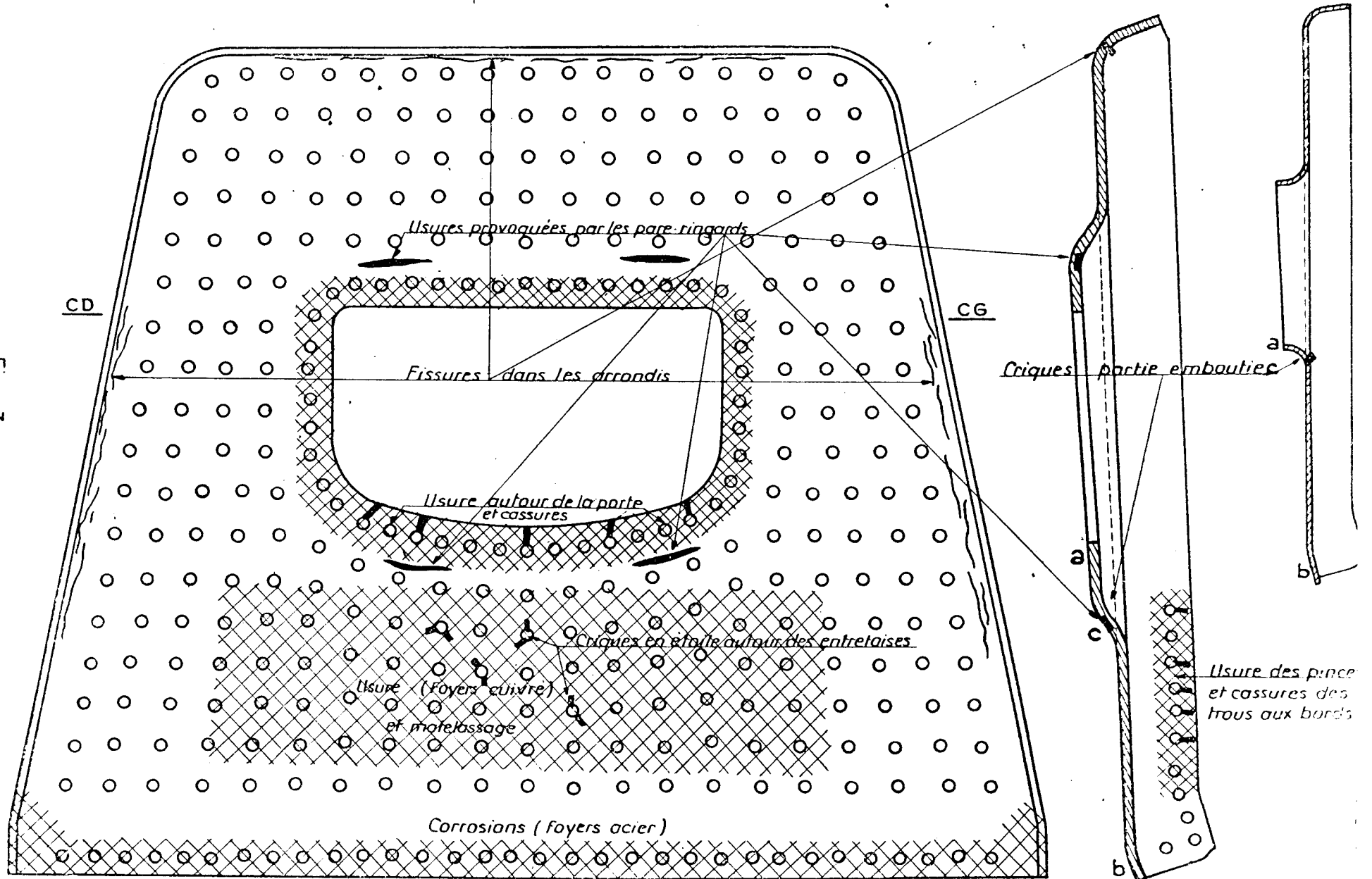
*Plaque en cuivre.*

- Usure partie inférieure et matelassage.
- Criques autour des trous d'entretoises.
- Fissures dans les arrondis verticaux et horizontaux.
- Usure des pincés inférieures.
- Cassures de ces pincés (des trous de rivets aux bords) pour les foyers rivés.
- Usure des pincés et des rivets autour de l'ouverture de la porte, pour les portes à cadre (et surtout lorsque le pararingard fait défaut).
- Cassures de ces pincés.
- Usures dues au frottement des pare-ringards dans les parties embouties. Fissures dans ces parties.
- Corrosions autour des têtes d'entretoises.
- Criques dans la partie emboutie. La plaque arrière étant fixée en (*b*) au cadre de foyer et en (*a*) au cadre de porte ou à la plaque arrière de boîte à feu, l'allongement de *ab* se traduit par des flexions en (*c*).
- Dédoublément de tôle sous forme de feuilles (*fig. 3A*). Il est dû à la mauvaise qualité du métal.

*Plaque en acier.*

- Fissures dans les arrondis.
- Cassures des pincés inférieures pour les foyers rivés ou des soudures d'étanchéité aux parois. Usure des têtes de rivets (*fig. 2A*).
- Criques en étoile autour des trous d'entretoises.
- Cassures des pincés autour de l'ouverture de la porte (foyers à cadre), notamment à la partie inférieure.
- Criques dans la partie emboutie raccordant les deux plaques AR, pour les foyers sans cadre (cas assez rares).
- Dédoublément de tôle.
- Corrosions autour des têtes d'entretoises en cupro-manganèse des premières rangées verticales D et G.

Fig. 3



Cassures partielles ou complètes du cadre de porte, en général dans les angles intérieurs, et dans l'axe des trous d'assemblage.

La tendance à l'accumulation de tartre à l'entour de ce cadre peut provoquer une surchauffe locale entraînant l'usure et la déformation de la tôle.

**c) Parois latérales. Ciel. Tubes. Siphon Nicholson.**

*Parois en cuivre.*

— Usure de la partie inférieure et matelassage entre les têtes d'entretoises, notamment au coup de feu. Certaines lames d'eau sont fort étroites dans leur partie inférieure; il est ainsi créé des zones s'entartrant ou même se bouchant facilement; la tôle mal ou non refroidie est surchauffée, présente l'aspect d'un ciel ayant reçu un coup de feu (matelassée et crevassée) et s'use rapidement.

— Criques en étoile autour des trous d'entretoises, dans la région du coup de feu, principalement dans les zones amincies.

— Criques entre entretoises des rangées supérieures horizontales.

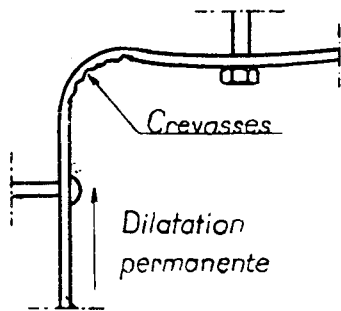


FIG. 4

- Corrosions autour des têtes d'entretoises.
- Gerçures dans les arrondis longitudinaux.
- Sillons de corrosions au ras des pinces des plaques tubulaires et arrières (appelés couramment : sillons de matage, qui peuvent provoquer une fissure, puis la rupture).
- Affaissement des arrondis de raccordement avec le ciel (cas rares).

Cet affaissement qui donne aux congés la forme de la *figure 4* est dû aux dilatations des parois vers le haut. Il en résulte des amorces de criques et fissures.

*Parois en acier.*

- Criques en étoile autour des trous d'entretoises.
- Cassures de tôles entre 2 ou plusieurs entretoises (*fig. 4 A*).
- Corrosions côté feu au droit du cadre de fondation (*fig. 4 B*) et dans les angles, sous les sommiers supports de grilles et de voûtes.
- Corrosions côté eau des entretoises (type diablo) ainsi que du flanc de foyer (*fig. 4C*).
- Corrosions côté feu autour des têtes d'entretoises en B. M. ou Cupro.
- Dédoublément de tôle.
- Criques dans les arrondis supérieurs (*fig. 4D*).

Le mécanisme de fissuration au contre-cintrage a été expliqué au renvoi (2) du bas de la page 47 (tome I). Dans le cas de la *figure 4D* le calibrage a été effectué au marteau (l'emplacement des coups de marteau a été entouré par des coups de pointeau).

*Ciel en cuivre.*

- Usure et matelassage.
- Sillons de corrosions ou fissures au ras des pinces des plaques tubulaires et AR, généralement plus accentués à l'AV.

L'origine de ces fissures doit être attribuée aux déformations alternatives et aux mauvais matages: quelquefois la crevasse existe entre les tirants (*fig. 5*).

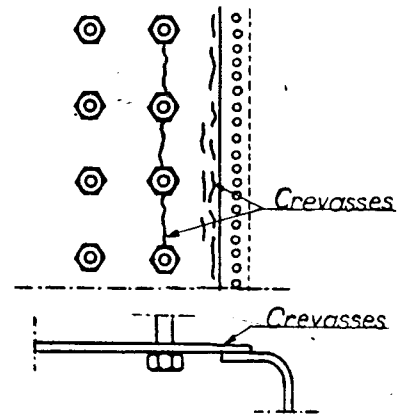
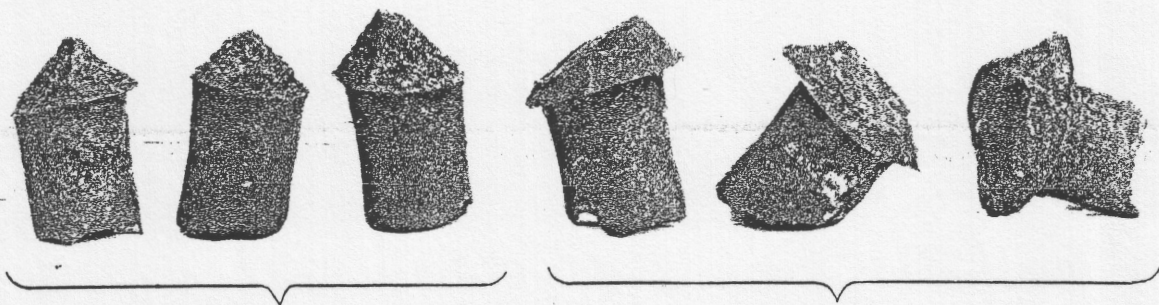


FIG. 5



Plaque A. R.

Fig. 2 A

Plaque tubulaire.

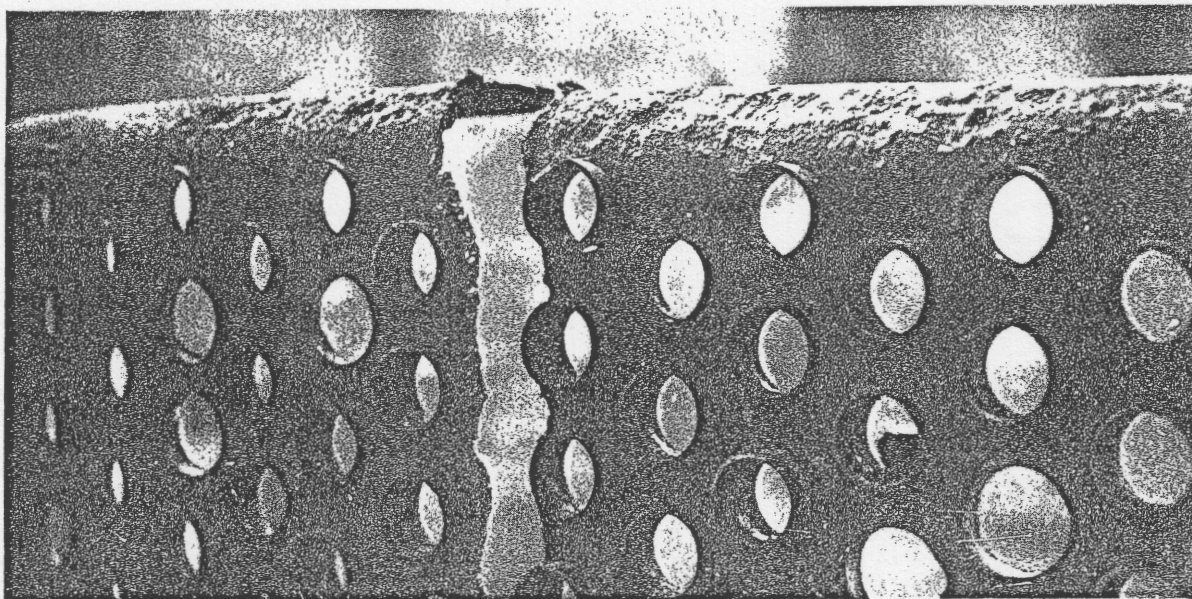


Fig. 2 B

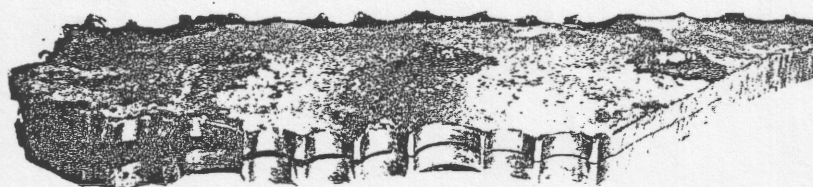


Fig. 3 A

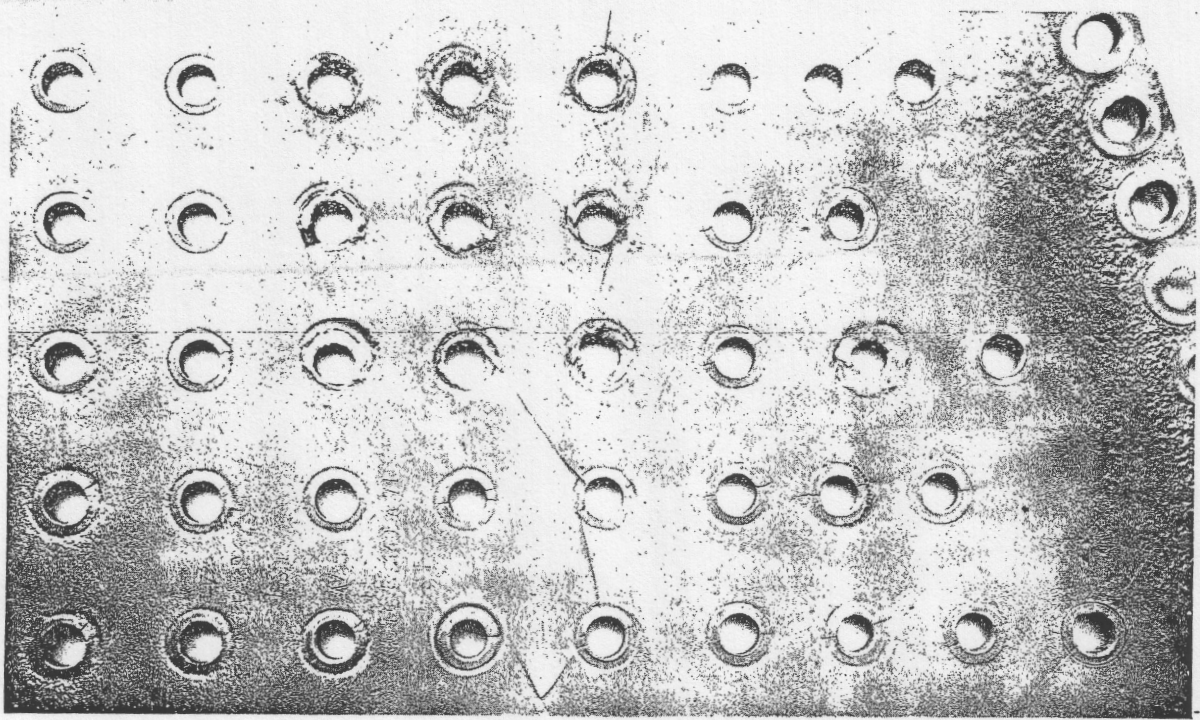


Fig. 4 A

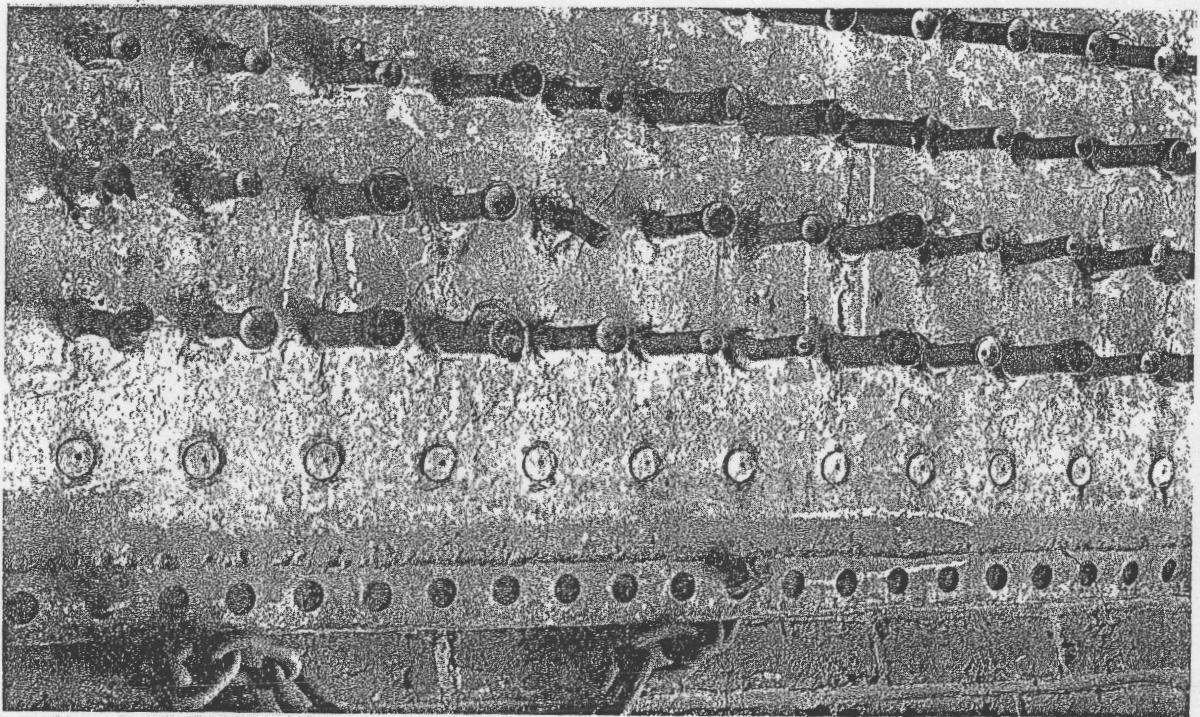


Fig. 7 A



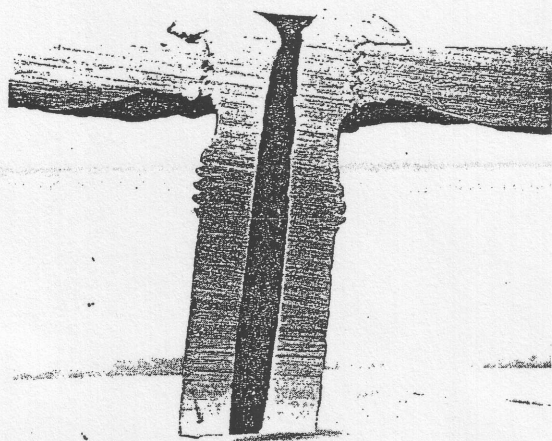


Fig. 4 C

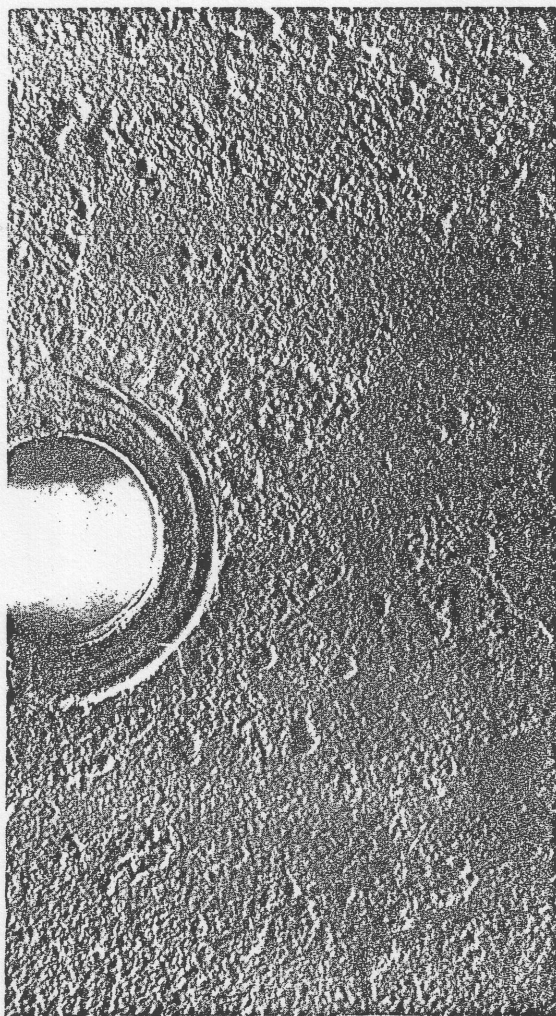


Fig. 4 B

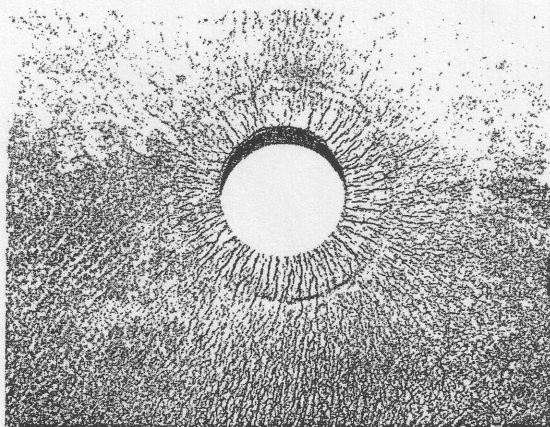


Fig. 9

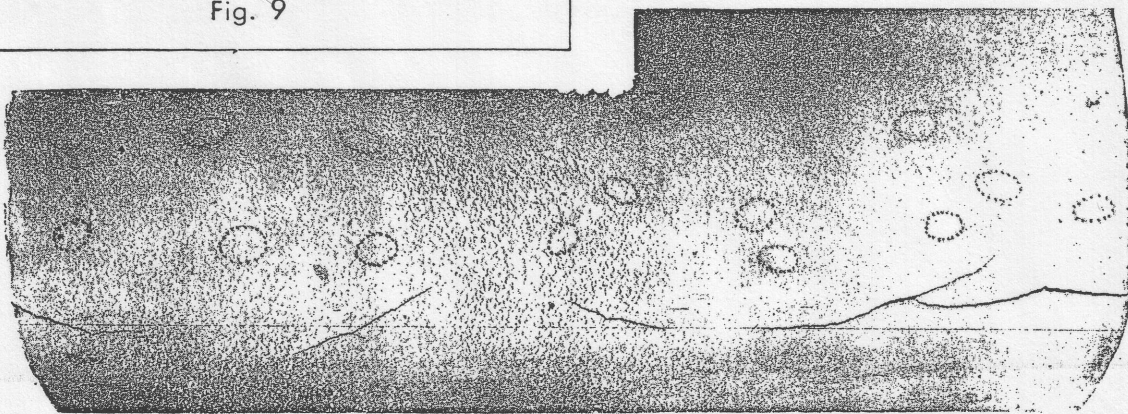


Fig. 4 D

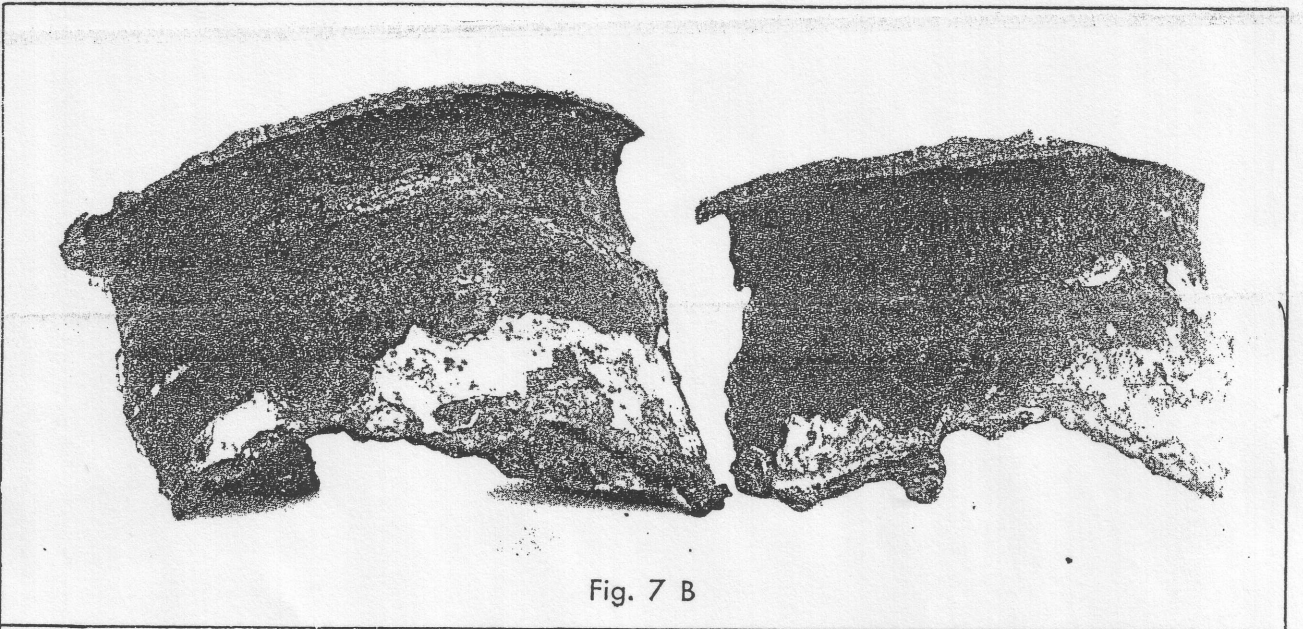


Fig. 7 B

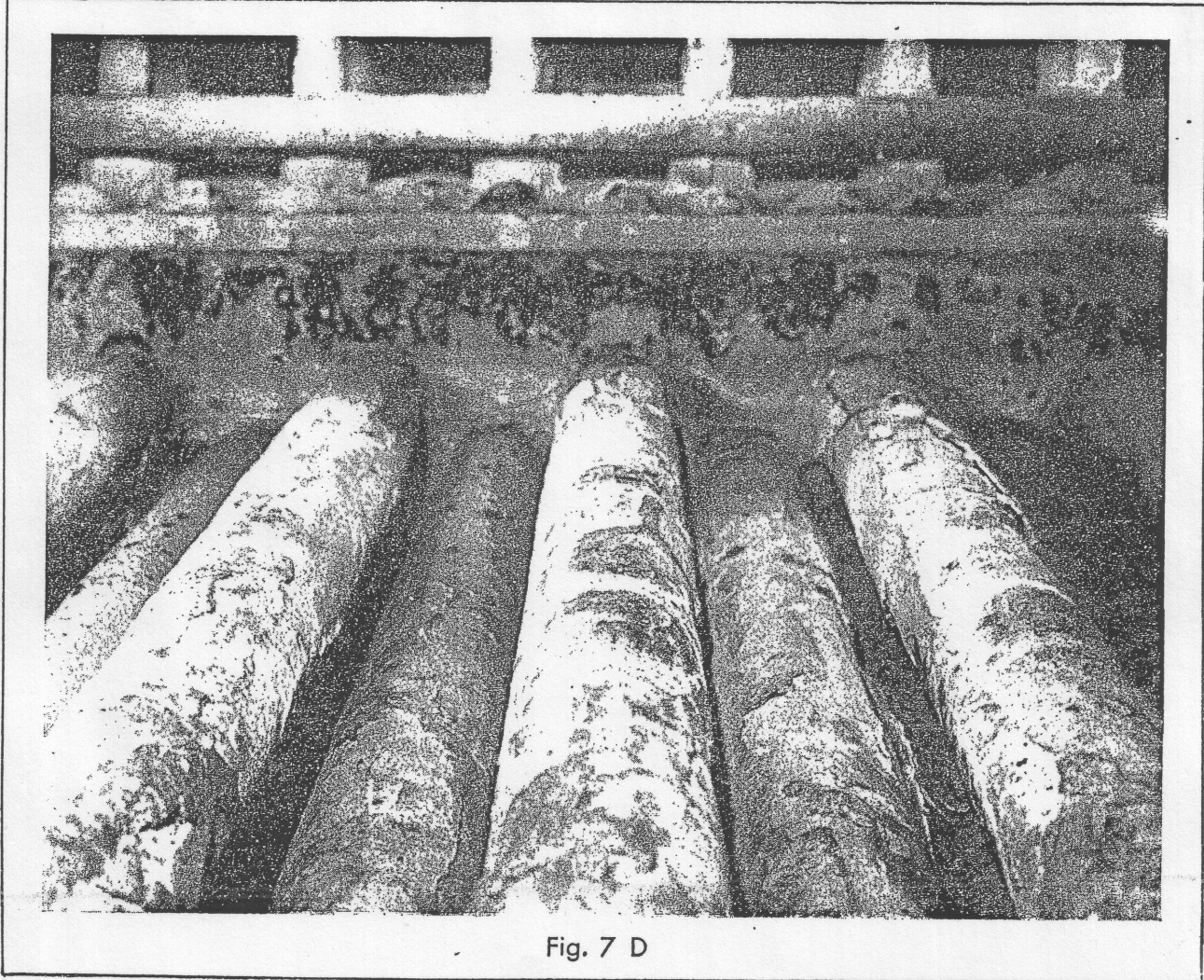


Fig. 7 D

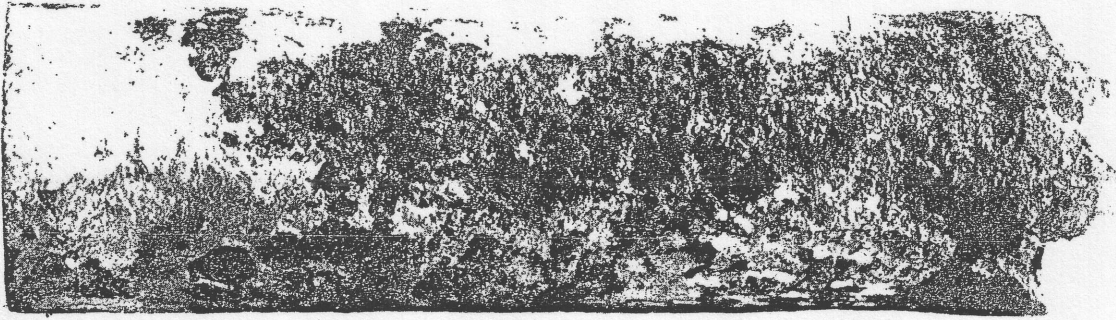


Fig. 7 C

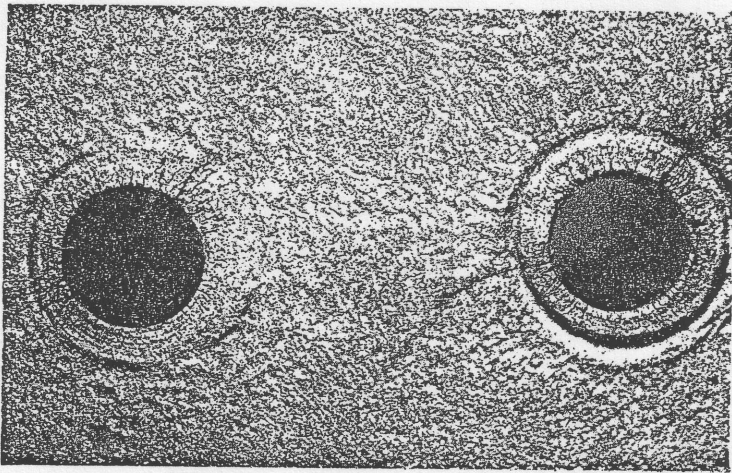


Fig. 8

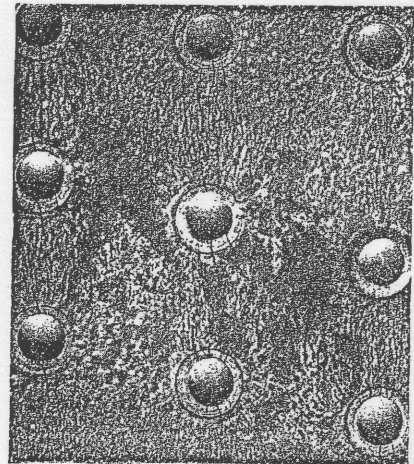


Fig. 10

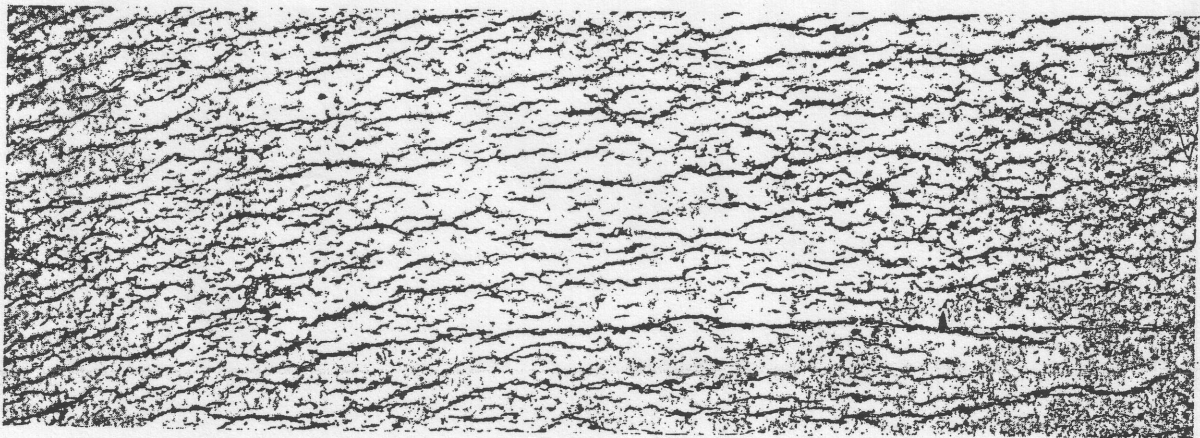


Fig. 10 ter

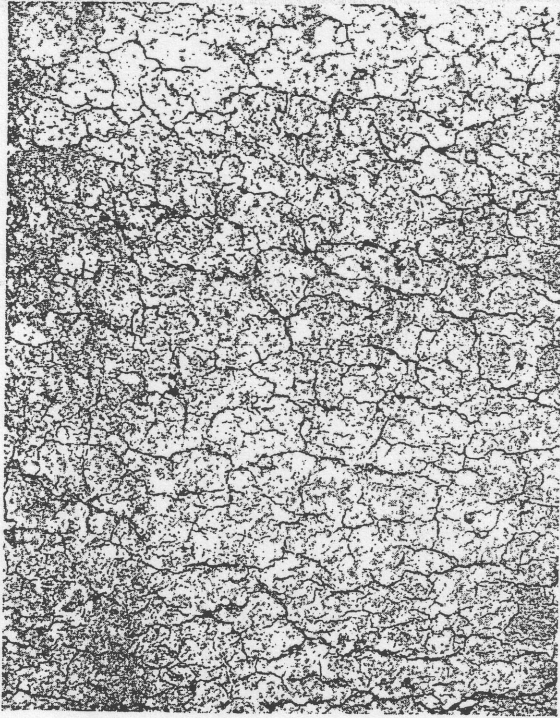


Fig. 10 bis

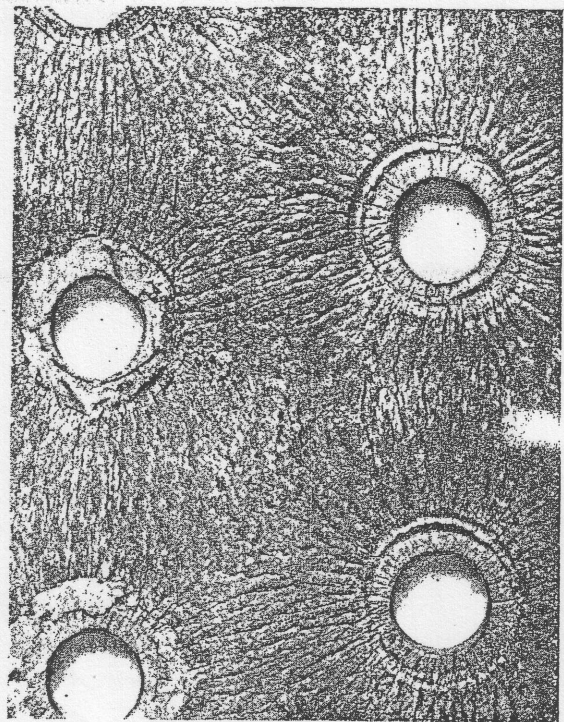


Fig. 11

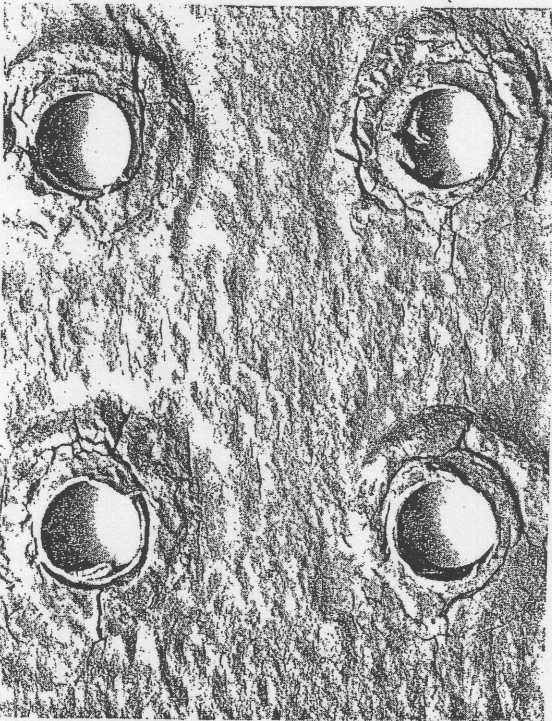


Fig. 12

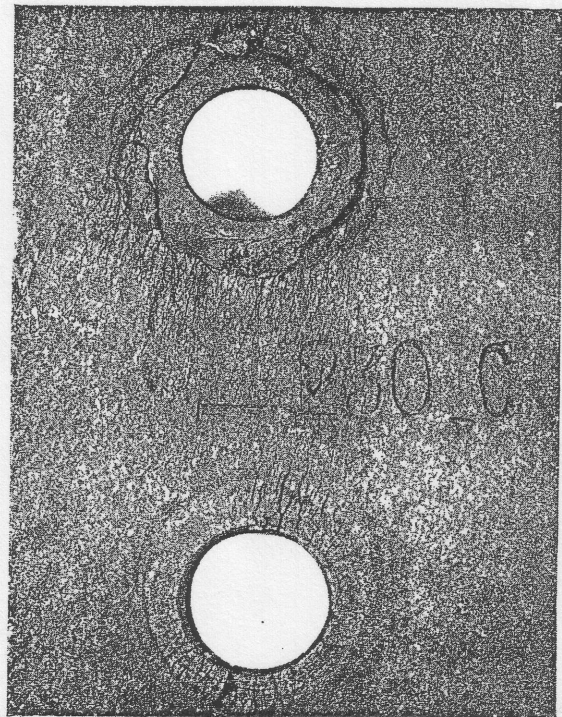


Fig. 13

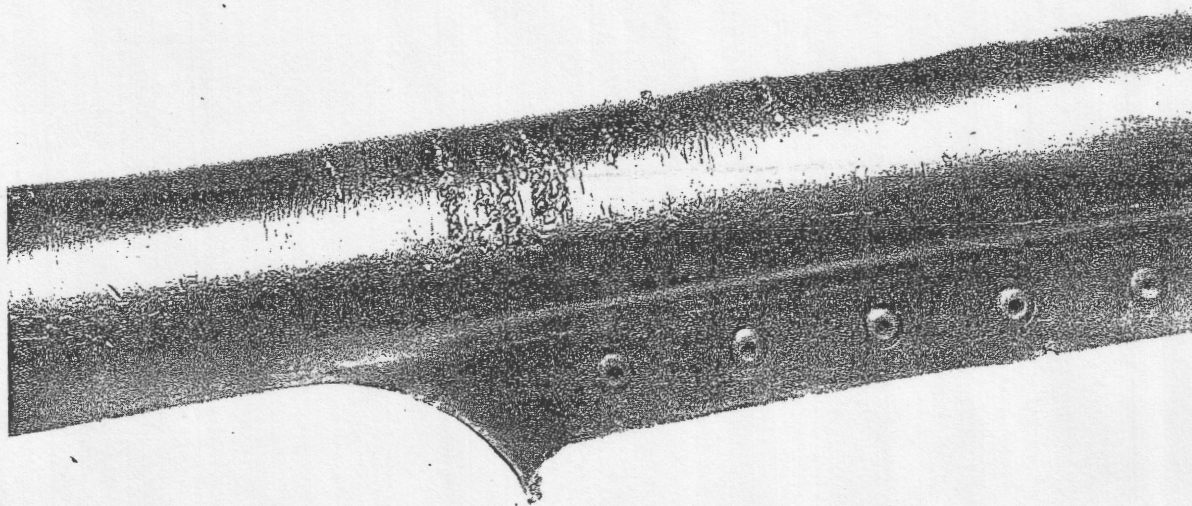


Fig. 14 A

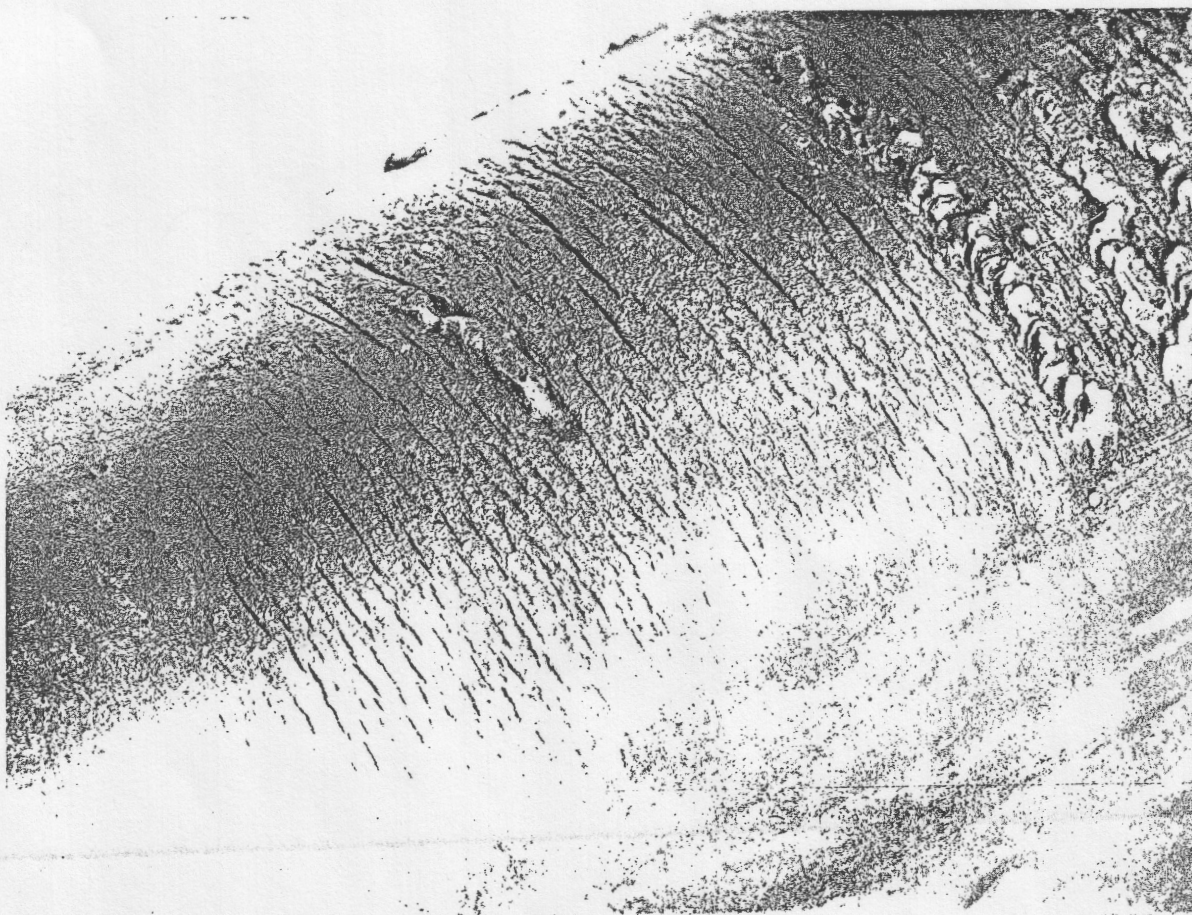


Fig. 14 B



Fig. 15 bis

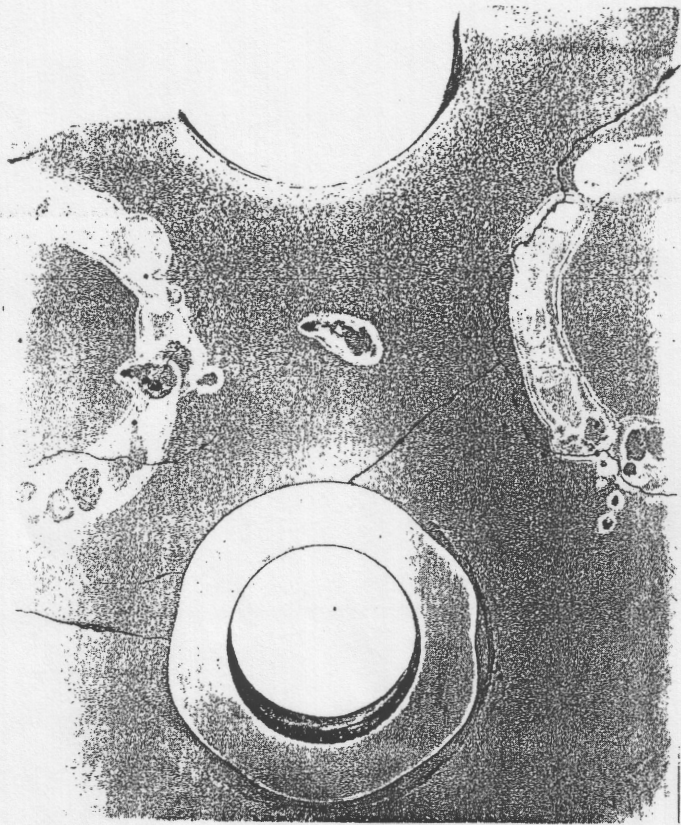


Fig. 19 A

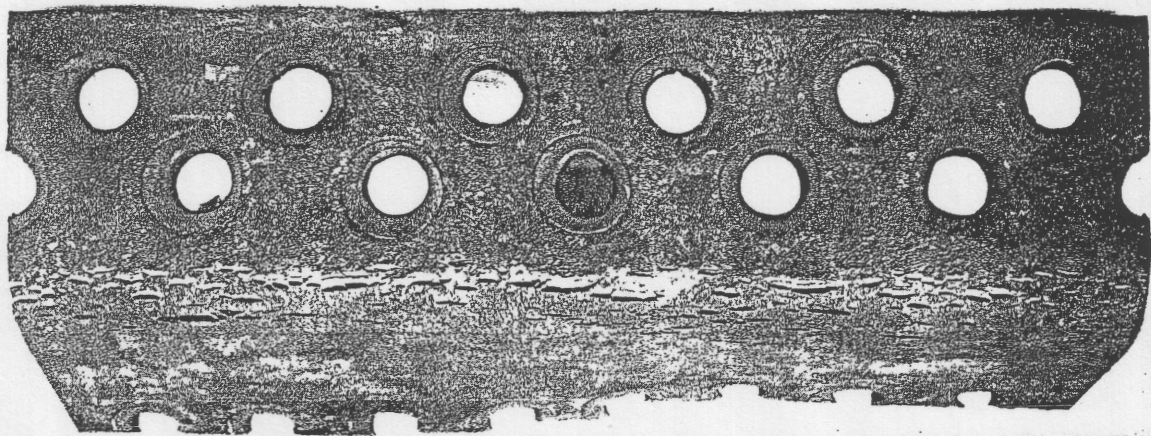


Fig. 19 C

— Déformation par affaissement du ciel à l'avant et à l'arrière (elle se vérifie avec une grande règle plate).

*Ciel en acier.*

— Corrosions autour des trous des bouchons fusibles, autour des pieds de tirants verticaux et parfois entre les rangées de tirants.

D'une manière générale, les corrosions locales existent partout où il y a fuite. C'est l'attaque chimique qui est l'agent destructif, la présence de l'eau donnant avec l'anhydride sulfureux, qui existe dans les gaz de la combustion, naissance à l'acide sulfurique. Cette attaque se montre le long des joints sur quelques centimètres de largeur (*fig. 6*); on la constate encore, sous forme de sillons, autour des têtes d'entretoises (*fig. 7*). Les matages d'entretien ne font que creuser plus profondément les sillons. Ces mêmes rigoles existent encore autour des tirants, rivets ou boulons non étanches. On peut encore citer les corrosions des tôles du foyer côté eau qui semblent dues à la qualité de l'eau d'alimentation et sont surtout localisées dans la partie inférieure (*fig. 7 A*).

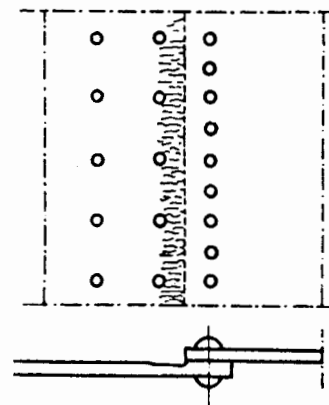


FIG. 6

*Tubes.*

— Amincissement des extrémités.

— Traces de fuites aux bordures. Les fuites proviennent d'un défaut de soudure ou d'une rongeur (1) rapide du cordon (plaque acier), d'un mauvais mandrinage ou d'une trop grande rigidité du tube (plaque cuivre). Le manque de précautions dans les mises en pression et nettoyages ou jets du feu occasionnent des variations rapides de température

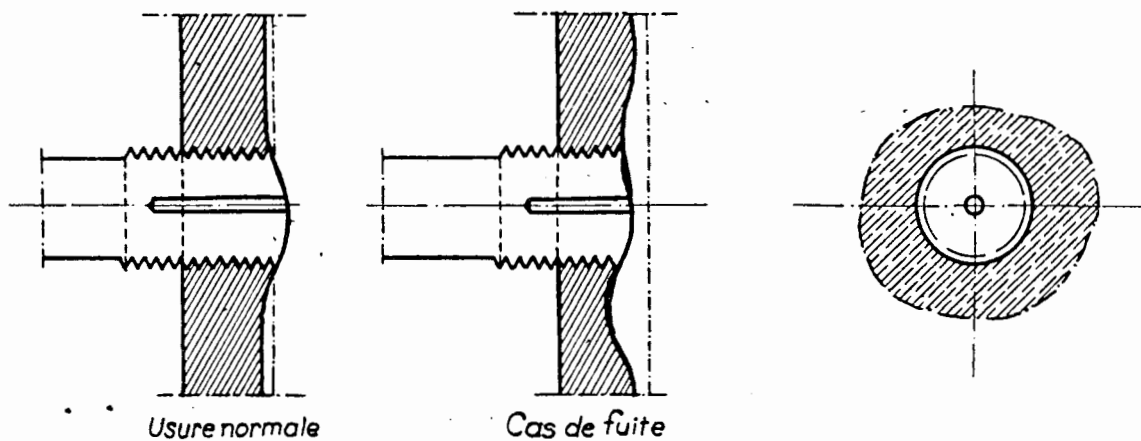


FIG. 7

qui provoquent aussi le dessertissage des tubes, ceux-ci perdent, l'eau corrode les tôles.

— Cordons (bordures) brûlés ou décollés (*fig. 7 B*).

— Usures extérieure ou intérieure.

Les tubes s'usent extérieurement, d'une façon irrégulière, sous l'action corrosive des eaux (*fig. 7 C*) et par la rouille. Les piqûres (2) de rouille peuvent s'étendre, former des plaques

(1) On dit encore corrosion ou usure.

(2) On dit encore corrosions pustulaires.

amincies et même des perforations se décelant par un point blanchâtre à l'intérieur. Les tubes fortement entartrés (*fig. 7 D*) présentent parfois des traces de surchauffe. Les tubes s'usent intérieurement sous l'action des gaz chauds, surtout aux extrémités côté foyer. Exceptionnellement il se produit des fissures longitudinales des cassures dans les parties mandrinées par suite de la mauvaise qualité du métal ou de mandrinages répétés (*fig. 7 B*).

Les éléments surchauffeurs, toujours moins bien refroidis que les tubes, s'usent par leurs culots, surtout ceux qui par leur conception sont peu épais (DM par exemple).

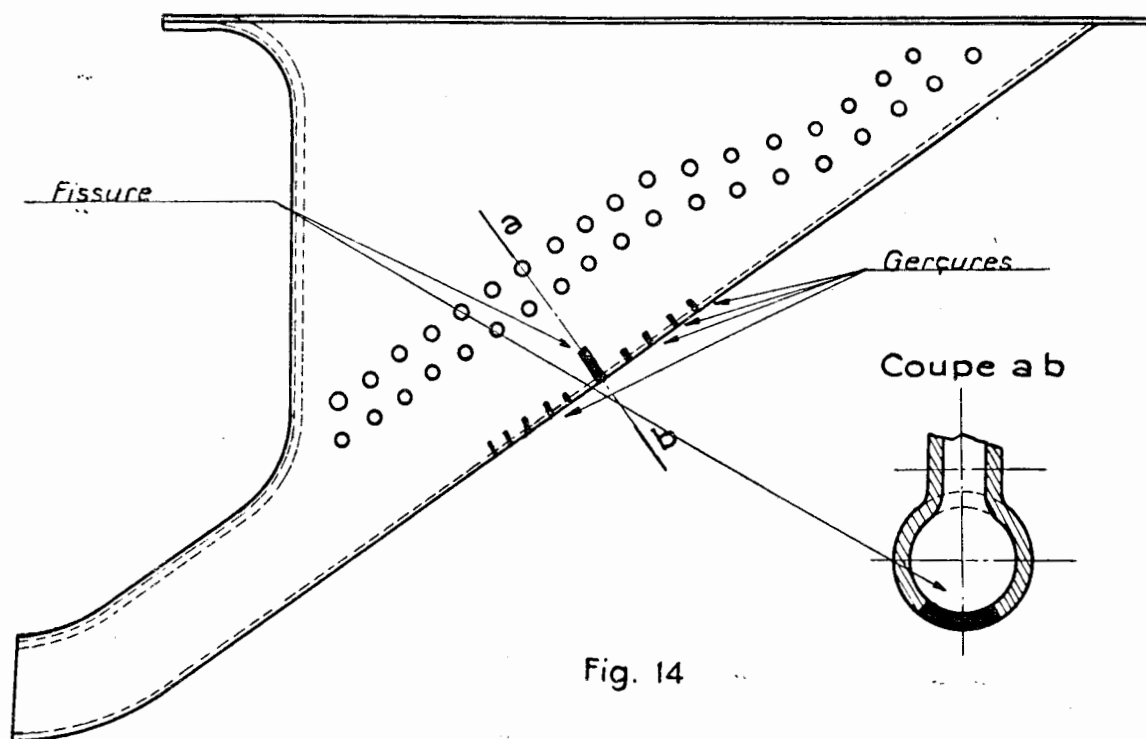


Fig. 14

— Déformation et écrasement de tubes devenus trop minces pour résister à la pression.

Siphon « Nicholson » (*fig. 14*).

— Gerçures et fissures dans la partie cylindrique, principalement vers le milieu. Sur les *figures 14 A* et *14 B* un certain nombre de fissures ont été réparées par S. E. Cassures entre les trous de rivets d'assemblage au ciel et leurs pinces; corrosions internes tout autour de la tôle du siphon dans l'arrondi de raccordement avec le ciel.

— Criques au raccordement du siphon et de la plaque tubulaire.

#### **d) Fissurations en étoile des tôles de foyers en acier au voisinage des trous d'entretoises.**

Il est souvent retiré du service d'importants morceaux de tôles de foyer parce qu'il existe autour des alvéoles d'entretoises des fissures radiales dites « fissures en étoile ». Ces fissures sont uniformément réparties autour des trous (*fig. 8*) ou possèdent (et c'est le cas le plus fréquent) une orientation privilégiée (*fig. 9*). Elles prennent naissance à la surface de la tôle soit du côté feu, soit du côté eau, soit des deux côtés simultanément. Ces deux systèmes de fissures se forment indépendamment l'un de l'autre.



Ces fissurations ont pour origine l'écroutissage du métal autour des trous.

Cet écroutissage est dû :

— *A l'usinage des trous.* Il n'existe qu'aux abords immédiats des trous et ne semble pas être augmenté par la pose ultérieure des entretoises, à la condition toutefois que cette pose soit exécutée avec le plus grand soin. (Il n'en est pas toujours de même puisque l'on constate fréquemment sur les tôles de foyer un écrasement visible du métal autour des têtes bouteroisées.)

— *à la mise en forme des foyers.* Dans certains ateliers, on perce dans la tôle, avant de procéder au cintrage, des trous d'un diamètre inférieur à celui de l'entretoise. Au cours du cintrage les lignes de trous se présentent parallèlement à l'axe des cylindres cintrateurs et la déformation, donc l'écroutissage se localise le long de ces lignes. Il en résulte que la tôle au lieu de prendre une forme cylindrique, devient sensiblement prismatique et ce n'est que par un calibrage ultérieur qu'elle prend la forme désirée; lors de ce calibrage, il se produit un nouvel écroutissage le long des lignes de trous. En définitive, l'écroutissage est notablement plus élevé le long de ces lignes que dans le reste de la tôle.

— *Aux déformations en service.* Il faut attacher ici une importance particulière à celles provenant des différences de températures dues à l'entartrement ainsi qu'aux contractions dues aux refroidissements et baisses de pression. Toutes ces déformations, dont il est difficile de prévoir les directions et qui varient probablement d'une machine à l'autre, se localisent près des trous d'entretoises.

L'écroutissage total a pour conséquence, une diminution des capacités d'allongement du métal. Or, l'allongement de rupture d'un acier doux présente sa valeur minimum vers 200°, les tôles de foyer qui atteignent 225 à 245° (quand elles sont propres) se trouvent donc en service dans les conditions les plus défavorables à ce point de vue.

Le mécanisme de la fissuration côté feu semble être le suivant :

— Au voisinage des trous d'entretoises où il a été montré que le métal est écroui et modifié par le vieillissement, les possibilités d'allongement sont plus faibles que dans les autres parties de la tôle. Comme, d'autre part, les déformations se localisent près des trous, c'est dans ces régions (qui sont à la fois les plus chargées et les moins susceptibles de s'allonger) que la fissuration doit nécessairement commencer, c'est aussi là que se limiteront les fissures si la qualité du métal est bonne (*fig. 10*).

— Si les déformations sont très importantes ou si la capacité d'allongement est particulièrement faible, c'est l'ensemble de la tôle qui présentera des craquelures. La *figure 10 bis* représente un type de craquelures dénommé « peau de pachyderme » observée sur un flanc de foyer côté feu. Ces craquelures peuvent avoir une direction privilégiée (*fig. 10 ter*), en général celle des alignements d'entretoises (*fig. 11*).

L'explication précédente permet de comprendre pourquoi, dans certains cas, la soudure des têtes d'entretoises entraîne la disparition des fissurations en étoile. Une soudure bien faite recuit le métal autour des trous et fait ainsi disparaître l'écroutissage dû à la construction du foyer. Malheureusement la soudure entraîne un état de tensions internes que l'on peut en première approximation considérer comme ayant une symétrie de révolution. Le manque d'allongement à chaud va entraîner dans ce cas particulier des fissures circulaires au lieu des fissurations radiales (*fig. 12*). Les deux types de fissures peuvent coexister sur une même tôle (*fig. 13*).

Certains dépôts d'autres Régions ont l'habitude pour assurer l'étanchéité des foyers présentant des fissurations, de passer au chalumeau les criques apparentes. Cette méthode, excellente en principe puisqu'elle permet de prolonger la durée en service des foyers, doit toutefois être appliquée avec certaines précautions car les tensions internes créées par ces soudures peuvent être à l'origine d'incidents graves.

Les fissures côté eau peuvent avoir la même origine que les fissures côté feu, mais elles peuvent aussi se produire suivant un processus d'un genre particulier :

— Le vieillissement consécutif aux divers écroutissages ci-dessus énumérés résulte d'une précipitation de nitrures dans l'acier.

— Cette précipitation provoque une hétérogénéité physico-chimique de la tôle qui entraîne une corrosion électrolytique.

En conclusion, la fissuration en étoile côté eau peut avoir pour origine, soit un manque d'allongement à chaud, soit une corrosion.

Le T. I. A. exerce, sans aucun doute, un effet heureux sur les fissurations, côté feu et côté eau, puisqu'il entraîne un abaissement de la température des tôles, une diminution des déformations parasites et la disparition de l'agressivité de l'eau.

#### e) Tirants et entretoises.

*Tirants verticaux fixes et de dilatation.*

— Obstruction du trou central par les scories.

— Usures des écrous, côté feu, et parfois du filetage par corrosion.

— Usure côté eau dans la partie inférieure exposée à l'eau et aux incrustations (*fig. 15 et 15 bis*).

Fissures et ruptures des tirants de boîtes à feu à berceau cylindrique, au ras du ciel de foyer ou du ciel de boîte à feu (tirants des 2 files longitudinales de rive de chaque côté dans les boîtes à feu Crampton).

— Dérèglement des tirants de dilatation.

*Tirants transversaux.*

— Cassures dans le filetage, aux extrémités côté eau, au ras des tôles de boîte à feu.

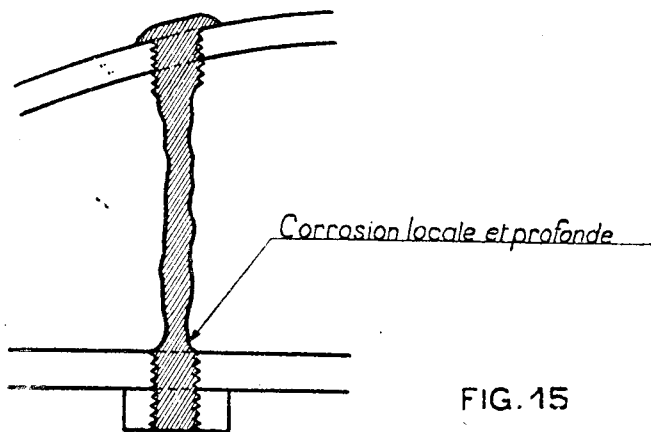


FIG. 15

*Tirants agrafes (fig. 16) tirants longitudinaux de plaque AR de boîte à feu.*

— Rupture des vis de fixation sur la plaque tubulaire.

— Cassure près l'épaulement du logement de la vis, notamment pour les tirants des côtés.

— Cassure au droit des rivets.

— Cassures dans le filetage des tirants longitudinaux qui comportent généralement un trou central, ou dans le corps qui ne comporte pas ce trou. Dans ce cas, le tirant se déplace sans difficulté ce qui indique qu'il est rompu.

*Entretoises.*

— Fuites aux têtes.

— Obstruction du trou central par les scories ou des mèches de débouchage.

Fissures sur les entretoises en acier, décelées au cours du perçage seulement.

— Usure des têtes, notamment pour celles en Cupro ou en bronze manganésé. Les agents destructeurs déjà cités (combustion, attaque chimique et frottement du combustible et des flammes) agissent surtout au retour de flamme près de la voûte et dans la partie inférieure du foyer (fig. 7). Le manque d'étanchéité et les matages aggravent cette usure.

— Rupture au ras des tôles de foyer ou de boîte à feu. C'est dans la partie supérieure du foyer où les flexions sont les plus importantes que les bris sont les plus fréquents. La rupture d'une entretoise surcharge les entretoises voisines qui risquent davantage de se rompre à leur tour.

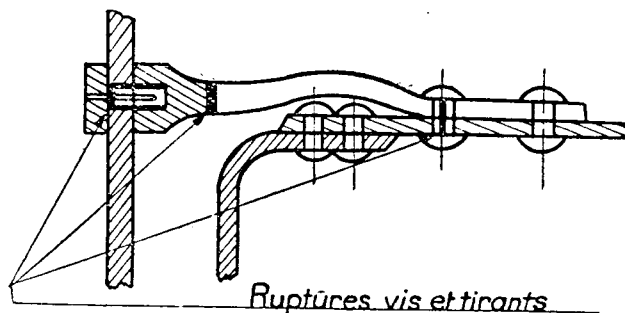


Fig. 16

## 2° Usures à la boîte à feu et au cadre de fondation.

a) **Plaque AV** (fig. 17).

— Fissures dans les arrondis verticaux et horizontal.

— Criques entre les entretoises des rangées verticales extrêmes.

Corrosions intérieures, au ras du cadre de fondation, quelquefois sous forme de sillons.  
Corrosions extérieures aux talons inférieurs

b) **Plaque AR** (fig. 18).

- Fissures dans les arrondis verticaux intérieurs.
- Criques entre les entretoises des rangées verticales extrêmes, entre les rivets de fixa-

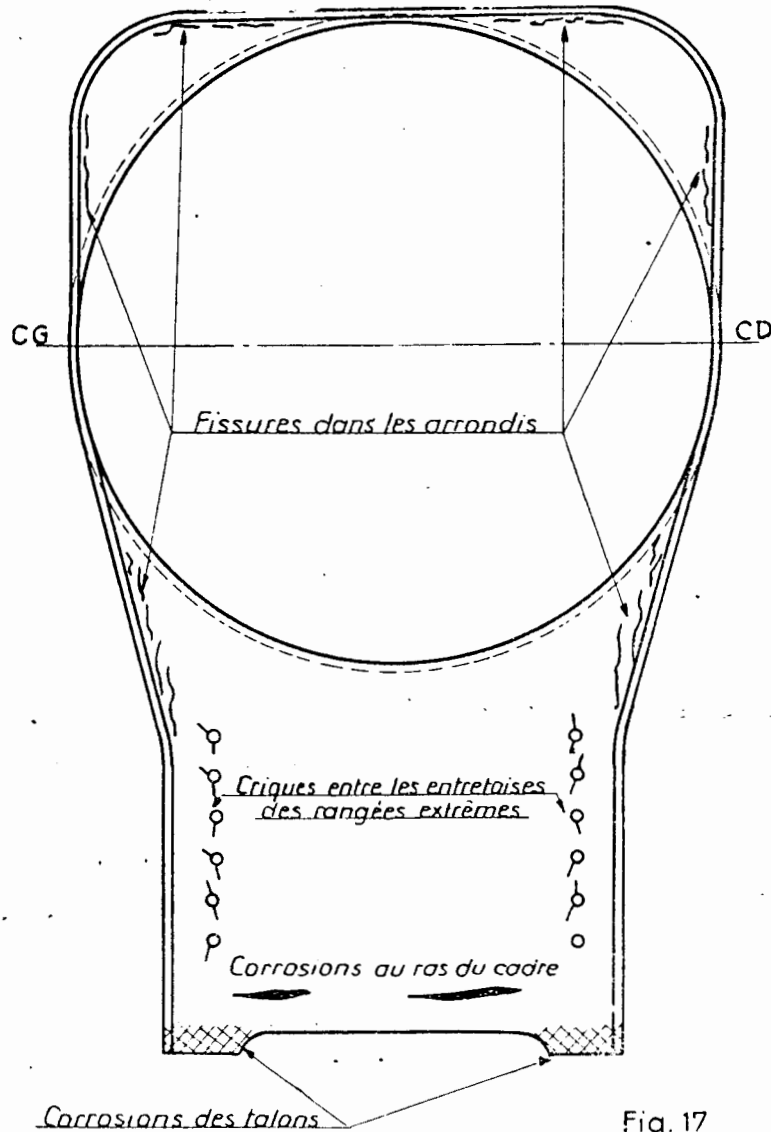


Fig. 17

tion sur la plaque arrière des tirants d'angles verticaux de la boîte à feu.

— Criques entre les orifices des tuyaux de prise de vapeur et de refoulement des injecteurs, pour certaines séries. De même autour des ouvertures non consolidées des bouchons de lavage on trouve des criques ou sillons en étoile qui pénètrent de plus en plus profondément dans la tôle.

- Corrosions intérieures, au ras du cadre de fondation.
- Corrosions extérieures aux talons inférieurs.
- Cassures aux armatures dans les pliages et les angles.

c) **Enveloppe** (*fig. 19*).

- Criques entre les trous des tirants transversaux.
- Fissures entre les trous de rivets ou en partant des trous de rivets vers les bords.
- Fissures provenant de l'exécution de soudures. Les *figures 19 A* et *B* montrent l'emplacement et l'aspect de fissures consécutives à l'exécution de cordons circulaires autour de têtes rapportés sur une enveloppe de boîte à feu de 141-P.
- Fissures au ras de la clouure longitudinale de l'assemblage de la partie supérieure

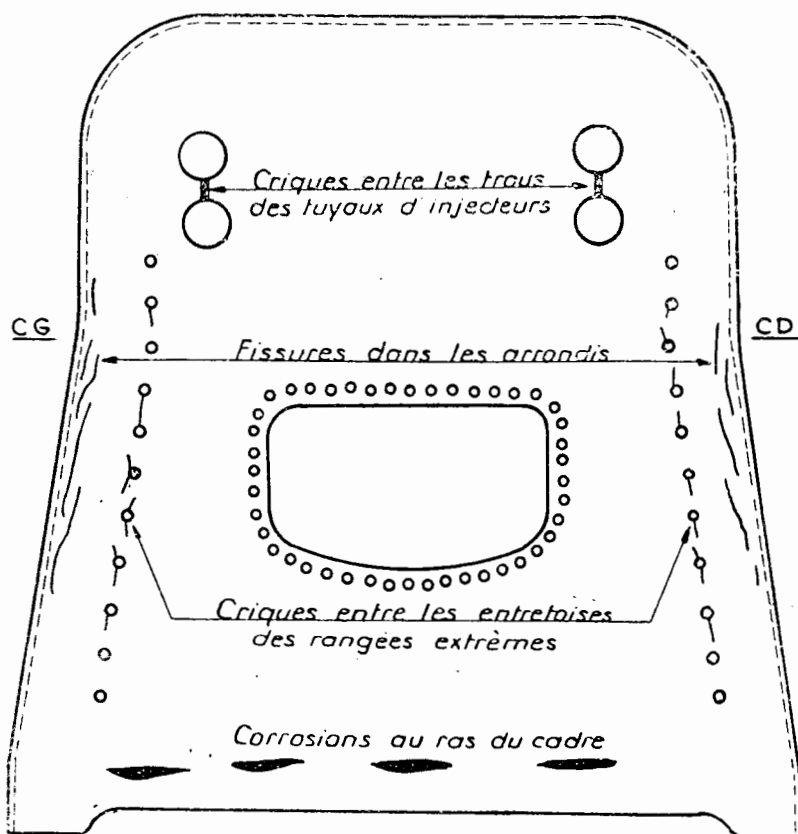


Fig. 18

avec les parois latérales (*fig. 19 C*) ou dans l'axe de la première rangée horizontale d'entretoises. Sur la *figure 19 C* les criques ont été ouvertes par cintrage de la tôle.

— Corrosions extérieures autour des autoclaves ou bouchons de lavage et des robinets de vidange. Ces corrosions sont dues à des fuites qui couvrent la tôle d'une couche calcaire; le tartre, hygroscopique, reste longtemps humide, l'humidité corrode la tôle.

— Corrosions intérieures au ras du cadre de fondation.

D'une manière générale, on remarque que les fissures et criques se produisent dans les endroits les plus fatigués soumis à des tensions alternatives (congés, ouvertures, contour des parties entretoisées rigidement) et suivant des directions normales aux efforts de traction et de compression.

C'est ainsi qu'à l'origine, les boîtes à feu à ciels ronds et à gros tirants transversaux ont donné lieu à des déformations et fissures systématiques (231-500). Les déformations se présentaient toujours suivant le tracé en éléments de la figure 19 bis :

--- Le ciel s'affaissait, dans la partie centrale de sa longueur de 5 à 6 mm.

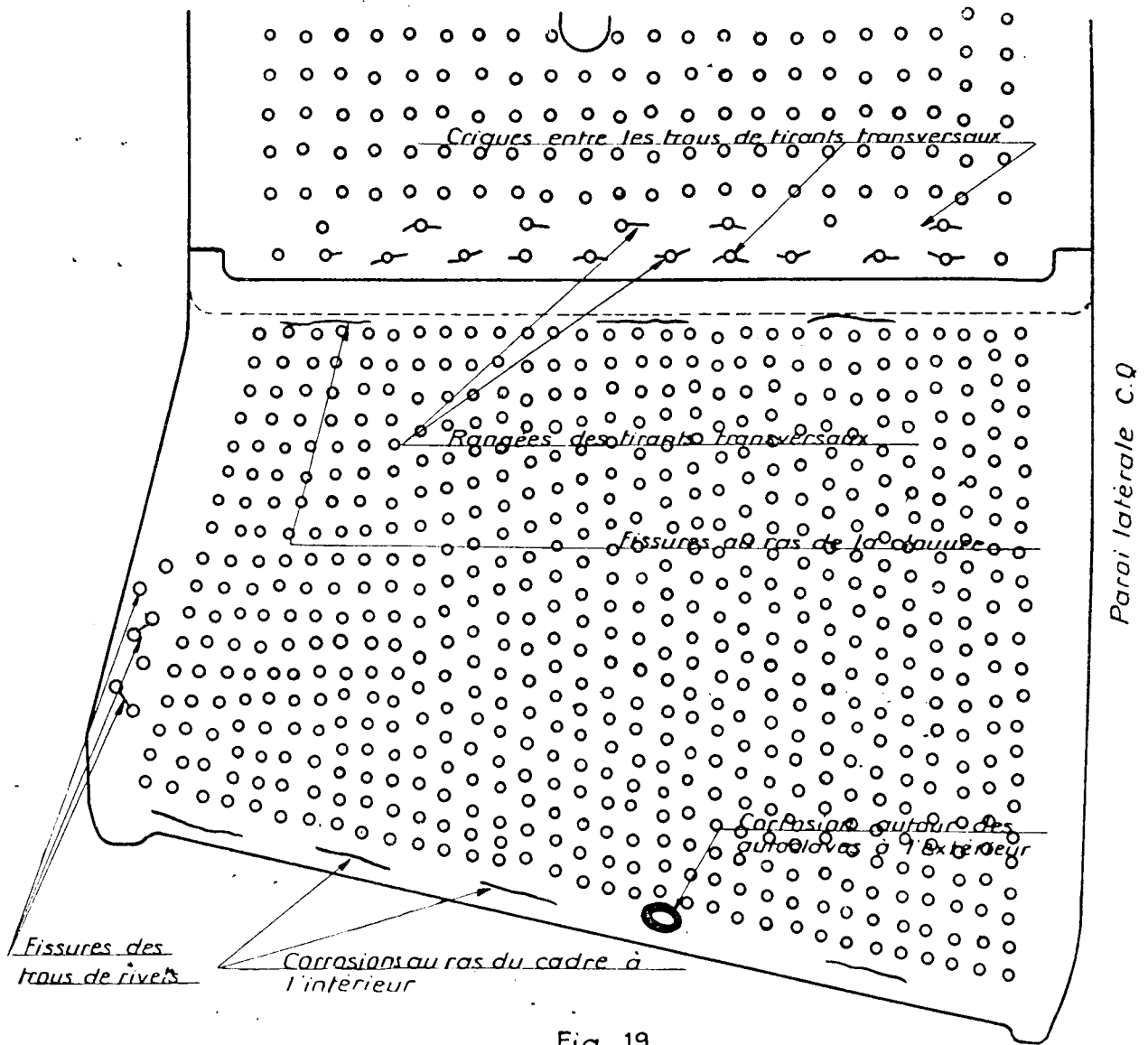


Fig. 19

--- Le pourtour au droit des première et deuxième rangées horizontales d'entretoises rentrait de plusieurs millimètres.

--- La jonction du ciel et des flancs se gonflait, on a mesuré jusqu'à 20 mm. de chaque côté.

Ces déformations avaient pour conséquences des fissures et l'on constatait :

--- La rupture des cornières d'attache des tirants mobiles.

--- Des fissures très graves du pourtour à la première rangée horizontale d'entretoises et parfois même à la deuxième.

La rupture de nombreux tirants des deux rangées longitudinales extrêmes de chaque côté.

Les remèdes systématiques apportés à ces anomalies ont été :

Le renforcement de l'armature du ciel de boîte à feu par addition de deux cornières transversales avec gousset de renfort.

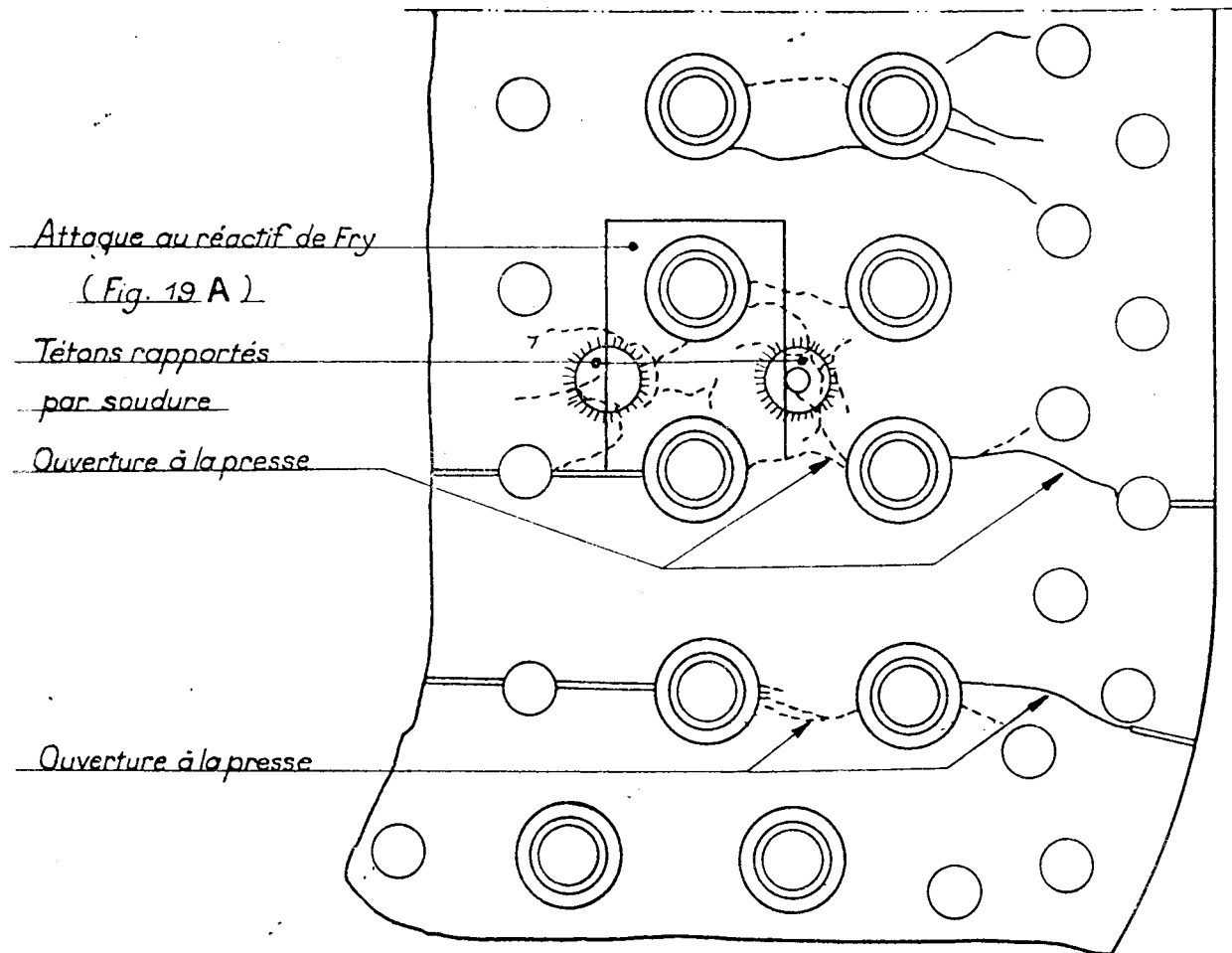


FIG. 19 B

- L'application de contre-pièces intérieures rivées après soudure des fissures et corrosions des deux rangées horizontales d'entretoises (fig. 141 bis).

L'écroutissage local qui résulte de ces efforts alternés provoque une hétérogénéité physico-chimique de la tôle qui entraîne à son tour, côté eau, des corrosions électrolytiques.

Indépendamment de ces corrosions locales (électrolytiques côté eau, calcaires extérieures) il existe une corrosion extérieure générale consistant dans la formation d'une couche de rouille brune se formant sous la couche protectrice de peinture.

**d) Cadre de fondation.**

— Cassures partielles ou complètes, dans les angles côté eau, à l'AV principalement. Décollement des soudures du cadre aux parois du foyer; Ebranlement ou rupture des rivets, des goujons d'assemblage des parois de foyer sur le cadre.

— Pour les foyers longs, déformation permanente (*fig. 20*) du cadre insuffisamment rigide.

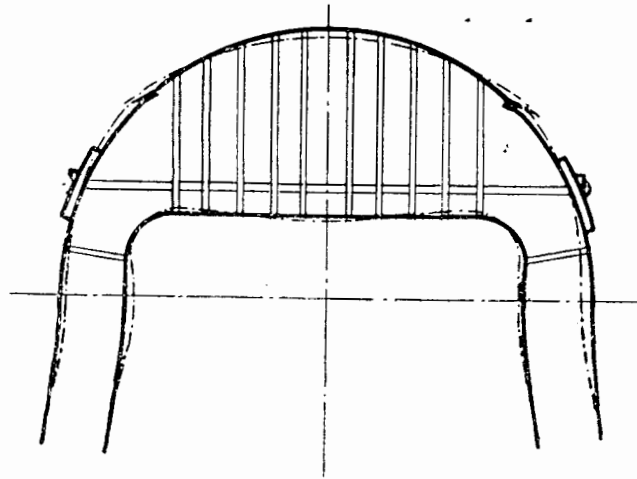


FIG. 19 bis

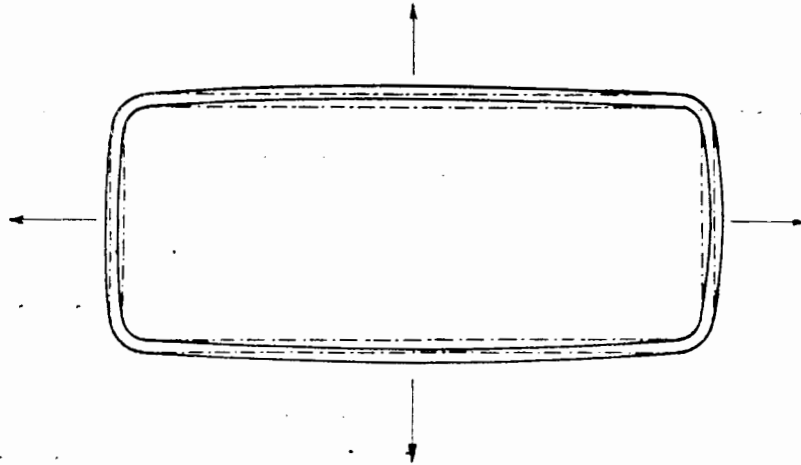


FIG. 20

**3° Corps cylindrique, plaque tubulaire de boîte à fumée et dômes.**

**a) Viroles du corps cylindrique (*fig. 21*).**

— Piqûres ou érosions pustulaires intérieures, à la partie inférieure. Ces piqûres se trouvent dans la partie baignée par l'eau. Elles sont plus ou moins profondes et rapprochées

et d'autant plus dangereuses, lorsque le T. I. A. n'est pas appliqué, qu'elles ne peuvent être décelées qu'après détartrage complet.

— Plages d'érosions.

— Érosions circulaires au ras des pinces, intérieures et extérieures.

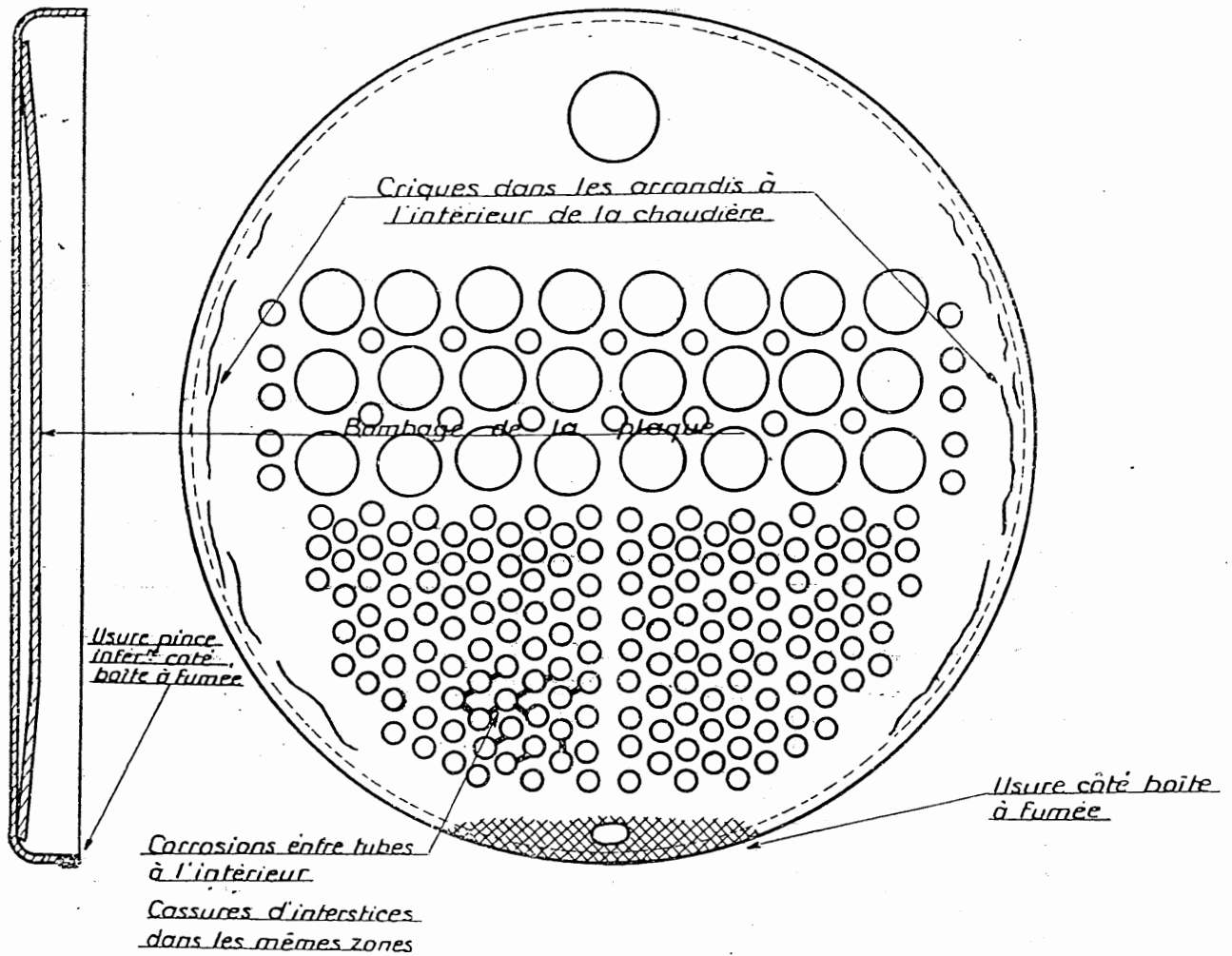


Fig. 21 bis

— Fissures intérieures et extérieures, le long des clouures longitudinales des viroles assemblées par joint à clin à bords droits ou à bords croqués (1).

(1) Des clouures à clin à bords droits sont soumises à une flexion de la tôle dans les deux zones voisines (a) et (b) de la pince se traduisant par une tension sur une face de la tôle, et une compression sur l'autre face, qui augmentent considérablement la fatigue du métal.

Cette fatigue est diminuée en donnant à la tôle la forme à bords croqués qui place la fibre moyenne sur une circonférence. Dans les deux cas, cette fatigue est accrue quand l'eau d'alimentation est introduite à proximité de la clouure, à basse température en stationnement, d'où nécessité d'examen très sérieux de ces clouures, en attendant le remplacement au cours des G. R. des viroles à clin droits et à clin à bords croqués par des clouures à couvre joints comme les Grands Réseaux l'ont décidé en 1933.



Usure partie inf<sup>re</sup> de la virole

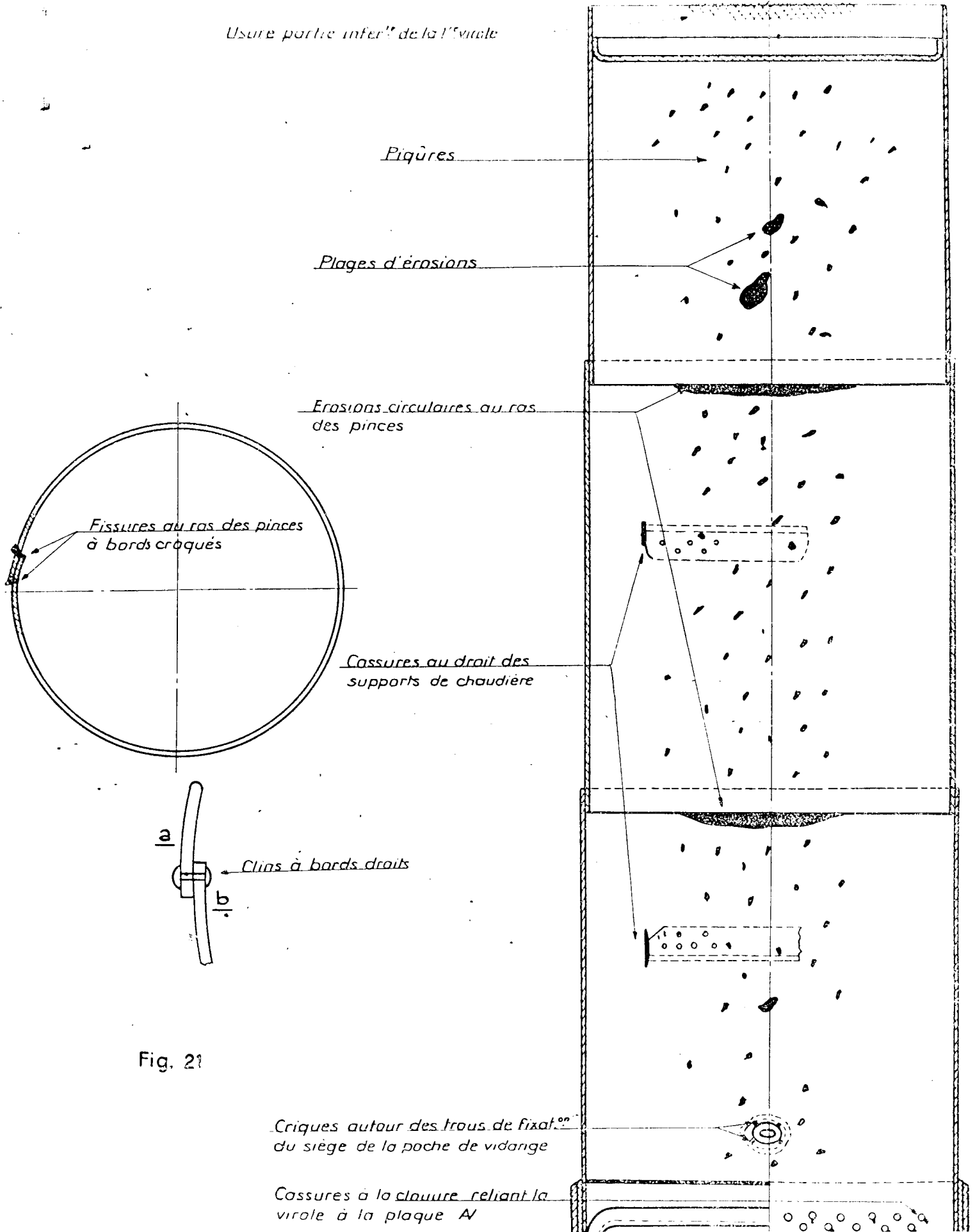


Fig. 21

-- Cassures au droit des supports de chaudière provenant d'une sorte de battage des tôles dues aux trépidations en marche.

Cassures à l'ouverture du dôme.

Criques autour des trous de fixation des sièges de poches de vidange et trous d'auto-claves.

-- Usure de la partie inférieure de la virole AV, dans la boîte à fumée.

-- Fissures de la cornière d'assemblage du corps cylindrique avec la plaque tubulaire de boîte à fumée, quand cette dernière est à fond plat.

-- Cassures à la clouure AR reliant la dernière virole avec la plaque AV de boîte à feu.

D'une manière générale les fissures se présentent aux clouures, près des assemblages, renforcements et attaches, c'est-à-dire des endroits où, sous l'effet de la pression intérieure, les tensions ne sont pas aussi bien réparties que dans les parties cylindriques non découpées. Toutefois le vieillissement des tôles peut provoquer des fissures à n'importe quel endroit.

Les corrosions locales se présentent partout où il y a manque d'étanchéité, c'est-à-dire près des assemblages et dans les parties inférieures.

#### **b) Plaque tubulaire de boîte à fumée (fig. 21 bis).**

-- Cassures d'interstices (peu fréquent).

-- Criques ou fissures, dans l'arrondi, généralement à D et G. Les déformations alternatives de la plaque dues à la dilatation différente des tubes et du corps cylindrique par suite de la différence de température fatiguent en effet l'assemblage avec le corps cylindrique.

-- Corrosions aux interstices et dans l'arrondi inférieur côté eau.

-- Usure à la partie inférieure, côté boîte à fumée, autour de l'autoclave, avec usure de la pince et des rivets. Ces usures proviennent des dépôts de fraisil tantôt incandescent, tantôt baigné par l'eau d'arrosage. La température élevée régnant dans la boîte à fumée contribue à accélérer l'attaque chimique par l'oxygène; la vapeur d'eau et l'anhydride sulfureux contenus dans les gaz chauds.

-- Bombage permanent de la plaque sous l'effet de la pression et de la dilatation du faisceau tubulaire.

-- Cassures dans le pliage et les angles des armatures.

#### **c) Dômes.**

-- Usure de la portée du joint.

-- Cassures entre les trous de rivets de fixation pour certaines séries.

-- Fissures et criques à l'intérieur des congés des calottes (dômes à plateaux).

Cassures aux orifices des robinets de prise de vapeur.

#### **d) Boîte à fumée.**

-- Usure de la virole aux endroits les plus exposés (dépôt de fraisil et rouille) et usure du double fond de protection.

-- Usure de la tôle avant et de sa portée; elle provoque des rentrées d'air qui favorisent la combustion du fraisil, la déformation ou la brûlure des tôles.

Déformation de la porte par la chaleur lorsqu'elle n'est pas assez épaisse ou mal appliquée par les loquets ou mal ajustée par sa portée sur la tôle avant.

## B. — OPÉRATIONS PRÉALABLES A LA VISITE DE LA CHAUDIÈRE

### EXPERTISE

#### 1<sup>o</sup> Généralités.

Le décret du 2 avril 1926 (art. 39) prescrit, « à l'effet de reconnaître l'état de chaque appareil à vapeur et de ses accessoires », un examen complet de la chaudière, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, par une personne apte à reconnaître les défauts de l'appareil et à en apprécier la gravité, cette condition exigeant une compétence technique très spéciale et une conscience professionnelle avérée :

*a) Aussi souvent qu'il est nécessaire*, sans que l'intervalle entre deux visites complètes successives puisse être supérieur à dix-huit mois (1) à moins que l'appareil ne soit en chômage (2). Dans ce dernier cas, l'appareil ne peut être remis en service qu'après avoir subi une nouvelle visite complète, si la précédente remonte à plus de dix-huit mois.

*b) Avant de procéder à un renouvellement de l'épreuve décennale.*

Lorsque certaines parties de la chaudière sont inaccessibles à la visite, le nécessaire doit être fait pour la vérification de leur état, par le démontage d'un nombre suffisant de tubes à fumée, par le déblocage de certaines parties, ou par toutes autres mesures appropriées, au moins pour la visite qui précède l'épreuve.

Pour les réépreuves faites avec surcharge élevée, bien que la visite ait eu lieu avant l'épreuve, la réépreuve doit être suivie d'un examen intérieur, dont le compte rendu est envoyé à l'Ingénieur des Mines avant remise en service de l'appareil (article 6 du décret du 2 avril 1926).

Pour bien connaître l'état des chaudières, et pour faciliter les visites, il est donc indispensable que toutes les avaries ou usures qu'elles permettent de constater soient indiquées clairement sur les états signalétiques prévus par la Notice Technique N<sup>o</sup> 41 T. Des erreurs ou des négligences dans ce report peuvent faire commettre des erreurs d'appréciation et nuire au bon établissement des programmes de réparations.

Pour procéder à une visite complète, il est indispensable que les accessoires non rivés à la chaudière soient démontés (dômes, autoclaves, bouchons ou plateaux de lavage, etc...) en vue de l'examen minutieux et aussi complet que possible des parties intérieures par les orifices correspondants, soit par vue directe, soit à l'aide de lampes spéciales et de miroirs dont il est question plus loin.

*On ne doit jamais hésiter à faire tous les démontages reconnus nécessaires pour déceler les avaries.*

Avant chaque visite, la chaudière à examiner doit être lavée soigneusement.

#### 2<sup>o</sup> Préparation d'une visite complète précédant une réépreuve.

Avant cette préparation, il est indiqué de procéder, quand la chaudière est encore pleine d'eau, jusqu'au niveau inférieur de l'orifice du régulateur, à l'examen de ses différentes parties

(1) Le délai de dix-huit mois est spécifié à titre de maximum, la circulaire ministérielle du 3-12-1926, recommande de le fixer à un an.

(2) Par appareils en chômage, il faut entendre les machines garées.

et, notamment, des assemblages de tôles, des extrémités d'entretoises et de tirants, dont le trou central a été préalablement débouché, les fuites, mêmes légères, devant appeler l'attention sur les points à examiner particulièrement.

#### a) Foyer.

Démonter la voûte, la grille, les supports de voûte et de grille, les pare-vingards.

Enlever quelques tubes dans la partie basse du faisceau tubulaire (si la tubulure n'est pas à remplacer) pour visite des tirants agrafes reliant la partie inférieure de la dernière virole, à la plaque tubulaire.

En retirer également quelques-uns répartis sur toutes les parties du faisceau pour vérifier l'état des tubes et des alvéoles, ces derniers devant être, lors des détubages complets, nettoyés au besoin et alésés; rechercher les cassures d'interstices, notamment lorsqu'il s'agit de plaques en cuivre.

Pour les foyers en cuivre, enlever quelques entretoises dans les parties basses (parois-plaques tubulaire et arrière) dans les zones présentant de l'usure, pour mesurer l'épaisseur des tôles.

Pour les foyers en acier, et pour quelques séries désignées, enlever les entretoises ayant donné lieu à fuite par le trou central et, d'autres dans les zones habituelles de ruptures et d'amorces de cassures, pour se rendre compte de l'importance des fissurations.

Pour les foyers à tirants verticaux, piquer et nettoyer la base des tirants du ciel accessibles, pour déterminer l'importance de la corrosion en mesurant le plus petit diamètre. Pour les autres, sortir quelques tirants, soit :

— pour vérification de leur diamètre, en ayant soin de ne pas percer, côté foyer, à une profondeur supérieure à l'épaisseur du ciel, de façon à conserver la zone d'usure du tirant pour en mesurer le diamètre;

— pour vérification de l'état du filetage du tirant et de la plaque;

— pour reconnaître les fissurations et leur importance, principalement dans les rangées longitudinales de rive des locomotives ayant des boîtes à feu à berceau cylindrique.

Sans être accessibles les tirants peuvent être examinés par l'intérieur dans les mêmes conditions que le dessus du ciel de foyer. Les fissurations se remarquent parfois par un trait noirâtre sur la légère couche de calcaire qui peut s'être déposée sur le corps du tirant. Quand il y a eu fuite sous l'écrou du tirant côté foyer, on peut craindre l'oxydation du filetage dans le ciel de foyer et même la disparition complète du filet. Il faut donc s'assurer au besoin de l'état des filetages.

Sabler les arrondis de la plaque tubulaire de foyer, les cloisons entre alvéoles et les cordons de tubes pour rechercher les fissures et décollements de soudures.

Sabler également les arrondis de la plaque AR et du ciel pour rechercher les fissures. On tâche de se rendre compte de l'étendue et de la profondeur de ces défauts, en utilisant éventuellement un jeu de lamelles d'acier.

Pour les foyers en acier, il est recommandé de sabler également à la partie basse des parois et aux soudures des pinces, pour rechercher les amorces de criques, autour des entretoises et les décollements de soudure.

Toute la partie inférieure du siphon « *Nicholson* » ainsi que les surfaces de raccordement avec la plaque tubulaire, où se produisent habituellement les fissures doivent recevoir la même préparation.

— Démonter les bouchons fusibles.

#### b) Boîte à feu.

Démonter les enveloppes des parois latérales, celles de la partie supérieure et des faces AV et AR et nettoyer les tôles de chaudières à la brosse pour enlever la couche d'oxyde ou les incrustations calcaires.

Démonter les montures de niveau d'eau, robinets de jauge, tous les autoclaves et bouchons de regard.

Démonter au besoin pour examen direct du ciel de foyer le siège des soupapes de sûreté et la colonne du sifflet.

### c) Corps cylindrique.

Démonter :

— la calotte ou le plateau du dôme pour permettre à l'agent visiteur de pénétrer à l'intérieur de la chaudière. Sortir le régulateur et sa tringle le cas échéant;

— l'enveloppe du dôme ou écarter les tôles pour vérification des rivets d'assemblage et de la pince de jonction sur le corps cylindrique.

— le support intermédiaire des tuyaux de refoulement des injecteurs lorsqu'ils sont placés à l'intérieur, afin de faciliter le passage de l'agent visiteur, pour l'examen par vue directe de l'AV du foyer et de la plaque AV de boîte à feu.

— Dans le cas de chaudières détubées, nettoyer soigneusement, et piquer l'intérieur du corps cylindrique pour rechercher les piqûres et corrosions de la partie inférieure et des parties voisines des arrivées d'eau d'alimentation dans la chaudière et des orifices de prise de vapeur.

— Ecarter les enveloppes à la partie inférieure du corps cylindrique pour examen des clouures circulaires des viroles.

— Démonter tous les autoclaves et bouchons de regard.

### d) Boîte à fumée.

— Nettoyer et piquer la partie inférieure.

— Piquer et sabler l'arrondi de la plaque et la pince inférieure, y compris les rivets.

— Nettoyer la plaque notamment entre les alvéoles des tubes inférieurs.

## 3<sup>o</sup> Epreuve décennale des chaudières.

Le décret du 2 avril 1926 traite en particulier la question des épreuves décennales des chaudières et des surchauffeurs.

Aucune chaudière neuve ne peut être mise en service sans avoir subi l'épreuve réglementaire.

*L'épreuve doit être renouvelée :*

1<sup>o</sup>) Lorsque la chaudière a subi un changement ou une réparation notable.

2<sup>o</sup>) Avant l'expiration d'une période décennale suivant la dernière épreuve.

L'épreuve consiste à soumettre la chaudière à une pression hydraulique supérieure à la pression d'utilisation effective.

La surcharge d'épreuve est égale :

1<sup>o</sup>) à la pression effective pour les chaudières timbrées de 0,5 hpz à 6 hpz;

2<sup>o</sup>) à 6 hpz pour les chaudières timbrées de 6 à 12 hpz;

3<sup>o</sup>) à la moitié de la pression effective pour les chaudières timbrées au-dessus de 12 hpz.

La surcharge d'épreuve est réduite au tiers de celle indiquée ci-dessus lorsque le renouvellement d'épreuve n'est précédé ni de réparation ni d'élévation du timbre ou n'est pas exigé pour une cause de suspicion.

L'épreuve est effectuée par un Ingénieur des Mines et précédée d'une visite donnant lieu à l'établissement d'un compte rendu.

Après l'épreuve il est apposé sur la chaudière une médaille portant le timbre et trois nombres indiquant le jour, le mois et l'année de l'épreuve.

En outre, toute chaudière doit comporter une plaque d'identité indiquant le nom du constructeur, le lieu, l'année et le numéro d'ordre de fabrication.

#### *Mode opératoire.*

1<sup>o</sup>) Isoler toutes les communications extérieures de la chaudière à l'aide de joints pleins maintenus par des brides.

2<sup>o</sup>) Remplir d'eau la chaudière en ayant soin de faire évacuer l'air par le robinet placé à la partie supérieure du dôme.

3<sup>o</sup>) Brancher sur la chaudière une pompe hydraulique.

4<sup>o</sup>) Faire monter la pression à la valeur indiquée par le décret.

5<sup>o</sup>) Effectuer avec le représentant des Mines une visite complète de la chaudière. La pression doit se maintenir constante sans qu'il y ait besoin de pomper et aucune fuite ne doit se révéler.

6<sup>o</sup>) Poinçonner la ou les médailles.

7<sup>o</sup>) Vidanger la chaudière.

Avant l'épreuve officielle l'atelier fait une épreuve au timbre de la chaudière pour s'assurer de son étanchéité absolue.

#### *Epreuve à chaud.*

Après l'épreuve officielle monter les soupapes de sûreté, allumer la chaudière remplie à son niveau normal et la maintenir une heure en pression.

La chaudière devra être attentivement examinée pendant sa mise en pression et surtout pendant son refroidissement, et les fuites ou autres anomalies soigneusement notées.

#### *Epreuve du surchauffeur.*

Avant montage dans la chaudière le surchauffeur complet devra subir une épreuve réglementaire à la presse hydraulique, la pression d'épreuve étant la même que celle de la chaudière. Pour cet essai le remplissage du surchauffeur se fera lentement en inclinant les tubes par le bas pour permettre à l'air contenu dans ces tubes de s'évacuer par la tubulure d'entrée du collecteur.

#### *Lavage de la chaudière.*

Avant l'épreuve hydraulique laver la chaudière à l'eau en raclant soigneusement les lames d'eau de façon à expulser les corps étrangers (copeaux, tronçons d'entretoises, etc...).

Avant l'épreuve à chaud introduire dans la chaudière une solution caustique (4 à 5 kg. de potasse) destinée à saponifier les matières grasses déposées sur les parois, les tubes et les entretoises.

Après cette épreuve procéder au lavage.

### **4<sup>o</sup> Autres visites périodiques.**

Lorsqu'il n'existe, au moment de ces visites périodiques, aucune raison de suspecter le bon état d'une partie quelconque de la chaudière la Circulaire ministérielle accompagnant le décret d'avril 1926 les autorise, sans enlèvement d'enveloppes et sans autres démontages

que ceux des assemblages amovibles. S'il existe le plus léger doute sur le bon état d'une ou plusieurs parties de l'appareil, inaccessibles à la visite dans les conditions ci-dessus, les démontages reconnus nécessaires doivent être opérés.

Il y a intérêt à faire coïncider ces visites périodiques avec toute grosse réparation entreprise à une locomotive en service (levage ou R. I. par exemple) pour découvrir les défauts qui pourraient nécessiter des travaux prolongés ou même l'intervention des grands ateliers.

### 5° Appareils et outils utilisés.

#### a) Appareils de visite et de mesure.

La visite intérieure de la boîte à feu s'effectue à l'aide d'une lampe électrique petit modèle et d'un petit miroir articulé monté sur tige (fig. 22) que l'on introduit par les orifices de lavage ou à l'aide de la lunette endoscope spéciale (1). La figure 23 représente un appareil permettant de mesurer les épaisseurs des parois de foyers; la figure 24 un appareil pour mesurer le creux des parois, la figure 25 un appareil pour mesurer la profondeur des érosions, notamment celles des viroles du corps cylindrique.

#### b) Marteau vibreur pneumatique (fig. 26).

Cet outil sert à décoller les couches

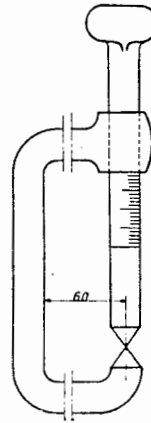


Fig. 23

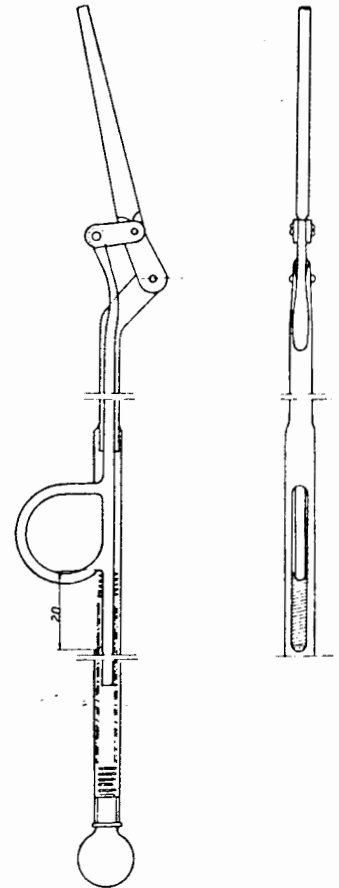


Fig. 22

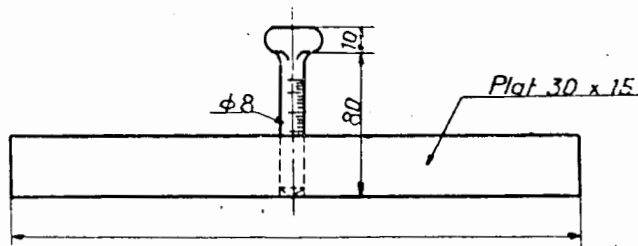


Fig. 24

de tartre adhérant trop fortement aux tôles intérieures de la chaudière pour pouvoir être déblayées facilement avec des outils à main.

Il est composé essentiellement d'un manche d'admission d'air comprimé muni d'une poignée d'admission, puis d'une tête qui contient le marteau frappeur M.

Le fonctionnement de cet appareil est fort simple; lorsqu'en tournant la poignée d'admission, on ouvre l'arrivée d'air comprimé, celui-ci remplit l'espace en noir du croquis 1 par le canal c foré dans le marteau; celui-ci est projeté vers l'avant et, de ce fait, il prend la position du croquis 2; l'on voit ensuite que l'air comprimé de la chambre a s'échappe, tandis que l'air comprimé de la chambre b relève le marteau.

(1) La lunette endoscope est un appareil destiné à éclairer et rendre visible l'intérieur des cavités pour en faciliter l'examen. Le principe général de l'endoscope est l'introduction dans la cavité d'un tube muni de miroirs réfléchissants dont l'intérieur est éclairé par une minuscule lampe électrique portée dans l'instrument.

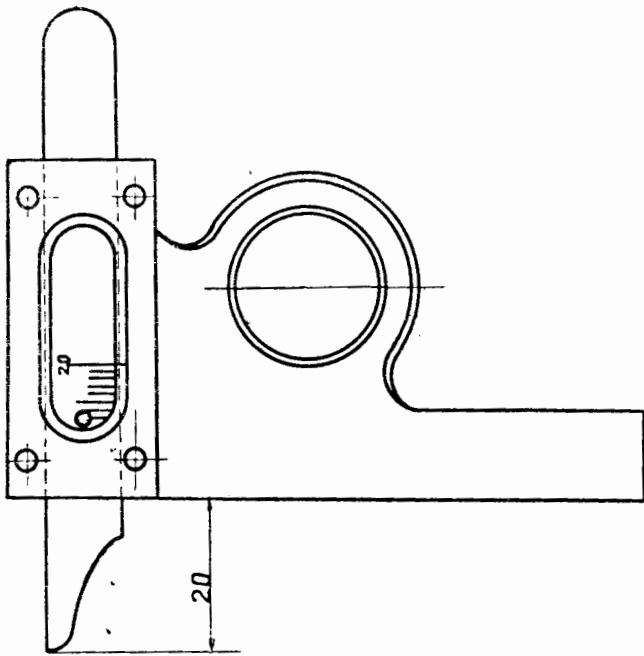


Fig. 25

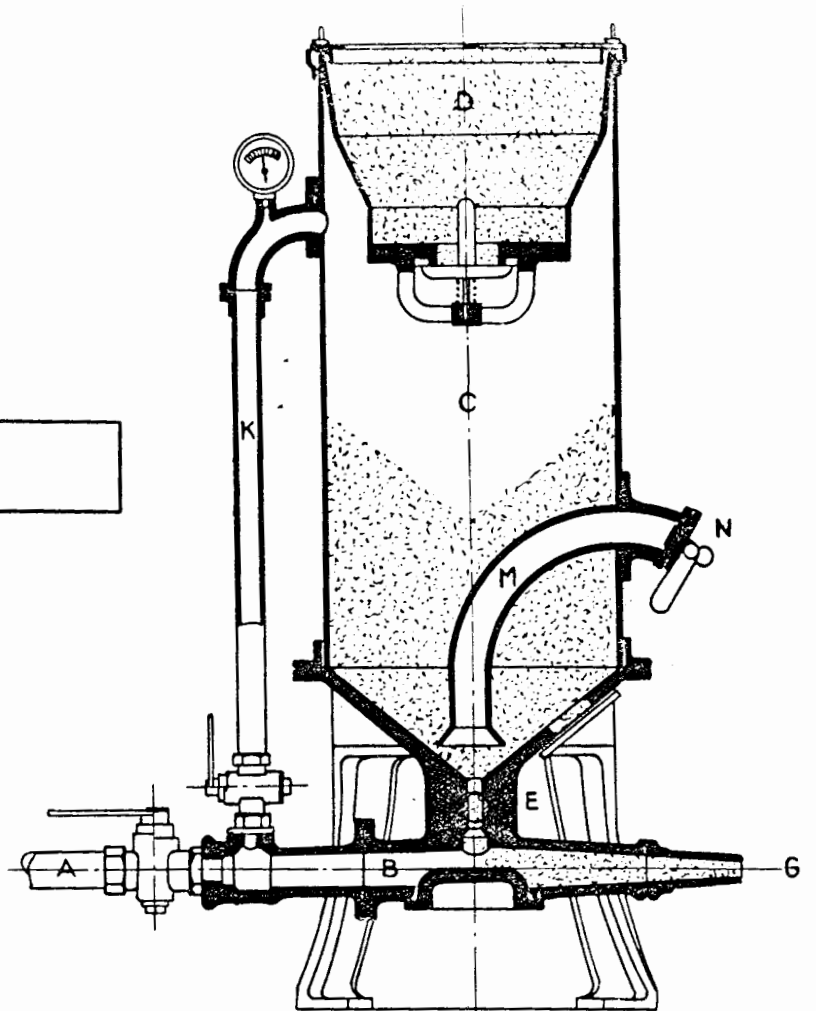


Fig. 27

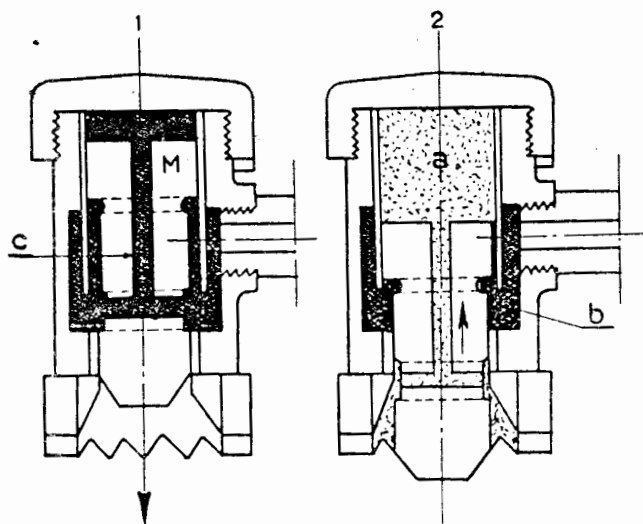
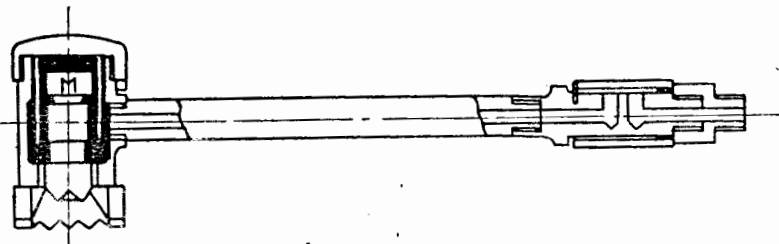


Fig. 26



c) **Appareil sableur** (fig. 27).

L'installation comprend un générateur d'air comprimé à basse pression, ou bien, lorsqu'on dispose d'air comprimé à haute pression, d'un détendeur réduisant la pression à 1 à 2 hpz.

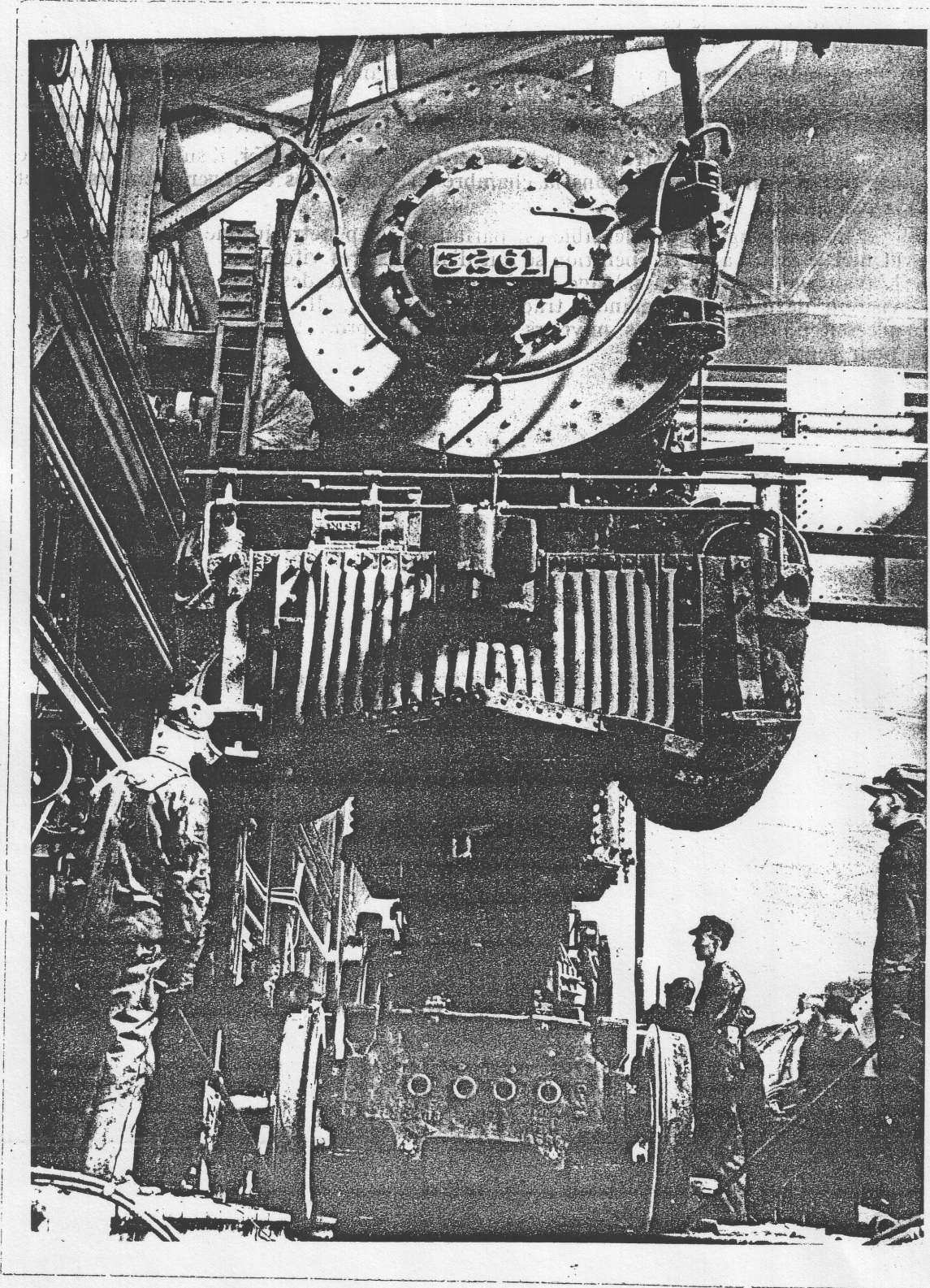
L'air comprimé est amené par A dans un éjecteur B, tandis que le tuyau K amène la pression dans le réservoir C.

Le sable s'écoule par le robinet E et est entraîné par le jet d'air comprimé dans la conduite G qui l'amène à la lance.

L'alimentation faite avec du sable rude et très sec se fait par la trémie D.

Si l'appareil est obstrué par la présence d'un corps étranger, il suffit d'ouvrir N et d'amener par E l'air comprimé dans la chambre C. Tout corps étranger est alors projeté par le tuyau M vers l'extérieur.

Le nettoyage au jet de sable est parfait, le jet pénètre jusque dans les moindres recoins et met le métal à nu. L'opération se fait d'ailleurs très vite et est relativement peu coûteuse. L'avantage essentiel du sablage est de rendre la visite des tôles aisée et de permettre au visiteur de déceler la moindre trace de fissuration. Il a, par contre, l'inconvénient de nécessiter l'emploi par les ouvriers de masques protecteurs qui rendent le travail pénible pour ceux-ci.



## AVANT-PROPOS AUX CHAPITRES II, III ET IV

Au 1<sup>er</sup> janvier 1947, 1.286 machines en service possédaient des foyers acier (y compris trente-quatre 141-P et deux cents trente-sept 141-R), 362 machines possédaient des foyers mixtes (plaque tubulaire acier), les autres, soit 700 machines environ, possédaient encore des foyers cuivre.

### 1<sup>o</sup> Règles relatives à l'emploi de la soudure.

Les progrès réalisés dans les procédés de soudure autogène à l'arc ou au chalumeau du cuivre et de l'acier permettent d'exécuter couramment les différents travaux d'assemblage et de réparation des foyers de locomotives et d'obtenir ainsi les meilleurs résultats quant à la qualité et au prix de revient, sous la réserve que certaines conditions techniques d'exécution soient respectées.

L'expérience a montré, en effet, que les insuccès parfois observés, sont tous dus soit à l'emploi d'une main-d'œuvre insuffisamment expérimentée, soit à des conditions matérielles défavorables (cuivre ne possédant pas les caractéristiques de soudabilité nécessaires, par exemple).

En conséquence, l'emploi de la soudure est généralisé à certains travaux de chaudronnerie, dans les conditions indiquées ci-après :

#### a) Grands ateliers.

a) Les pièces rapportées dans les foyers en remplacement de parties usées, fissurées, etc... doivent être soudées et non rivées ou vissées aux parties conservées.

b) La confection des foyers neufs en acier est également exécutée par soudure.

c) En cas de remplacement des flancs de boîtes à feu ou de portions de plaques AV ou AR de boîtes à feu, la partie rapportée est soudée bord à bord avec la partie conservée, à condition toutefois que la ligne de soudure se trouve dans une zone entretoisée.

d) Les tôles d'acier destinées à la confection et à la réparation des foyers et des boîtes à feu sont découpées au chalumeau à commande mécanique, de manière à obtenir un chanfrein parfaitement net. Ce chanfrein est laissé brut, sans usinage ni meulage ultérieur, qu'il soit destiné à être maté ou soudé.

#### b) Dépôts.

Les réparations de foyers dans les Dépôts sont également effectuées, en principe, par soudure.

Premier cas. — Éléments en acier.

La réparation des tôles et plaques de foyers en acier doit toujours être exécutée par soudure à l'arc électrique, par soudeurs habilités.

Deuxième cas. — Éléments en cuivre.

La réparation par soudure au chalumeau des foyers en cuivre ne doit être confiée qu'à des soudeurs particulièrement entraînés à ce genre de travail; comme la formation de ces spécialistes a été abandonnée à la suite de la généralisation des foyers acier on revient généralement aux anciens procédés de réparation par application de pièces rivées. Il en est de même s'il est reconnu, par des essais préalables sur éprouvettes, que le cuivre du foyer n'est pas soudable.

## 2<sup>o</sup> Règles relatives à la confection et à l'assemblage des pièces.

Les assemblages de chaudronnerie sont caractérisés par le fait qu'ils doivent être étanches et ne présenter aucun point où la résistance mécanique soit affaiblie.

L'étanchéité qui n'est obtenue que par des matages superficiels ne présente aucune garantie de durée. Les surfaces en contact doivent coller parfaitement entre elles avant tout rivetage, ce qui ne peut être obtenu qu'en prenant les précautions suivantes :

- très grande propreté des surfaces à assembler ;
- accostage très soigné sur toute la surface des parties en contact, de telle manière qu'avant rivetage, on ne puisse introduire entre elles la jauge de 1/10 ;
- alésage correct des trous.

### a) Confection des éléments en tôle d'acier.

Au cours de la confection des pièces de remplacement, contre-pièces ou pièces de renfort en acier, il ne faudra pas perdre de vue qu'il y a toujours avantage à former les pièces à chaud.

On ne recourra donc au travail à froid que dans les cas, assez rares d'ailleurs, où il n'est pas possible d'opérer autrement (cintrage des tôles de virole, par exemple) ; dans ce cas, pour obvier à l'extrême fragilité de l'acier aux basses températures, les pièces à former seront dégourdies par un léger réchauffage général avant tout travail ; cette opération doit être faite sans exagération et en prenant soin de ne pas dépasser une température telle que la main ne puisse rester en contact avec la tôle.

En ce qui concerne le travail à chaud, il est nécessaire de prendre les précautions suivantes :

Le formage proprement dit doit être exécuté au rouge. Si les dimensions de la pièce obligent à plusieurs chaudes, chacune d'elles doit largement déborder la partie travaillée.

Le formage doit être arrêté dès que la tôle devient noire pour éviter de travailler le métal à la température du bleu naissant qui est critique pour l'acier doux.

Enfin, pour le travail d'usinage des tôles, on se conformera aux directives suivantes :

1<sup>o</sup>) Éviter sur les tôles destinées à la réparation des chaudières toute action d'usinage brutale telle que martelage à froid, poinçonnage des trous, découpage à la cisaille. De même, dans les travaux d'envirolage, prendre soin de ne pas amorcer le cintrage des bords par croquage au marteau ou action mécanique violente ou trop localisée ;

2<sup>o</sup>) Dans le cas où l'on aurait été dans l'obligation de découper une tôle au chalumeau ou à la cisaille, affranchir les bords sur une largeur de 5 mm au moins par rabotage ou burinage. Le chanfrein est laissé brut si le découpage est fait au pantotome.

### b) Travail du cuivre rouge.

Il est parfois nécessaire de former certaines pièces en cuivre rouge prises dans les planches d'une épaisseur de l'ordre de 15 mm. Ces pièces doivent être forgées à chaud à la température du rouge ; mais il faut faire très attention au fait que le cuivre ne possède qu'une très faible ténacité à partir du rouge sombre naissant. Dans ces conditions, il crique très facilement si on le fait travailler à la tension. Le forgeage doit donc être exécuté en cherchant à refouler le métal sur lui-même pour éviter qu'aucune fibre de sa surface ne travaille à l'extension.

### c) Pincés étirés.

Lorsque deux tôles rivées entre elles doivent être assemblées avec une troisième pièce, dont l'arête est perpendiculaire à la ligne des rivets (par exemple, clouure des plaques avec les flancs de boîte à feu ou de foyer, à assembler avec le cadre de fondation), il est nécessaire d'étirer le bord d'une des tôles pour obtenir une surface sans aucun point d'inflexion, épousant parfaitement la pièce à assembler avec elles.

Cet étirage des pincés doit être très soigné et, pour que la pente de raccordement obtenu soit très douce, il est nécessaire que la longueur étirée soit égale à dix fois environ l'épaisseur de la tôle.