

## CHAPITRE III

### CHAUDIÈRES MULTITUBULAIRES OU TUBULEUSES

Les chaudières multitubulaires ou tubuleuses peuvent se classer, d'après le mode de circulation de l'eau, en trois catégories :

1° **Chaudières à circulation limitée.** — Ces chaudières, qui pourraient s'appeler chaudières à serpentins, se distinguent par l'absence de réservoir d'eau ; leur type est donné par la chaudière Belleville.

2° **Chaudières à circulation libre.** — Ces chaudières sont à réservoirs verticaux et tubes horizontaux. Les réservoirs sont généralement formés de deux lames d'eau. Les principaux types sont : Joëssel, Oriolle, d'Allest et Niclausse.

3° **Chaudières à circulation accélérée.** — Les chaudières à circulation accélérée (à petits tubes) ont pour caractère distinctif des tubes verticaux, de forme variable, placés entre des réservoirs horizontaux, le plus souvent cylindriques; les types principaux sont : du Temple, Normand, Guyot.

Outre le classement d'après la circulation de l'eau, on peut encore classer ces chaudières en trois types :

1° *Chaudières à serpentins;*

2° *Chaudières à lames d'eau;*

3° *Chaudières à tubes concentriques.*

Dans le premier type on peut classer les chaudières *Belleville*, du *Temple*, *Normand*, *Thornycroft*, *Yarrow*,

Dans le deuxième type, les chaudières *d'Allest*, *Babcock et Wilcox*.

Dans le troisième type, les chaudières *Field*, *Niclausse*.

### Chaudière Belleville.

La chaudière Belleville (fig. 42) se compose de rangées verticales de dix tubes parallèles, inclinés de 2 à 3 degrés sur l'horizon (4 centimètres par mètre). Cette inclinaison est favorable au dégagement de la vapeur et à la vidange des tubes.

Les tubes sont réunis d'une file à l'autre par des boîtes de raccord horizontales, et ces deux files inclinées en sens inverse constituent un élément dont chaque boîte du haut communique avec le collecteur épurateur de vapeur.

L'adoption des tubes en fer sans soudures, étirés à chaud et calibrés à froid, a fait réaliser un progrès sérieux au point de vue de la durée de la conservation. Ces tubes étaient autrefois en acier ou en fer soudé.

Les boîtes de raccordement, autrefois en fonte, sont faites aujourd'hui en acier moulé.

Le niveau de l'eau est en principe comme le montre le schéma de circulation de l'eau (fig. 49), de manière à laisser quelques tubes remplis de vapeur.

L'alimentation se fait dans le réservoir supérieur cylindrique, dans lequel a lieu la séparation de la vapeur et de l'eau, et<sup>1</sup> sur lequel sont établies les prises de vapeur.

L'eau d'alimentation, arrivant dans le séparateur, produit l'échauffement immédiat de celle-ci; elle tombe sous forme de poussière liquide. Grâce à cette disposition, l'eau se sépare des impuretés qu'elle contient, lesquelles sont entraînées dans le déjecteur et de là extraites.

L'ancienne chaudière Belleville a été transformée par l'addition d'un économiseur ou réchauffeur d'eau d'alimentation, installé dans la base de la cheminée.

Les principaux accessoires de la chaudière Belleville sont, en suivant le courant de l'alimentation :

- 1° Régulateur automatique d'alimentation ;
- 2° Séparateur ou collecteur épurateur de vapeur et d'eau d'alimentation ;
- 3° Déjecteur.

## NOUVEAUX GÉNÉRATEURS BELLEVILLE

Légende de la figure 42.

A, B, C,	Générateurs placés côte à côte;
<i>a, b,</i>	Éléments vaporisateurs des générateurs A, B;
A <sub>1</sub> , B <sub>1</sub> , C <sub>1</sub> ,	Économiseurs des générateurs A, B, C;
<i>a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub></i>	Éléments des économiseurs A <sub>1</sub> , B <sub>1</sub> ;
<i>a', b'</i> ,	Chambre de combustion complémentaire des gaz, entre les éléments vaporisateurs <i>a, b,</i> et les différents économiseurs <i>a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub></i> ;
<i>b<sub>2</sub>,</i>	Jets d'air destinés à mélanger intimement les gaz dans la chambre de combustion <i>b'</i> ;
A', B',	Régulateur automatique d'alimentation des générateurs A et B.

### Marche de l'eau d'alimentation, — Exemple sur le générateur B

L'eau, refoulée par la pompe alimentaire, franchit le robinet d'arrêt D, monte par le tuyau *d* et arrive au régulateur automatique E qui règle l'alimentation à la marche du générateur. Du régulateur E, l'eau se rend, par le tuyau *e*, dans le collecteur G de l'économiseur B<sub>1</sub>, d'où elle est distribuée dans les éléments de cet économiseur.

L'eau s'échauffe en circulant dans les éléments *b<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>*, de l'économiseur; elle sort de ces éléments et se rend, par le collecteur H et le tuyau *h*, à l'injecteur d'alimentation K placé sur le front de l'épurateur L, comme dans le type ordinaire des générateurs Belleville.

### Boîtes de raccordement.

Les boîtes de raccordement de la façade possèdent, pour la visite et le nettoyage des tubes, des orifices elliptiques *d* (fig. 43), obturés, par des bouchons maintenus par un goujon et une bride:

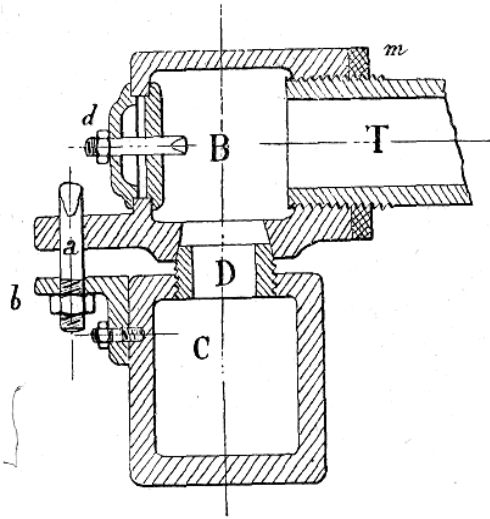


Fig. 43.

- B, Boîte de raccordement inférieure.
- C, Collecteur.
- D, Manchon de raccordement.
- T, Tube.
- a, Boulon d'assujettissement de B et C.
- d, Porte de visite.

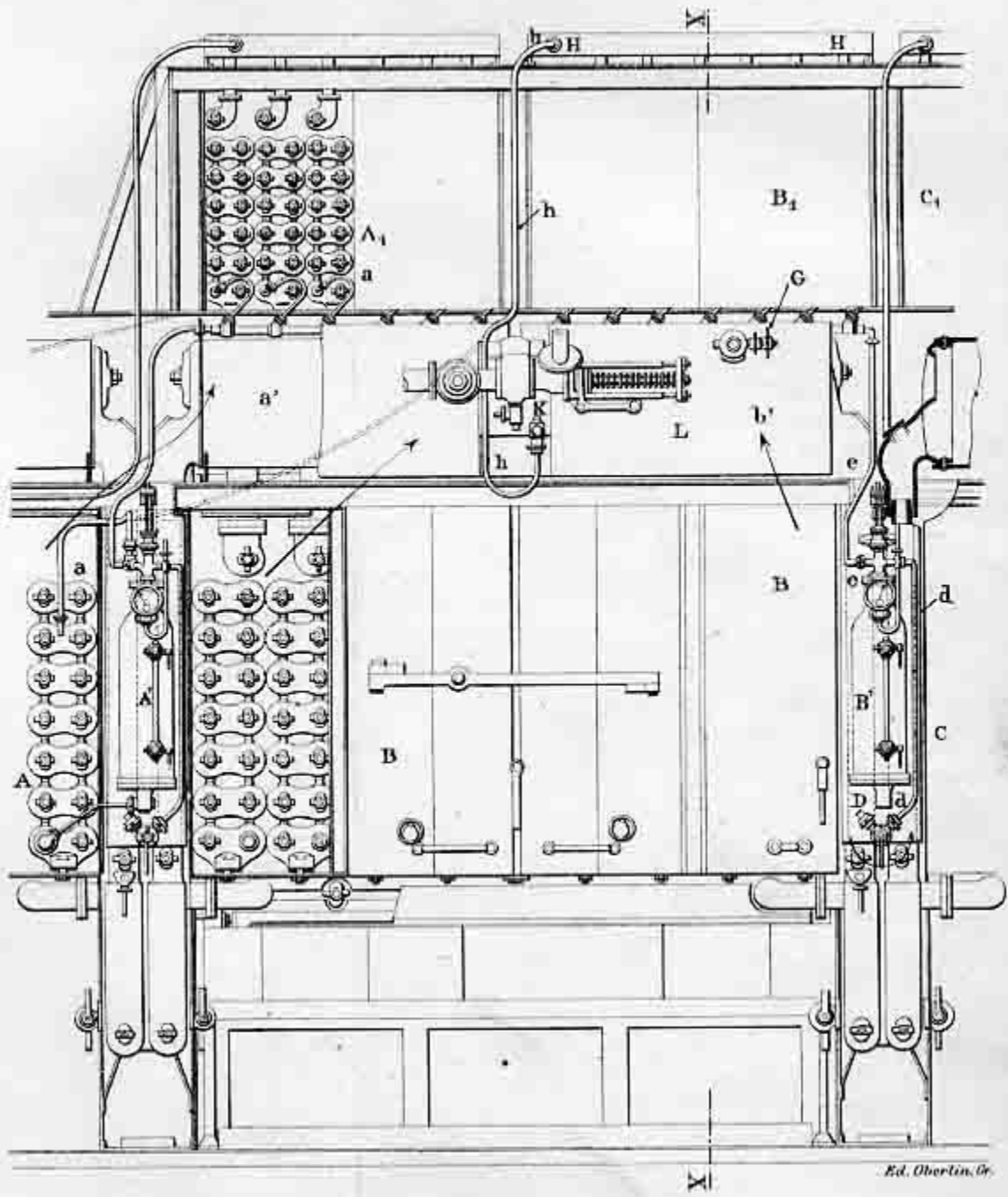
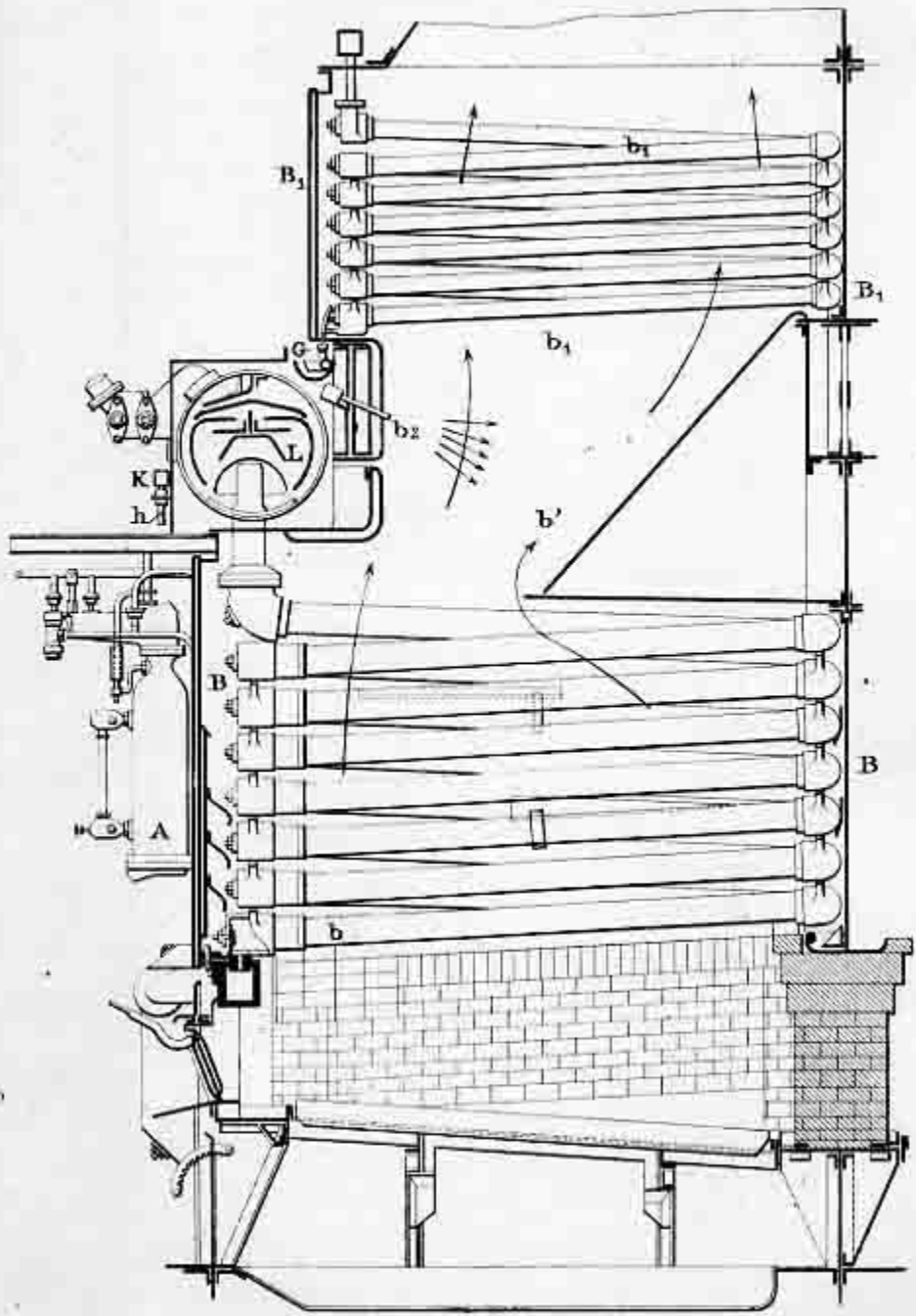
La jonction des boîtes de raccordement inférieures avec le collecteur d'alimentation se fait au moyen d'un manchon D, portant à l'extérieur une partie tournée conique, sur laquelle vient s'engager la boîte B percée d'un orifice de même forme. Le poids de l'élément suffit pour assurer l'étanchéité ; cependant un boulon *a* empêche les pièces en contact de se séparer par les trépidations.

L'étanchéité des joints est obtenue par des rondelles *m*, vissées sur les tubes et appuyant sur les boîtes.

Vue de côté  
Coupe suivant XX

GÉNÉRATEURS BELLEVILLE

Vue de face



Le raccordement des tubes avec le collecteur épurateur se fait comme le montre la figure 44. Les deux extrémités des tubes T

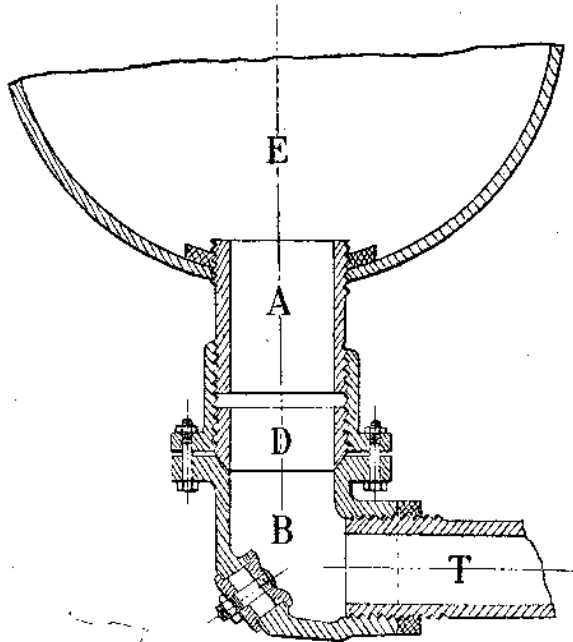


Fig. 44.

sont filetées à droite, à part celles du tube supérieur de chaque élément, qui sont filetées à pas contraires pour faciliter la jonction de la boîte B avec le bout A vissé dans le collecteur supérieur.

Des chevilles fusibles en plomb sont fixées dans les troisième et septième boîtes de raccord de la façade (fusion du plomb : 325 degrés).

## ÉLÉVATION DE COTÉ D'UN ÉLÉMENT DOUBLE

AVEC COUPE DES RACCORDS DES QUATRE ANGLES

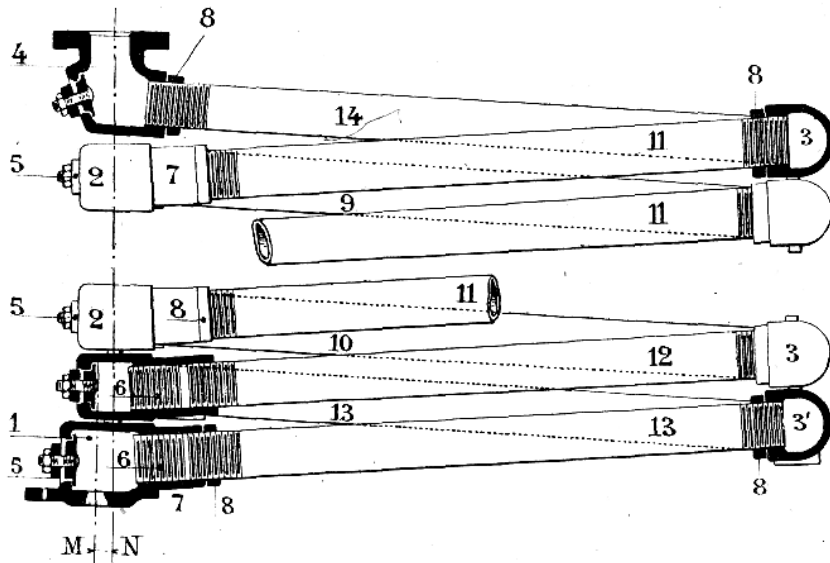


Fig. 45.

- 1, Boîte de raccordement de l'élément sur le collecteur d'alimentation, dite boîte inférieure avant.
- 2, Boîtes avant de raccordement des tubes entre eux.
- 3, Boîtes arrière de raccordement des tubes entre eux,
- 3', Boîte inférieure arrière.
- 4, Coude de raccordement de l'élément avec le collecteur de vapeur.
- 5, Bouchons autoclaves de nettoyage des tubes.
- 6, Mamelons vissés dans les boîtes avant.
- 7, Manchons filetés raccordant les tubes aux mamelons
- 8, Bagues filetées assurant l'étanchéité des raccordements.
- 9, Tube long, sans manchon. — Épaisseur ordinaire.
- 10, Tube long, sans manchon. — Épaisseur moyenne.
- 11, Tubes courts, à manchons. — Épaisseur ordinaire.
- 12, Tube court, à manchon. — Épaisseur moyenne.
- 13, Tubes courts, à manchon. — Épaisseur forte.
- 14, Tube supérieur.

**Robinet gradué.** — Pour corriger les écarts d'alimentation

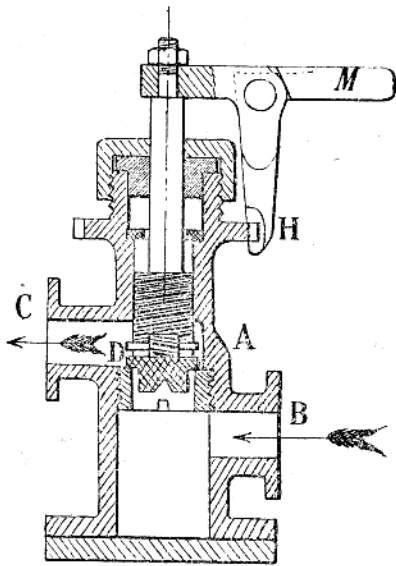


Fig. 46.

produits par le roulis ou les manœuvres de machines, on place sur le refoulement des pompes alimentaires un régulateur à main (fig. 46).

Ce régulateur se compose d'une boîte en bronze A, portant deux tubulures B, C. Un clapet D intercepte la communication entre la pompe et la chaudière; ce clapet comporte une tige à filets carrés, manœuvrée à l'aide d'une poignée articulée M. Cette poignée peut être immobilisée en laissant engager la partie H entre les dents d'une couronne dentée fixée sur la boîte.

**Régulateur automatique d'alimentation.** — L'automoteur (fig. 47), placé sur un côté de la chaudière, communique avec une des boîtes inférieures par le tuyau *t* et avec la troisième boîte du haut (*voir le schéma de circulation d'eau*). Cette colonne renferme un flotteur F, surmonté d'une tige K, terminée par une chape *k* couteau. Cette tige s'articule à l'extrémité d'un levier L, oscillant sur un couteau *c* fixé à la boîte. Une pièce H, fixée sur le levier, empêche la tige K d'abandonner le levier L, lorsque la chaudière est complètement pleine.

Le levier L se termine à son extrémité par une chape portant un galet *g* sur lequel appuie une tige cylindrique *a*, traversant la boîte dans un presse-étoupes. Cette tige s'articule sur le levier M au moyen d'une menotte.

Le levier M oscille en O en actionnant d'un côté la tige d'une soupape S, s'ouvrant de haut en bas et réglant le passage de l'eau.



Le levier M porte à l'autre extrémité un contrepois servant à équilibrer le flotteur. Ce contrepois est formé du ressort R étés rondelles R'.

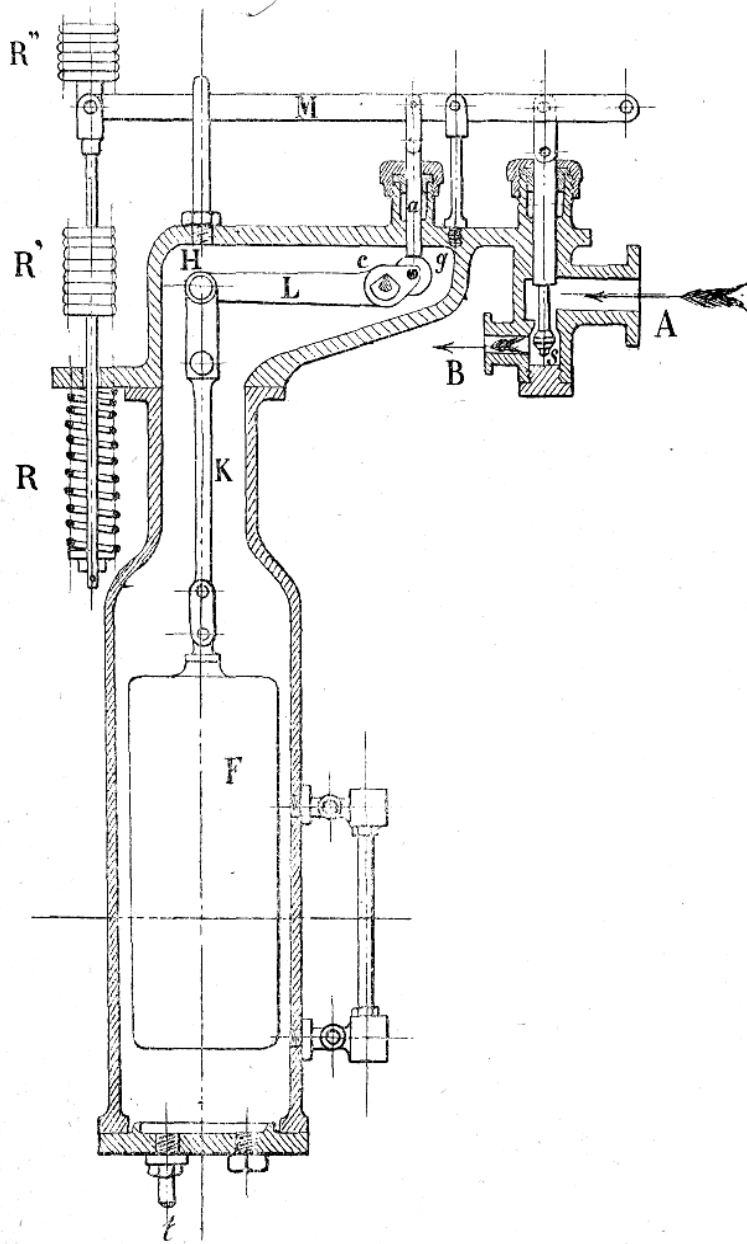
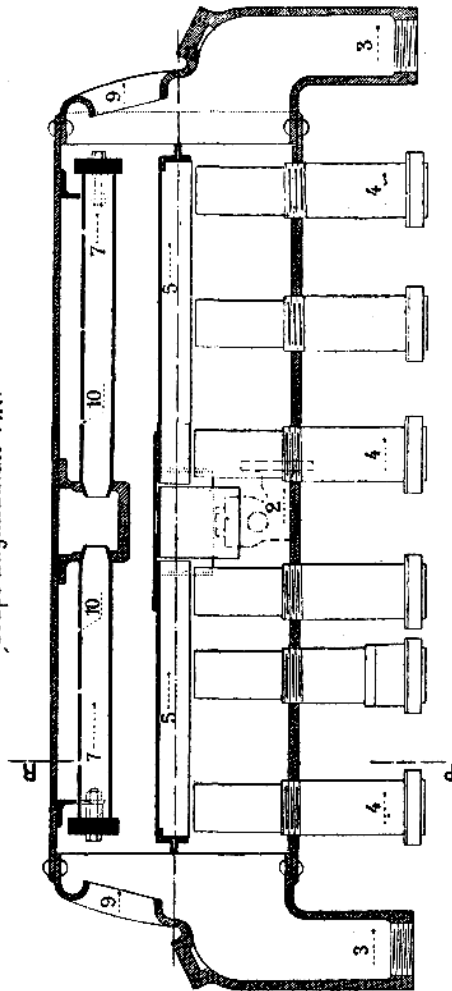


Fig. 47.

# COLLECTEUR ÉPURATEUR DE VAPEUR ET D'EAU D'ALIMENTATION

POUR GÉNÉRATEUR BELLEVILLE DU TYPE MARIN

Coupe longitudinale MN.



Coupe transversale PR.

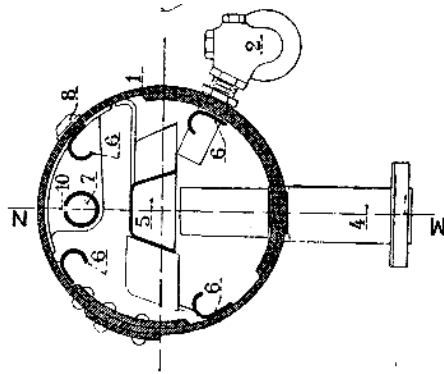


Fig. 48.

- 1, Corps de l'épurateur.
- 2, Injecteur d'alimentation.
- 3, Tubulures de retour d'eau.
- 4, Tubulures d'arrivée de vapeur.
- 5, Cloche à vapeur recouvrant les tubulures (4).
- 6, Tôles brise-lames.
- 7, Tubes de prise de vapeur percés d'une série de trous (10).
- 8, Mamelon de sortie de vapeur sur lequel est fixée la tête porte-soupape.
- 9, Autoclave de nettoyage.

### Fonctionnement de la chaudière Belleville.

L'eau d'alimentation est refoulée par la pompe *Pa* (fig.49), passe par le robinet gradué *R*, puis par la boîte à clapet *S*. Ce clapet permet

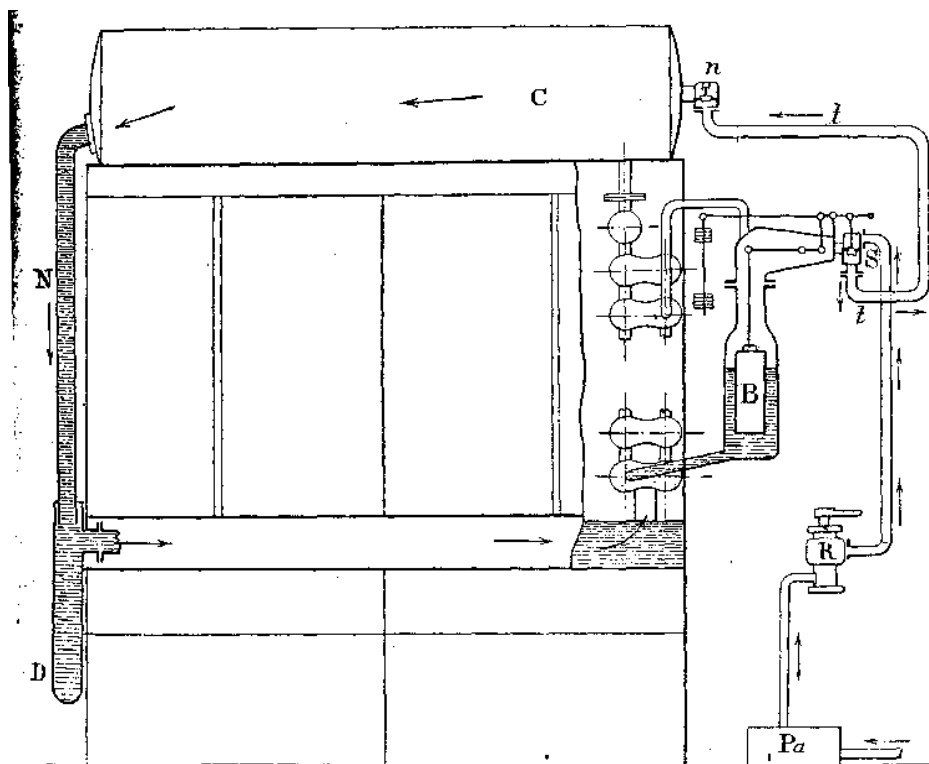


Fig. 49.

ou interrompt le passage de l'eau suivant que le niveau est plus ou moins haut.

Un tuyau *t*, aboutissant sous un clapet de retenue *n*, conduit cette eau dans le coffre à vapeur, où elle est projetée en jet au milieu de la vapeur. De cette façon, l'eau atteint une haute température, 150 degrés environ, et les sels se précipitent.

L'eau traverse le collecteur *G* et descend par la colonne *N*. Les boues entraînées se déposent au fond du déjecteur *D*, d'où elles sont enlevées par les extractions. Le liquide pénètre dans le

collecteur inférieur, s'élève dans les tubes et se vaporise en partie. La vapeur s'élève dans le collecteur supérieur et se débarrasse des particules aqueuses en frappant sur les différentes chicanes dont se compose le séparateur. L'eau entraînée par le dégagement de vapeur se mélange avec celle refoulée par l'alimentation et redescend par le tube de retour d'eau pour recommencer le même circuit.

### Chaudière Niclausse.

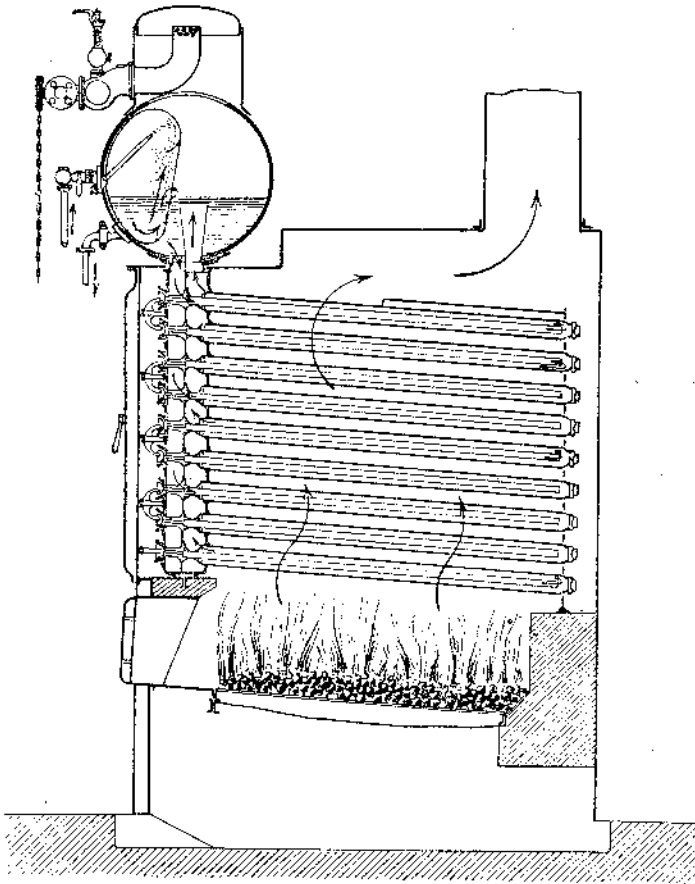


Fig. 50. — Coupe longitudinale de la chaudière Niclausse.

### Générateurs Niclausse.

Le générateur multitubulaire Niclausse appartient à la catégorie des chaudières dites à gros tubes. Le diamètre de tube généralement employé est de 84<sup>mm</sup> extérieur. Il existe cependant des applications avec des tubes d'un diamètre inférieur. Les chaudières de canots ont des éléments en tubes de 44<sup>mm</sup> ; les chaloupes ont des éléments mixtes en tubes de 50 et 60. Sur la *Zélée*, le *Fleurus* et le *Téméraire*, on a placé des chaudières avec tubes de 44. *L'Agile* a des éléments en tubes de 60. Enfin le *Davout*, le *Suffren* et le *Marceau* ont des éléments mixtes en tubes de 44 et de 84. A part ces exceptions, les chaudières Niclausse appliquées sur les bâtiments des diverses puissances maritimes possèdent des tubes de 84<sup>mm</sup>. Dans les chaudières Niclausse on distingue quatre parties principales :

- 1° Le faisceau tubulaire;
- 2° Le récepteur d'eau et de vapeur;
- 3° La tôle formant enveloppe du faisceau et du foyer;
- 4° Les accessoires.

#### I. — Faisceau tubulaire.

Le faisceau tubulaire se compose de collecteurs verticaux dans lesquels s'emboîtent une série de tubes concentriques deux à deux.

Le tube extérieur s'appelle *tube vaporisateur*, et le tube intérieur s'appelle *tube directeur*. Le tube vaporisateur se termine à la partie arrière par un bouchon démontable *b* (fig. 51), vissé sur le tube.

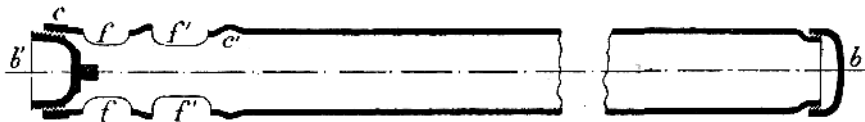


Fig. 51.

La partie avant du tube vaporisateur est terminée par une lanterne comportant deux cônes *c* et *c'*, qui font joint sur les parties correspondantes du collecteur. Entre ces deux cônes sont percées deux fenêtres *f* et *f'* qui correspondent aux conduits de descente

d'eau et de montée de vapeur du collecteur. La partie avant du tube est fermée par un bouchon vissé *b'*.

Le tube intérieur sur lequel la pression s'exerce intérieurement et extérieurement, et qui, par conséquent, n'éprouve aucune fatigue, est en tôle d'acier extra-doux, en deux parties agrafées sur toute la longueur (fig.52). L'extrémité arrière *c* (fig.53) est ouverte

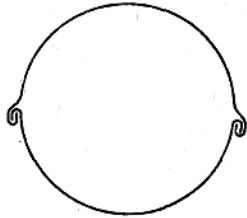


Fig. 52.

et débouche à quelques centimètres de l'extrémité du tube vaporisateur.

L'autre extrémité *e'*, terminée par une calotte évasée, s'arrête

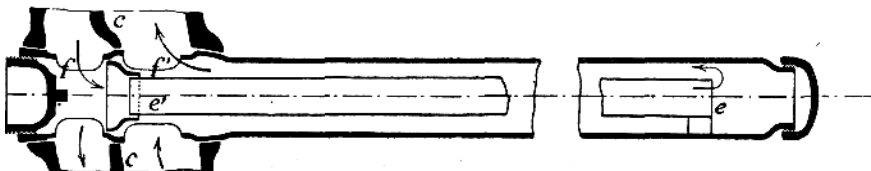


Fig. 53.

au droit de l'espace plein qui sépare les fenêtres *f* et *f'* du tube vaporisateur, espace correspondant à la cloison médiane *c* du collecteur.

La calotte évasée de l'extrémité *e'* du tube intérieur est reliée au bouchon avant *h* au moyen d'une pièce nommée lanterneau (fig.54). Il s'ensuit que, lorsqu'on dévisse le bouchon avant, on sort le tube intérieur.

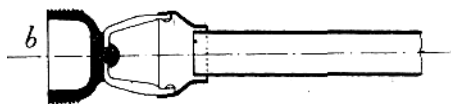


Fig. 54.

Le collecteur est une pièce en acier moulé ou en acier estampé.

divisée en deux compartiments verticaux par une cloison *c* parallèle aux façades *c'* et *c''* (fig. 55).

Le compartiment avant sert de descente d'eau, et le compartiment arrière sert de montée de vapeur.

Les faces avant et arrière sont percées de trous coniques dans lesquels viennent se loger les cônes correspondants des tubes vaporisateurs ; la cloison médiane est traversée librement par le tube vaporisateur et correspond à l'espace qui sépare les deux fenêtres du tube.

Les portées coniques du collecteur et du tube, convenablement calculées, assurent au joint une étanchéité parfaite, sans interposition d'aucune matière étrangère, sauf un peu de graisse anti-oxydante. De plus, les cônes avant et arrière étant sensiblement de même diamètre, il s'ensuit que le tube est équilibré et qu'il ne reste aucune fatigue pour le joint du fait de la pression de régime.

Néanmoins, pour éviter que le tube ne se déboîte par suite d'une cause anormale, chocs ou vibrations, on l'appuie sur les cônes du collecteur au moyen d'une barrette de sûreté *B* (fig. 56).

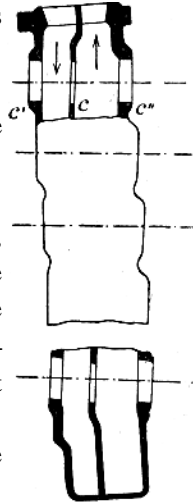


Fig. 55.

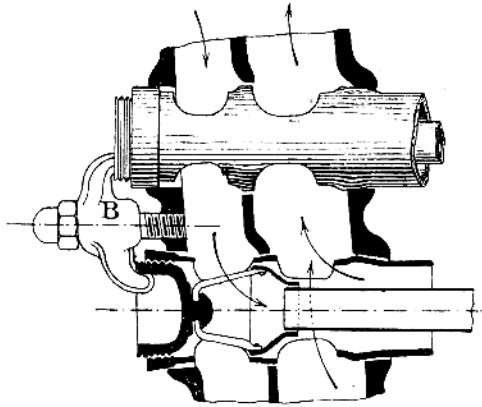


Fig. 56.

La partie supérieure est munie d'une bride vissée ou venue de fonte suivant le cas. Cette Bride relie le collecteur *c* au récepteur de vapeur *R* (fig. 57) par l'intermédiaire d'un mamelon biconique *m*

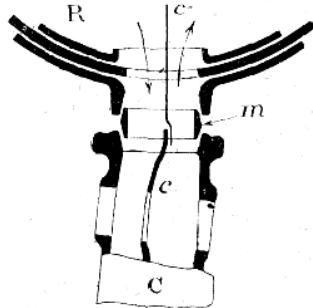


Fig. 57.

et au moyen de deux ou quatre boulons. Le mamelon biconique

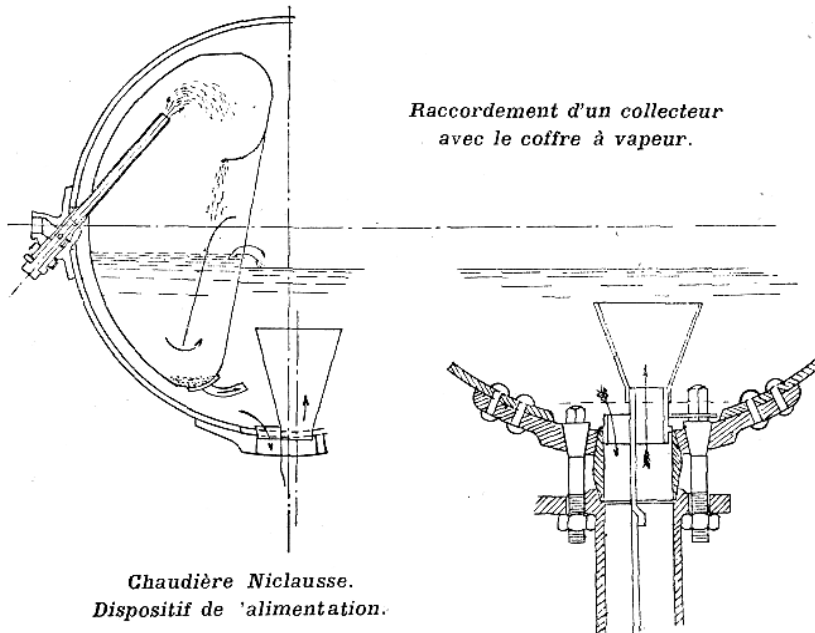


Fig. 57 bis.

s'emboîte dans des évidements coniques pratiqués dans la tête du collecteur et dans la tôle du récepteur et assure un joint parfait.



A la partie inférieure, les collecteurs sont réunis à une clarinette commune de vidange G, par l'intermédiaire de raccords et de joints également coniques (fig. 58).

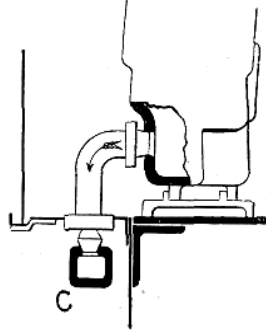


Fig. 58.

Il est évident que le nombre d'éléments dépend de l'importance de l'installation.

Le nombre de tubes et leur disposition dans la formation de l'élément dépendent aussi de l'importance et des exigences de l'installation.

C'est ainsi que le nombre de tubes d'un élément varie avec le type de collecteur.

Il y a des éléments de 16 tubes, de 18, de 20, de 22, 24, 26 tubes.

Les éléments de l' *Ernest-Renan* sont de 27 tubes emboîtés dans des collecteurs en acier, façonnés dans des tubes à section rectangulaire sans soudure.

## II. — Récepteur.

Le récepteur d'eau et de vapeur R (fig. 59 et 60), sur lequel les collecteurs G viennent se fixer, est un réservoir cylindrique en tôle d'acier doux. Il a la même longueur que la façade du générateur. A la partie supérieure, il est muni d'un dôme *d*, au haut duquel se fait la prise de vapeur au moyen d'un tube crépine *t*, appelé *tube diviseur*.

A la partie inférieure se trouve rivée une pièce résistante en tôle d'acier embouti *p*, nommée piètement.

La virole est découpée au droit des trous coniques de ce piète-ment, dans lequel pénètrent les mamelons biconiques *m*, qui relient le récepteur au collecteur G. Les fonds *f* du récepteur sont généralement inversés, afin que le rivetage de ces fonds avec la virole et le

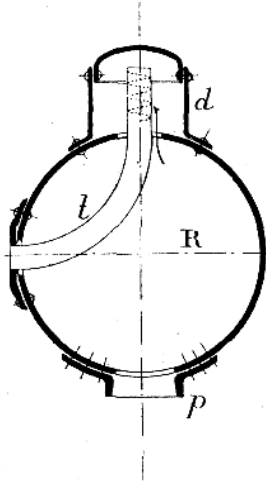


Fig. 59.

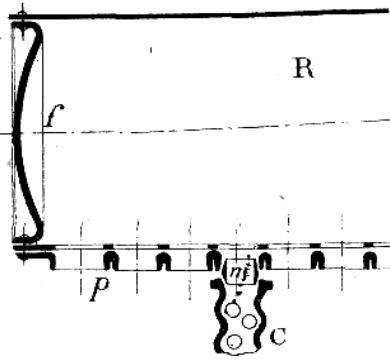


Fig. 60.

piètement puisse se faire de l'extérieur, à la machine, et soit, par suite, d'une exécution parfaite.

La cloison séparatrice des courants dans les collecteurs *c* (fig. 57) se prolonge à l'intérieur du récepteur par une tôle *c'*, afin que l'eau d'alimentation qui doit descendre dans le compartiment avant des collecteurs ne gêne pas la montée de vapeur du compartiment arrière.

A l'intérieur du récepteur se trouve le dispositif à dépôts et séparateur d'huiles (fig. 61 et 61 bis).

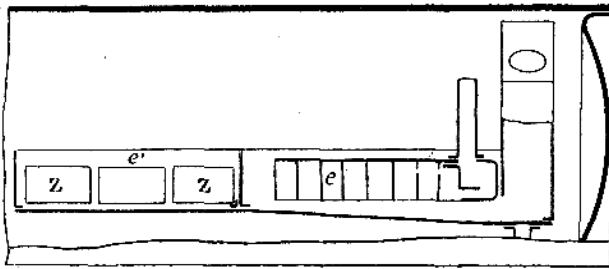


Fig. 61.

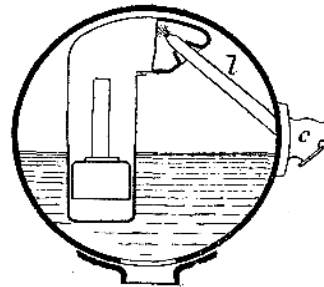


Fig. 61 bis.

L'eau d'alimentation pénètre dans le récepteur par l'intermédiaire d'une lance *l*, communiquant avec le clapet de retenue d'alimentation *c*. L'eau est projetée dans l'appareil détartreur, où elle se débarrasse de ses dépôts. L'huile se dépose sur les parois de l'auget *e* et sur les chicanes qui y sont disposées. L'eau dégraissée se déverse dans le récepteur par-dessus les bords de l'auget. Le dispositif à dépôts se prolonge par un deuxième auget *e*, servant à loger les plaques de zinc *z*, dont le but est de supprimer les effets galvaniques.

### Alimentation des chaudières Niclausse.

MM. Niclausse ont imaginé un nouveau perfectionnement qui consiste dans l'alimentation des tubes des rangées inférieures exclusivement avec de l'eau épurée et réchauffée par son passage dans les tubes des rangées supérieures. La nouvelle chaudière Niclausse est en effet munie d'un *utilisateur*, véritable réchauffeur d'eau d'alimentation, placé au-dessus du faisceau vaporisateur et constitué par un certain nombre d'éléments horizontaux.

Les figures 62 et 63 représentent une chaudière munie de ce perfectionnement. La partie avant des collecteurs verticaux est cloisonnée horizontalement, et le faisceau se trouve ainsi divisé en deux parties : la partie supérieure alimentée par le haut, par la lame avant; la partie inférieure alimentée par le bas avec l'eau qui a passé par le faisceau supérieur. La figure 62 montre également que le récepteur est cloisonné jusqu'au-dessus du plan d'eau, à l'effet de constituer deux compartiments : l'un d'eau non épurée où se fait l'arrivée d'eau par l'alimentation du faisceau supérieur, l'autre d'eau épurée correspondant à la lame arrière des collecteurs par

où se fait la montée d'eau et de vapeur. On voit, sur les figures 62 et 63, que la prise d'eau du faisceau inférieur se fait au moyen de deux tuyaux dits de retour d'eau débouchant dans les compartiments d'eau épurée du récepteur et raccordés à la partie inférieure à des bouteilles

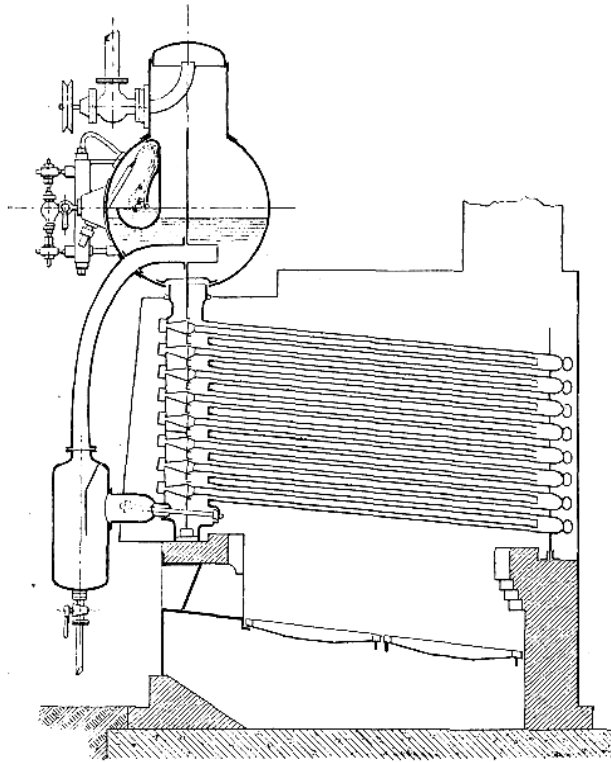


Fig. 62.

ou déjecteurs en communication avec un collecteur de grande section raccordé lui-même avec la partie inférieure de chacun des collecteurs verticaux.

Avec ce dispositif, l'eau d'alimentation arrive dans les tubes des rangées inférieures complètement épurée; elle a en effet abandonné la plus grande partie de ses dépôts dans le détartreur et le récepteur de vapeur, comme dans les types précédents, et son épuration

s'achève pendant son parcours dans les tubes des rangées supérieures. Il en résulte que les tubes inférieurs, dans lesquels la vaporisation est la plus active, ne recevant plus que l'eau complètement épurée, restent d'une propreté absolue et que, d'une part,

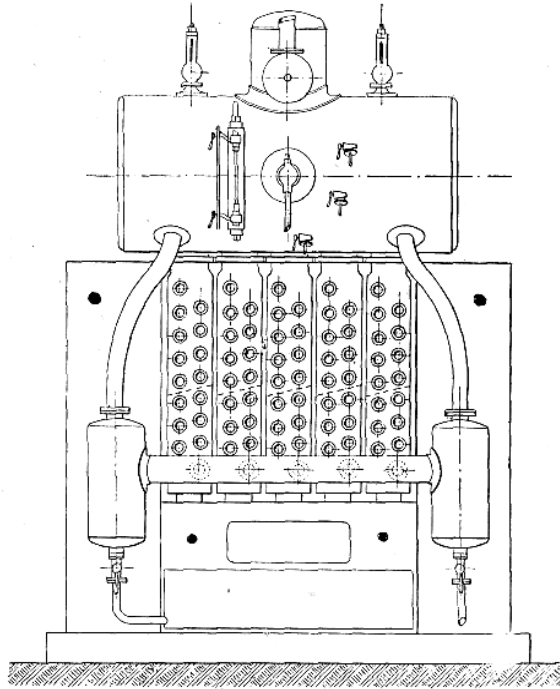


Fig. 63.

il n'y a pas à craindre de cintrages ni de ruptures et que, d'autre part, il résulte de cet état de propreté une économie de combustible par le maintien d'une bonne conductibilité. Un autre avantage du dispositif, intéressant également l'économie de combustible, consiste dans une vaporisation très rapide dans les tubes inférieurs, du fait que l'eau y arrive à la même température que celle correspondant à la pression de marche.

### III. — Tôlerie.

La tôlerie se compose de tôle et de fer profilés formant une enveloppe du faisceau tubulaire et du foyer, avec portes de fourneau et de cendrier et portes de nettoyage du faisceau.

La surface de la grille est sensiblement égale à la projection horizontale du faisceau tubulaire sous lequel elle est directement placée. Le fourneau est constitué par des murs en briques réfractaires, garnissant les tôleries et montant depuis le plan de grille jusqu'à mi-hauteur du faisceau tubulaire. Les tubes inférieurs du faisceau constituent le ciel du foyer. Celui-ci est placé à une distance convenable de la grille, pour donner à la chambre de combustion un volume suffisant.

Des plaques porte-tubes *pt*, correspondant chacune à un collecteur, sont placées contre la façade arrière de la tôlerie pour supporter l'extrémité libre des tubes vaporisateurs *tv*. Ceux-ci conservent dans leurs porte-tubes la liberté de leur dilatation (fig. 64).

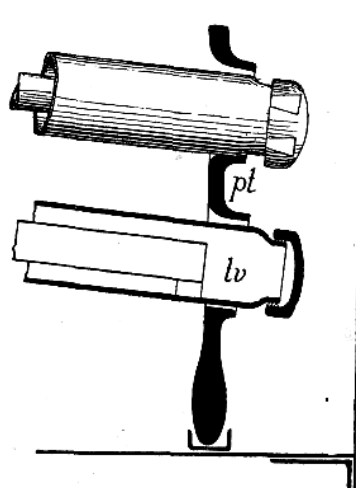


Fig. 64.

La chauffe méthodique étant toujours adoptée dans la Marine nationale, on affecte un homme à l'ouverture des portes de foyer pendant la charge.

En conséquence, sur la plupart des générateurs Marine, les

portes du fourneau ne sont pas équilibrées. Cette disposition assure la fermeture de la porte en cas d'accident.

Les portes de cendrier sont disposées pour se fermer automatiquement dès que la pression à l'intérieur du foyer deviendrait supérieure à celle de la chambre de chauffe.

**Obturation.** — Dans l'intérieur du faisceau tubulaire, des chicanes sont installées afin de forcer les gaz à suivre un parcours déterminé qui en assure le peignage par les tubes vaporisateurs. Ces chicanes sont constituées par des tubes de serrurerie reposant simplement sur les tubes vaporisateurs et obturant le passage entre deux tubes vaporisateurs voisins. La répartition des tubes obturateurs dans un faisceau dépend de la hauteur et de la largeur de ce faisceau, et varie par conséquent selon les types et selon l'importance du générateur.

#### IV. — Accessoires.

Les accessoires et la robinetterie sont les suivants pour un générateur :

Une nourrice de prise de vapeur principale, du moins pour les grandes installations, contenant un clapet de retenue de vapeur et sur laquelle se greffent :

Deux soupapes de sûreté à ressort,

Une valve de prise de vapeur principale,

Une valve de prise de vapeur des auxiliaires,

Une valve de prise de vapeur des pompes,

Une ou deux bouteilles, suivant le cas, pour robinets de niveau d'eau,

Un manomètre,

Un clapet de retenue avec robinet pour l'alimentation,

Une valve de réglage à main pour l'alimentation,

Un régulateur automatique d'alimentation,

Trois robinets de jauge,

Un robinet d'extraction de surface,

Un robinet d'extraction de fond,

Un robinet de vidange.

### Outillage.

Nous devons nous arrêter aussi un moment aux divers outils de montage et de remontage, ainsi qu'aux appareils d'entretien qui sont particuliers à ces chaudières.

#### Pose-tubes et arrache-tubes.

Les figures ci-contre, 65, 66 et 67, sont suffisamment claires pour expliquer, par leur simple examen, le jeu de ces appareils.

**Appareil à vidanger les tubes.** — La maison Niclausse se sert d'un appareil très simple pour vidanger les tubes à froid. Cet appareil (fig. 68) se compose d'un tube de 10<sup>mm</sup>, sur l'une des extrémités duquel est fixé un disque en tôle d'un diamètre plus faible de 2<sup>mm</sup> que le diamètre intérieur du tube. L'autre extrémité du tube peut être mise en communication avec un réservoir de vapeur ou d'air comprimé.

L'extrémité portant le disque est enfoncée dans le tube.

On met l'appareil en communication avec la source de vapeur ou d'air sous pression. Le fluide, pénétrant alors par l'intérieur du petit tube, passe sur l'arrière du disque et chasse l'eau sur la partie avant par l'espace annulaire compris entre le disque et la paroi intérieure du tube vaporisateur. Le disque, revenant alors vers l'opérateur, chasse devant lui toute l'eau qui a passé à l'avant du disque. Le tube se trouve complètement asséché.

**Appareil à nettoyer les tubes intérieurement.** — Pour débarrasser les tubes du tartre et de l'huile qui se déposent sur leurs parois, on se sert de grattes et de raclettes rotatives mues par une turbine à vapeur ou à air comprimé, appareil extrêmement léger qu'on promène à la main dans l'axe du tube à nettoyer.



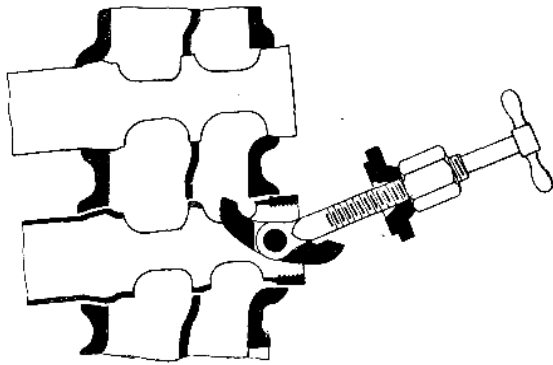


Fig. 65. -- Présentation du pose-tubes.

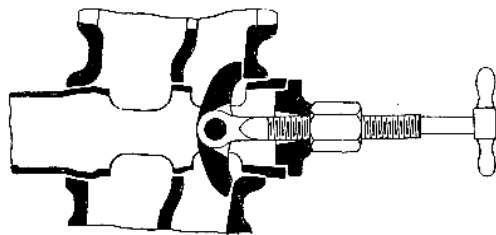


Fig. 66. -- Tube emboîté.

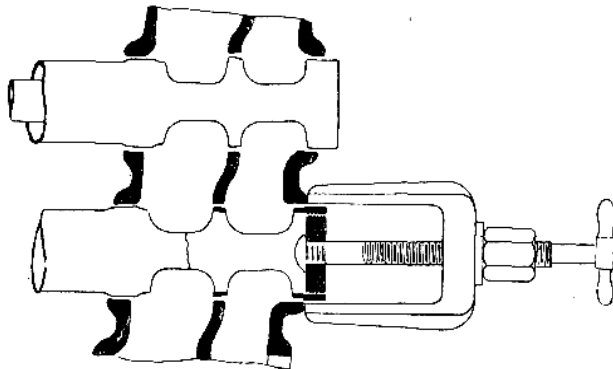


Fig. 67. -- Outil de démontage (arrache-tubes).

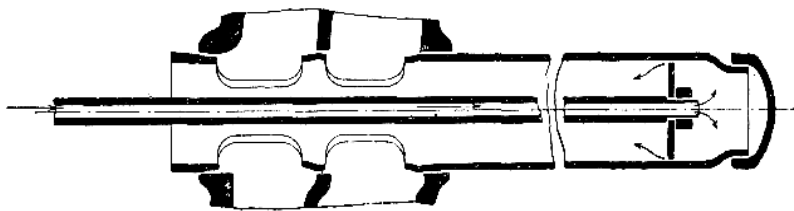


Fig. 68.

On se sert aussi, sur les générateurs Marine, d'une raclette à main, composée de deux arbres concentriques terminés chacun par un disque-grattoir qu'on peut appliquer fortement contre les parois du tube et qu'on anime à la main d'un mouvement de va-et-vient. Une brosse double en fil d'acier, basée sur le même principe d'extension, sert à parachever le nettoyage.

**Ramonage.** — Le nettoyage extérieur des tubes se fait au moyen d'une lance de ramonage mise en communication avec le récepteur d'une chaudière en pression au moyen d'un tuyau flexible de 20<sup>mm</sup>. Avec le nouveau système adopté par le constructeur, on n'est plus dans l'obligation de démonter les portes de nettoyage pour passer la lance entre les collecteurs.

On a imaginé de supprimer quelques tubes vaporisateurs, dont le nombre est insignifiant par rapport au nombre total, et de les remplacer par des tampons spéciaux, dits de ramonage (fig. 69).

Ces tampons sont formés par un tube central, lequel porte trois disques correspondant aux cloisons parallèles du collecteur et faisant joint sur celui-ci exactement comme les tubes vaporisateurs eux-mêmes. Les portes de nettoyage placées en façade des collecteurs sont percées dans le prolongement de l'axe des tubes-tampons de ramonage, de sorte que la lance peut être introduite dans chacun de ces derniers sans que l'on soit dans la nécessité de démonter les portes (fig. 69). Il s'ensuit que le ramonage peut se faire très rapidement et sans changer quoi que ce soit au régime de la chauffe. Il convient de remarquer que l'état de propreté du faisceau tubulaire influe considérablement sur l'économie d'un générateur, et que c'est un avantage immense que de pouvoir maintenir les tubes en état de propreté pratique.

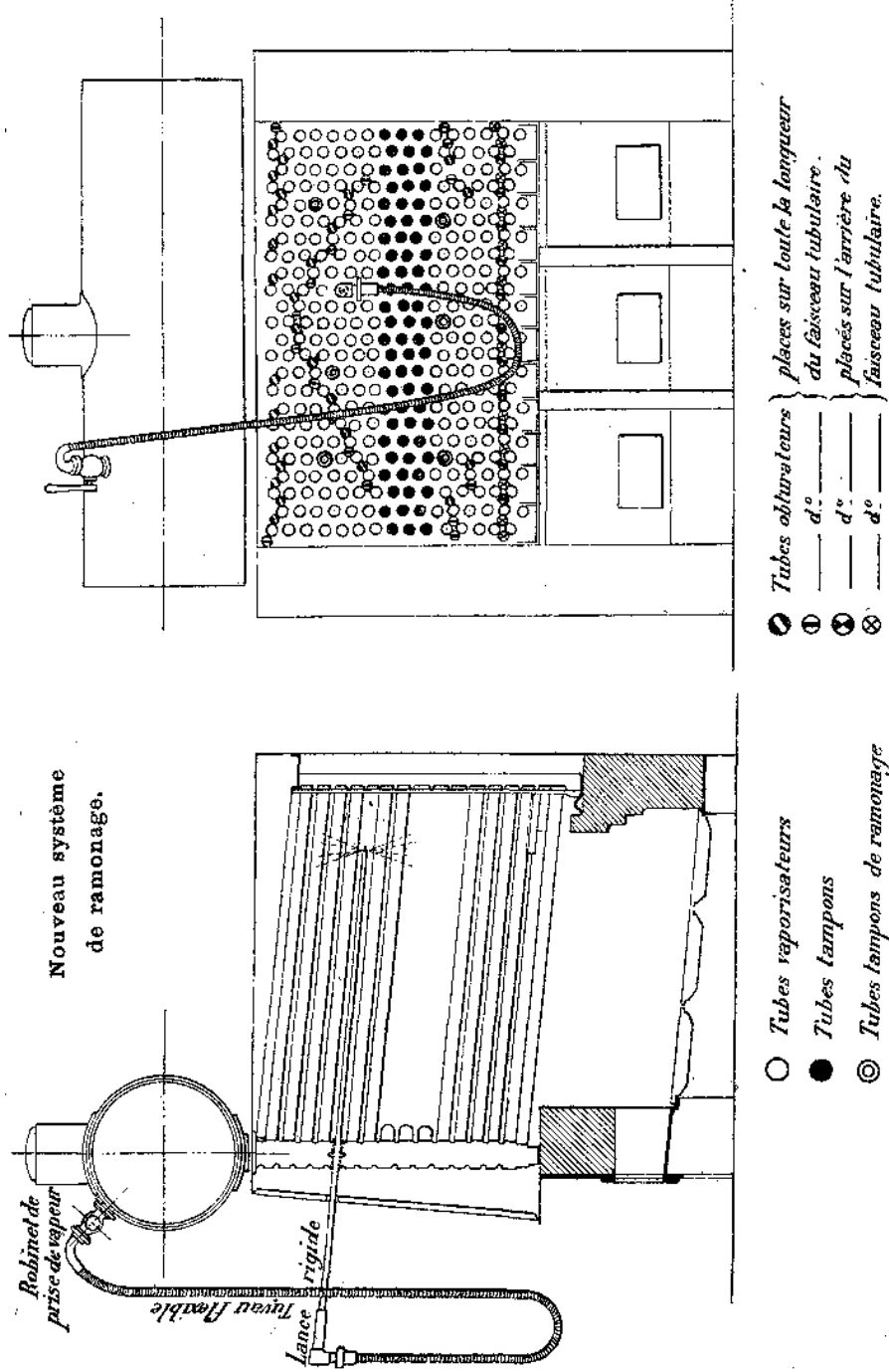


Fig. 69.

## Avantages du nouveau système.

1° Le ramonage se fait exclusivement par la chambre de chauffe sans avoir à opérer aucun démontage sur la façade ou sur toute autre partie.

2° *Il se fait, en vingt fois moins de temps qu'avec le procédé ordinaire, puisqu'on n'a plus à ouvrir ni à fermer les portes, ni à passer la lance du haut en bas entre tous les collecteurs à chaque rangée de tubes, et que le ramonage s'effectue en introduisant directement, sans tâtonnement, la lance dans un nombre très restreint de trous (3-4-5 .. seulement, suivant l'importance de la chaudière).*

Vaporisation par étages. — Une expérience intéressante a été faite pour rechercher quelle contribution apporte chaque rangée de tubes à la production totale de la chaudière. Ces essais ont été faits à différentes allures de combustion de 25 en 25<sup>kg</sup>, depuis 50<sup>kg</sup> par mètre carré de grille jusqu'à 500<sup>kg</sup>.

Les résultats constatés ont permis d'établir les lois suivantes, qui peuvent s'appliquer non seulement aux chaudières Niclausse, mais encore généralement à tous les générateurs multitubulaires :

1° Pour une chaudière ayant un rapport de surface de chauffe à surface de grille déterminé, quelle que soit l'allure de combustion, la vaporisation de chacun des étages garde sensiblement le même pour cent que la vaporisation totale ;

2° La vaporisation pour cent de chacun des 11 étages de la chaudière expérimentée est : 22,3; 14,8; 10,84; 8,57; 7,43; 6,74; 6,14; 5,59; 5,01; 4,56; 3,78;

3° Les trois rangées inférieures qui reçoivent directement le rayonnement du foyer et qui représentent 7 fois  $\frac{1}{2}$  la surface de grille fournissent sensiblement 50% de la production totale ;

4° Sauf dans des cas très exceptionnels, il n'y a pas intérêt à rechercher les rapports de surface de chauffe à la surface de grille supérieure à 0,40.

### Chaudière Lagrafel et d'Allest.

Cette chaudière se compose principalement de deux lames d'eau rectangulaires aboutissant à la partie supérieure d'un coffre à vapeur cylindrique et réunies entre elles par des tubes droits en fer, inclinés de 8 degrés environ sur l'horizontale (fig. 70).

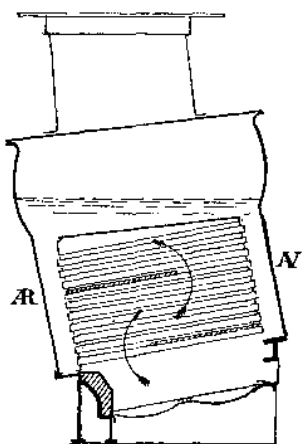


Fig. — 70. — Chaudière Lagrafel et d'Allest.

Les tubes, de 80<sup>mm</sup> de diamètre extérieur, de 3<sup>mm</sup> d'épaisseur, sont disposés par rangées verticales rectilignes ; ils sont dudgeonnés sur les plaques de têtes intérieures. Les tubes de la rangée inférieure sont en acier de 5<sup>mm</sup> d'épaisseur, sans soudure.

Les trous des façades AV et AR, correspondant à chaque tube, sont fermés par des bouchons autoclaves avec joint en amiante.

L'alimentation se fait dans la lame d'eau arrière. Le niveau de l'eau en marche est un peu au-dessus du fond du collecteur.

La circulation s'opère des tubes dans la lame d'eau avant, et le courant redescend dans la lame d'eau arrière en traversant le collecteur.

La circulation est due : 1° à l'entraînement des bulles de gaz favorisé par l'inclinaison des tubes ; 2° au mélange de vapeur et d'eau dont la densité est plus faible que celle de l'eau du coffre à vapeur.

Chaque chaudière comporte deux tubes de niveau, car on cons-

tate une différence entre les niveaux des deux façades de 8 centimètres environ produite par la circulation de l'eau.

La circulation des gaz chauds est fractionnée au moyen d'écrans pour obtenir plusieurs circuits très favorables à l'utilisation de ces gaz.

Généralement ces chaudières sont installées par paires ayant chacune leur alimentation et leur circulation propres. La chambre de combustion est commune aux deux chaudières.

### Chaudière d'Allest (modèle 1896).

Dans ce type, M. d'Allest supprime la lame d'eau de la façade. Les tubes, fortement inclinés, de diamètre 36-40<sup>mm</sup>, sont recourbés pour aboutir à la partie inférieure du coffre à vapeur (fig. 71).

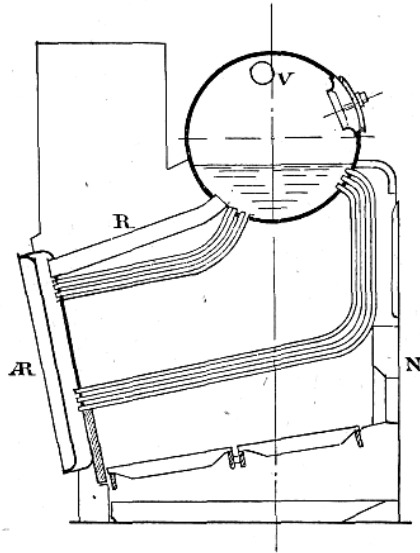


Fig. 71. — Chaudière d'Allest (modèle 1896):

Cette chaudière comporte deux tubes de retour R, de 100mm., placés aux extrémités. L'alimentation se fait dans le coffre à vapeur.

Ce modèle a eu peu d'application dans la Marine jusqu'à ce jour.

## Chaudière Babcock et Wilcox.

La chaudière Babcock-Wilcox se rapproche du type d'Allest par la circulation de l'eau ; seulement les lames d'eau sont sectionnées en éléments analogues un peu à ceux de la chaudière Niclausse. Ces éléments forment une série de collecteurs indépendants les uns des autres, tels que C, C', sur lesquels se fixent les tubes (fig. 72).

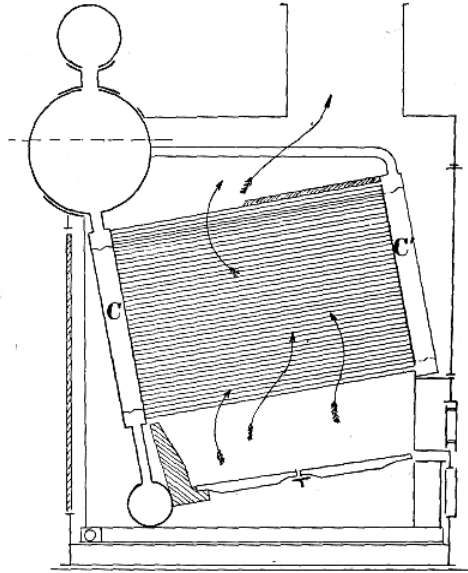


Fig. 72. — Chaudière Babcock et Wilcox.

Cette chaudière est de la catégorie à gros tubes, car ces derniers ont 50<sup>mm</sup> environ.

Les éléments AV et AR communiquent avec le coffre à vapeur au moyen de tubes de 100<sup>mm</sup> environ.

L'alimentation se fait à la partie inférieure d'un des éléments pour parer à un défaut d'arrivée d'eau dans les tubes du bas.

Les collecteurs, boîtes, raccords, réservoirs, tubes, sont en acier.

La chaudière Babcock-Wilcox présente surtout une excellente circulation de l'eau et une bonne utilisation des gaz de la combustion.

Cette chaudière est plus employée dans l'industrie que dans la Marine française ; mais elle est assez employée dans les marines étrangères.

### Chaudière du Temple.

Elle se compose essentiellement de trois réservoirs ou collecteurs-placés au sommet d'un triangle.

Le réservoir supérieur est cylindrique et constitue le coffre à vapeur. Il est réuni, par une série de tubes de petit diamètre repliés en forme de S, aux deux collecteurs inférieurs. Le coffre à vapeur est de plus relié extérieurement aux collecteurs inférieurs par deux gros tuyaux dits tuyaux de retour d'eau, placés aux deux extrémités de la chaudière et constituant, pour ainsi dire, la charpente (fig. 73).

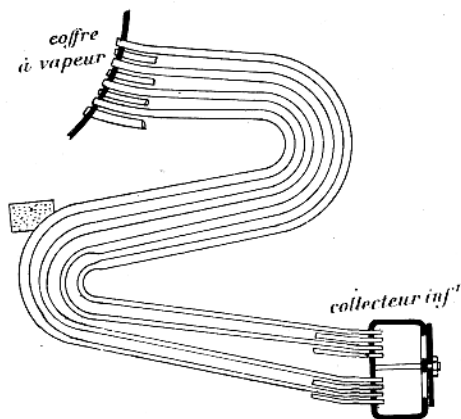


Fig. 73. — Faisceau de tubes chaudière du Temple.

La chaudière du Temple est du type à circulation accélérée. Le niveau de l'eau est, dans le réservoir du haut, un peu au-dessus du débouché des tubes les plus élevés.

Le foyer est constitué en briques et tôle, ainsi du reste que l'enveloppe de la chaudière.



Les tuyaux de retour d'eau étant extérieurs au foyer, la circulation de l'eau se fait ascendante par les petits tubes et descendante par le retour d'eau. La vitesse du courant circulant dans les tubes -dépend de la différence de densité entre le mélange d'eau et de vapeur produit dans le petit tube et l'eau des retours.

Construction. — Les tubes sont en acier doux ; leur diamètre est de 30<sup>mm</sup> environ.

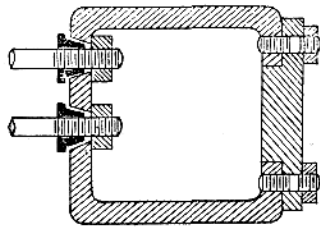


Fig. 73 bis. — Dispositif montrant la tenue des tubes dans les premières chaudières du Temple.

Le nombre de plis est généralement de trois (*dans la première chaudière il était le double*). Le pli inférieur a une grande inclinaison.

Les collecteurs latéraux sont de grande section.

Le volume d'eau est supérieur au volume de vapeur.

L'alimentation, qui se faisait au milieu des tuyaux de retour de la façade, se fait aujourd'hui à la partie supérieure.

Les tubes, qui étaient fixés primitivement avec des écrous coniques, sont aujourd'hui dudgeonnés

### Chaudière du Temple-Guyot,

Elle n'est qu'un perfectionnement de la chaudière du Temple. Elle est à retour de flamme. Les tubes sont plus redressés. Les collecteurs du bas sont cylindriques et d'assez grandes dimensions pour livrer passage à un homme (fig. 74).

Les tubes des rangées internes et externes sont jointifs. Les gaz du foyer, n'ayant plus d'issue derrière l'autel, font retour vers la façade de la chaudière, en passant par deux carnaux ; ils lèchent les tubes et s'engagent ensuite dans la cheminée.

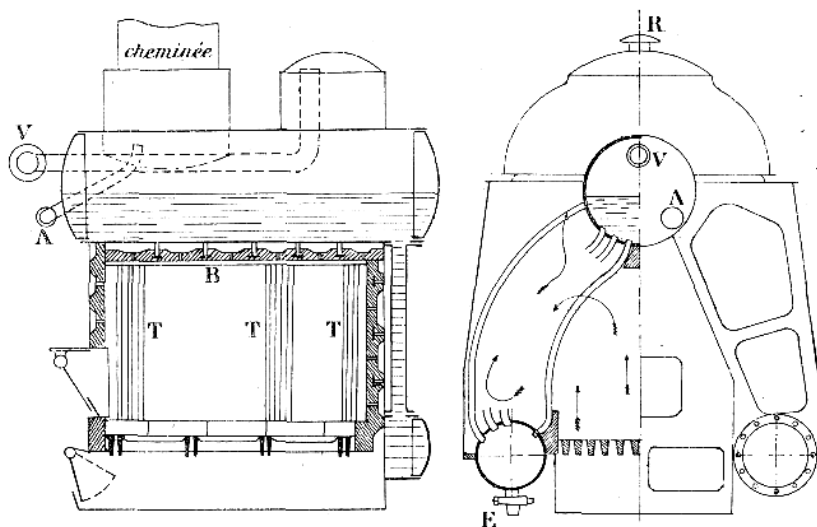


Fig. 74. — Chaudière du Temple-Guyot.

Les tubes de retour d'eau sont à l'opposé de la façade ; leur diamètre est de 200<sup>mm</sup> environ. En plus, les trois collecteurs sont réunis par des tirants creux en acier.

Le foyer est entouré de briques spéciales B maintenues par des goujons.

### Chaudière Normand.

La chaudière Normand n'est qu'un perfectionnement de la chaudière du Temple.

Ce qui caractérise la première chaudière Normand, c'est surtout sa chambre de combustion, ce qui favorise le passage des gaz (fig. 75).

Cette chaudière comporte un coffre à vapeur, réuni à deux bouilleurs cylindriques placés en dehors du feu ; un grand nombre de tubes vaporisateurs ; deux tuyaux de retour placés sur la façade de la chaudière et réunissant entre eux les trois collecteurs.

La grille ne s'étend pas sous tout le faisceau tubulaire ; elle est limitée par une cloison en briques percées de trous qui permet le passage de l'air du cendrier dans le , foyer. La partie comprise entre la cloison et le fond de la, chaudière est la chambre de combustion.

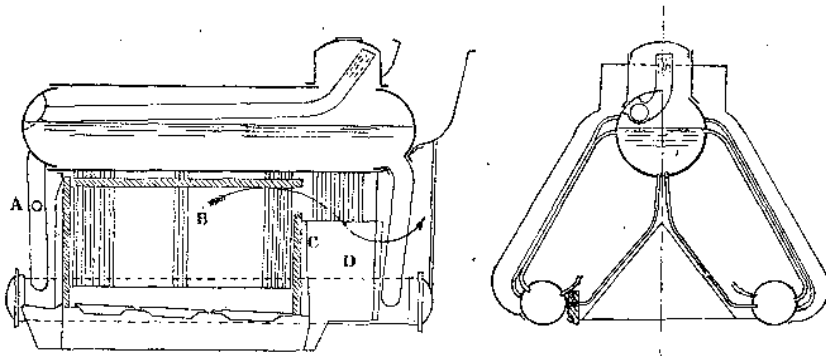


Fig. 75. — Chaudière Normand (type ancien).

- A, Alimentation.
- B, Faisceau tubulaire.
- C, Cloison séparant le foyer de la chambre de combustion.
- D, Chambre de combustion.

Les tubes partent des collecteurs inférieurs au coffre à vapeur et forment deux faisceaux symétriques. Les rangées de tubes internes sont cintrés de façon à recevoir une rangée de briques réfractaires qui forment ciel de foyer.

L'enveloppe extérieure se compose encore de briques réfractaires et de tôle.

L'alimentation se fait au tuyau de retour de la façade. La circulation de l'eau est meilleure que dans la chaudière du Temple.

### Chaudière Normand à retour de flamme.

Elle est surtout un perfectionnement de la précédente au point de vue de l'utilisation des gaz de la combustion.

La cloison séparant le foyer de la chambre de combustion se continue jusqu'au ciel de foyer (fig. 76).

De chaque côté, les rangées intérieures des tubes forment une voûte au-dessus de la grille. Par une disposition convenable, les tubes sont joints dans certaines parties pour forcer les gaz à faire retour sur la façade. Les gaz parcourent ainsi un circuit déterminé,

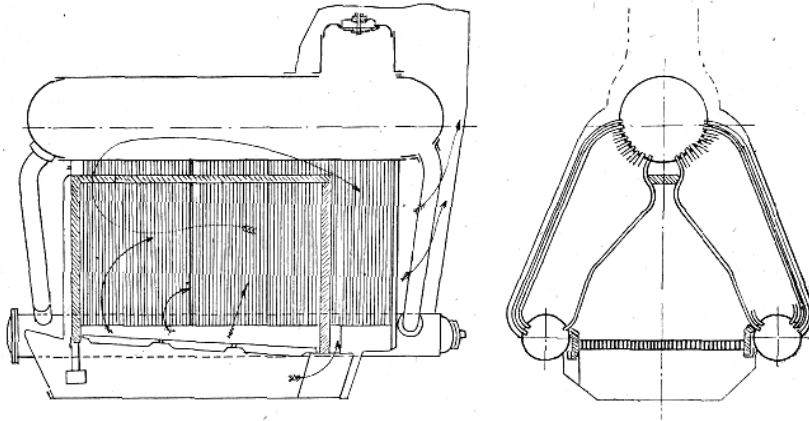


Fig. 76. — Chaudière Normand (nouveau modèle).

arrivent dans la boîte à fumée où ils rencontrent un écran en tôle qui les oblige à lécher les tubes de 30-35<sup>mm</sup> ; mais, dans les deux premières rangées intérieures du foyer, l'épaisseur des tubes est de 3<sup>mm</sup>. La dernière rangée extérieure de chaque faisceau débouche au-dessus du niveau normal. Dans le dernier modèle, les collecteurs de retour d'eau sont remplacés par une série de tubes un peu plus gros que les tubes ordinaires.

L'alimentation se fait dans le coffre à vapeur, où l'eau arrive à une température de 100 degrés environ.

L'étanchéité des tubes jointifs déterminant les courants de gaz chauds a été améliorée par l'emploi de tubes méplats.

Gomme toutes les chaudières multitubulaires, elle exige un tirage actif. Il suffit de 40 minutes environ pour obtenir la pression.

**Chaudière Sigaudy-Normand.** — Elle se compose de deux chaudières à retour de flamme adossées ensemble avec coffre à vapeur et collecteurs latéraux communs.

### Chaudière Thornycroft.

Elle se compose d'un coffre à vapeur cylindrique réuni aux collecteurs inférieurs, également cylindriques, par un grand nombre de tubes en forme de V. De plus, le coffre à vapeur est relié aux collecteurs inférieurs par deux gros tuyaux en acier, extérieurs au foyer (fig. 77).

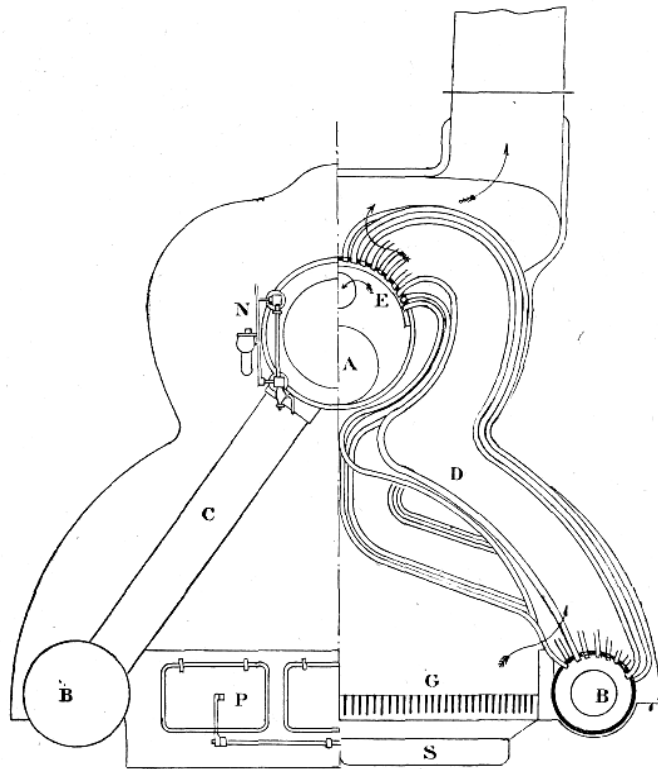


Fig. 77. — Chaudière Thornycroft.

- |                                    |                     |
|------------------------------------|---------------------|
| A, Coffre à vapeur.                | G, Grilles.         |
| B, Collecteurs latéraux.           | N, Niveau.          |
| C, Collecteurs de retour d'eau.    | P, Portes de foyer. |
| D, Faisceau de tubes.              | S, Cendrier.        |
| E, Chicanes pour sécher la vapeur. |                     |

Ce qui caractérise surtout ce générateur, c'est la grande longueur des tubes vaporisateurs et leur aboutissement au-dessus du niveau de l'eau dans le coffre à vapeur. Cette disposition assure une circulation très rapide, car elle évite les remous qui se produisent dans la chaudière Normand, par exemple.

Les tubes sont dudgeonnés dans les collecteurs, et l'agencement du faisceau tubulaire est fait de façon que les tubes de la première rangée intérieure forment une cloison jointive, ainsi que les tubes de la rangée extérieure. Entre ces deux cloisons existe un espace pour le passage des flammes et des gaz.

La courbure des tubes forme une voûte très haute dans laquelle montent les gaz de la combustion, pour passer ensuite à travers le faisceau tubulaire et sortir dans la cheminée par le haut des cloisons extérieures.

L'enveloppe est formée d'une double tôle avec de nombreuses portes de visite.

L'alimentation débouche dans le coffre à vapeur.

### **Chaudière Thornycroft (type Daring).**

Cette chaudière possède un grand coffre à vapeur et trois collecteurs horizontaux parallèles, dont un, placé suivant l'axe vertical du coffre à vapeur, a un plus grand diamètre que les deux autres (fig. 78). Ces derniers, placés symétriquement par rapport au premier, sont mis en communication entre eux par deux tuyaux placés en dehors du foyer.

La communication du coffre à vapeur avec le bouilleur central a lieu par une série de tubes assez gros placés dans un plan vertical passant par l'axe de la chaudière. Ces tubes remplacent les collecteurs de retour.

Cette disposition détermine deux foyers qui permettent une meilleure utilisation des gaz chauds.

Ces chaudières ont un avantage d'avoir une plus grande circulation d'eau ; car, dès l'allumage, les tubes centraux se chauffent et

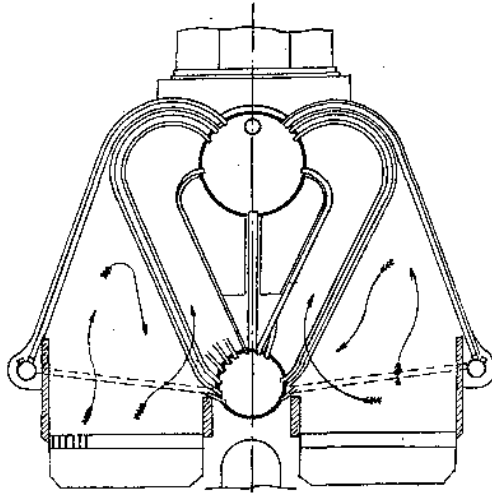


Fig. 78. — Chaudière Thornycroft (type Daring).

a circulation s'établit immédiatement. Mais ces chaudières ont aussi une plus grande difficulté de nettoyage intérieur et extérieur des tubes; il se produit une détérioration rapide de toute la partie du faisceau qui se trouve au-dessus du niveau de l'eau dans le collecteur supérieur.

### Chaudière Yarrow.

Cette chaudière se compose d'un coffre à vapeur perpendiculaire à la façade et de deux collecteurs latéraux qui lui sont parallèles (fig.

79).

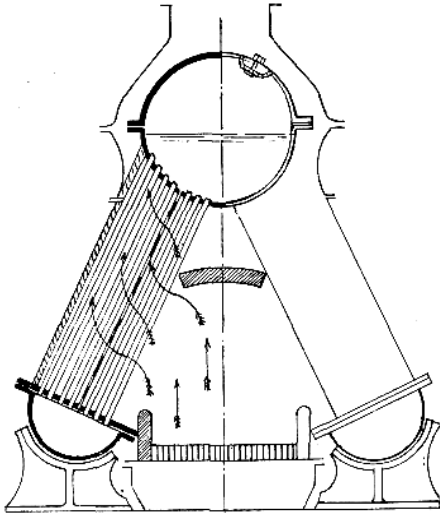


Fig. 79. — Chaudière Yarrow.

Le coffre à vapeur est formé de deux demi-cylindres joints au moyen de boulons, et les collecteurs sont formés de demi-cylindres fermés par des parties planes très épaisses. Le tout est boulonné au moyen de pinces et rivé sur les types de grandes dimensions.

Ce qui caractérise surtout cette chaudière, c'est d'abord sa simplicité et surtout que les tubes vont tous en ligne droite d'un collecteur à l'autre avec une inclinaison de 30 degrés environ. Ces

tubes ne sont pas jointifs, leur diamètre extérieur est de 30<sup>mm</sup> environ, ce qui place cette chaudière dans la catégorie de celles dites à petits tubes.

L'alimentation a lieu vers le milieu de la longueur du coffre à vapeur.

La disposition des tubes facilite l'inspection intérieure et le nettoyage, les réparations et le remplacement d'un tube, grâce à l'emploi d'un dudgeon spécial, le coffre à vapeur comportant à cet effet des bouchons de visite.

On peut considérer dans cette chaudière un manque de flexibilité dans les tubes, qui fait travailler les joints en cas d'inégalité de dilatation.

Les gaz du foyer s'élèvent au-dessus de la grille, où un écran les oblige à faire retour, de façon à contourner le coffre à vapeur et à lécher la partie haute du faisceau de tubes.



Comparaison entre les chaudières à tubes de fumée et les chaudières à tubes d'eau.

- 1° Rapidité de mise en pression des chaudières à tubes d'eau;
- 2° Aptitude de ces chaudières à supporter les variations brusques de régime ; ces chaudières peuvent, en effet, se dilater ou se contracter facilement ;
- 3° Aptitude à supporter les pressions élevées, à cause de la forme cylindrique des récipients et de leur faible diamètre ;
- 4° Réduction du poids et de l'encombrement ;
- 5° Danger moins grand en cas d'accident, le volume d'eau étant plus faible ;
- 6° Réparations faciles, sans débarquement des chaudières.

Les inconvénients des chaudières à tubes d'eau sont :

- 1° Réparations continuelles des tôleries et maçonneries;
- 2° Dans les chaudières à tubes de fumée, le nettoyage de la suie est plus facile et leur utilisation est supérieure.

**Tableau comparatif des différentes chaudières**, en rapportant le poids d'eau, le poids total et la puissance au mètre carré de surface de grille.

NOMS DES CHAUDIÈRES	PAR MÈTRE CARRÉ DE SURFACE DE GRILLE		
	PUISSANCE	POIDS D'EAU	POIDS TOTAL
cylindriques.	200 chevaux.	3 000 kilog.	8 500 kilog.
Belleville.	150 —	300 —	4 900 —
Niclausse.	150 —	600 —	4 100 —
à petits tubes.	350 —	800 —	3 800 —

### Ventilateurs de chauffe.

Les ventilateurs de chauffe sont destinés à fournir aux chaudières l'air nécessaire à la combustion.

Ces ventilateurs sont construits pour refouler à une pression plus ou moins élevée, suivant la combustion à réaliser (25 à 150<sup>mm</sup> d'eau). L'air dans les conduits a une vitesse de 13<sup>m</sup> environ par seconde.

Les ventilateurs comprennent le moteur à vapeur et le disque à ailettes.

Le moteur à vapeur est étudié pour tourner à allure rapide, 300 à 500 tours. Ce sont généralement des machines à carters.

Les disques des ventilateurs sont à *ouïe simple* ou *ouïe double*, suivant que l'air arrive par une seule face ou les deux faces de la roue mobile. Ils sont généralement du type centrifuge et comprennent deux disques en tôle réunis par des ailettes. L'étanchéité entre les disques et l'enveloppe est obtenue par des cornières en fer donnant une étanchéité suffisante pour les faibles pressions de refoulement.

Les ailettes ont en général la forme d'une spirale et tournent leur convexité dans le sens du mouvement, de sorte que l'air pénètre dans l'appareil par la partie centrale, s'engage dans le disque mobile, où il est soumis à une vitesse d'entraînement de la part des ailettes.

Dans le tirage Howden, les ventilateurs sont installés avec des conduits d'aspiration et de refoulement.

### Compresseurs d'air pour le service des chaufferies.

Ces compresseurs d'air, ou machines soufflantes, sont utilisés pour le brassage des gaz dans les foyers de certaines chaudières (Belleville, Niclausse) et aussi sur les bâtiments munis d'installations de chauffe au charbon et au pétrole, pour la pulvérisation du mazout. Leur emploi est presque inconnu dans la marine marchande.

Ventilateur de chauffe des ateliers Niclausse.

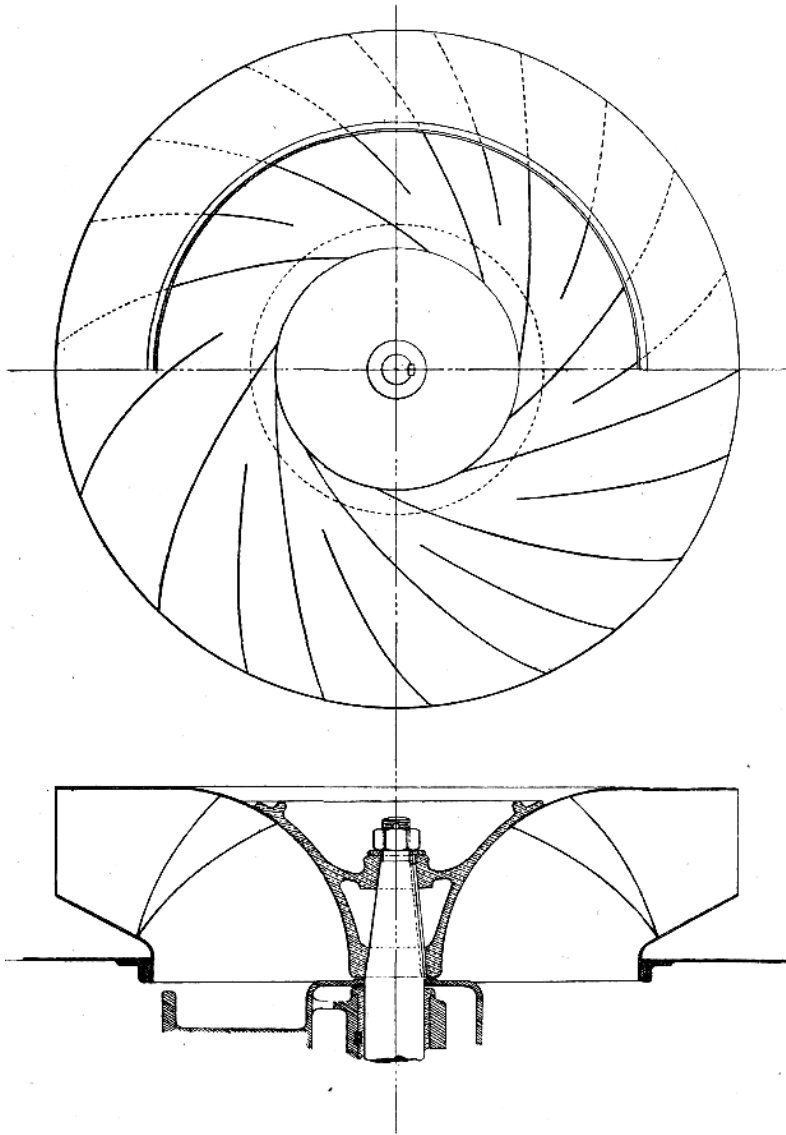


Fig. 80.

Ventilateur de chauffe (système Howden).

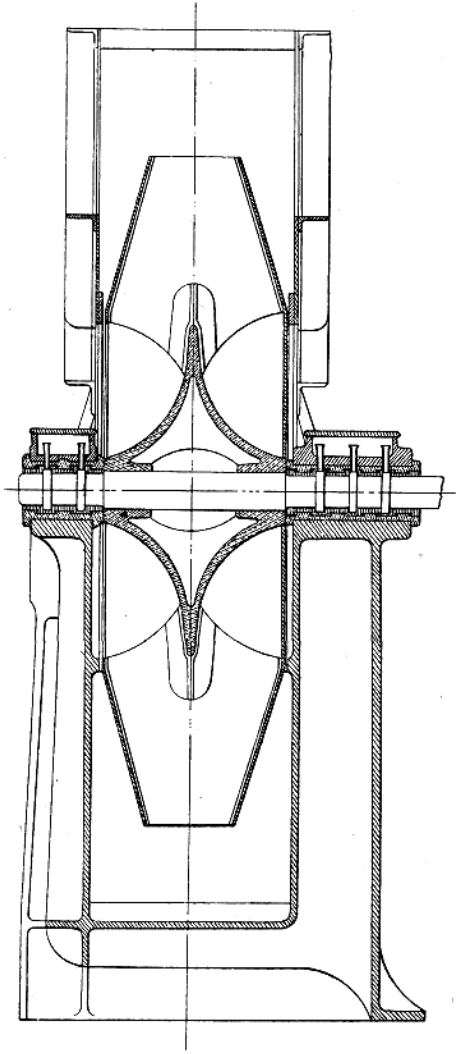


Fig. 81.

## Chauffage au pétrole.

### 1° Propriété et analyse d'un bon pétrole.

Carbone (C) . . . . .	81,5 à 84,6 %.
Hydrogène (H) . . . . .	11 à 15 %.
Oxygène (O) . . . . .	6 à 3,5 %.
Soufre (S) . . . . .	2 % pas plus.
Azote (Az.) . . . . .	0,01 à 1,1 %.
Eau . . . . .	0,01 à 1 %.
Sédiment (Dépôts) . . . . .	0,01 à 1 %.
Pouvoir calorifique . . . . .	10300 calories environ.
Point d'inflammation : 79° à 82° centigrades, pas inférieur à 65°.	

L'analyse ci-dessus peut être prise comme type.

### Analyse d'un échantillon de pétrole mexicain.

Viscosité à 37° centigrades . . . . .	1400 secs.
Densité à 15° C. . . . .	0,94.
Point d'inflammation . . . . .	124° C.
Pouvoir calorifique par lbs. . . . .	10400 calories.
Soufre . . . . .	3 %.

A remarquer que le pourcentage de soufre est plus élevé.

### Comparaison des combustions du pétrole et du charbon.

La combustion du charbon par mètre carré de surface de grille est de 78 kilos environ par heure au tirage naturel et de 136 kilos environ par heure au tirage forcé.

Avec le pétrole, dans le système Wallsend-Howden, installé sur le paquebot *Paris*, de la Compagnie générale Transatlantique, à 7 kilos de pression d'huile, avec brûleur n° 22 et diaphragme n° 422, la consommation serait de 265 kilos à l'heure.

Avec le tirage naturel, la moyenne de consommation de pétrole est environ la moitié, soit 136 kilos par heure.

Dans la pratique, avec marche à pleine puissance, la consommation de pétrole par brûleur peut atteindre 410 kilos par heure avec un tirage forcé de 150 <sup>m</sup>/<sub>m</sub> au ventilateur.

.Quantité d'air à fournir. — En pratique, 1 kilo de pétrole a besoin d'environ 22 kilos d'air pour sa combustion complète, tandis que 1 kilo de charbon ne demande que 18 à 20 kilos d'air. Il faut donc, pour une bonne utilisation du pétrole, plus d'air que pour le charbon, car le pétrole contient beaucoup plus, d'hydrogène.

Comparaison des gallons anglais et américains,  
mesures ordinairement employées pour le pétrole.

1 gallon d'eau donne à 15° C. . . . . 10 lbs anglaises;  
1 — — — — — . . . . . 8 lbs 33 américaines.

Rapport du  $\frac{\text{gallon anglais}}{\text{gallon américain}} = 1,2$ .

En litres { gallon anglais. . . . . 4 l., 53.  
          { gallon américain. . . . . 3 l., 78.

Volume en mètres cubes de l'huile par tonne. — En prenant une moyenne pour le pétrole variant de 0,870 gravité spécifique (31° Baume) à 0,925 (21°,5 Baume), le volume à 15° C. correspond à 1<sup>m</sup>,050 par tonne.

Si la température augmente, le volume occupé sera plus grand et l'espace ménagé pour l'expansion sera diminué, ce qui est très important à savoir pour connaître la hauteur à laquelle on doit faire le plein des soutes ou des réservoirs, en tenant compte du coefficient de dilatation.

**Exemple I.** — *Un réservoir contient 128 tonnes d'huile à 15° C. Trouver la hauteur de cette dernière dans le réservoir si celui-ci a 1<sup>m</sup>,015 de large et 14<sup>m</sup>,600 de longueur, si on admet 1<sup>m</sup>,100 par tonne.*

On a : 
$$\frac{128 \times 1,100}{1,015 \times 14,600} = 9^m,050.$$

**Exemple II.** — *En supposant que de 15° C. la température est montée à 29° C., trouver la hauteur dans le réservoir occupé par le pétrole.*

On a : 
$$29 - 15 = 14;$$

$$14 \times 0,00081 \times 9^m,050 = 102 \text{ } \frac{m}{m} \text{ d'expansion};$$

et la hauteur sera : 
$$9^m,050 + 0,102 = 9^m,152.$$

**Poids spécifique.** Le poids spécifique de l'eau est 1..

Un litre d'eau pèse donc 1 kilo.

Le poids spécifique de l'huile est 0,92.

Un litre de pétrole pèse donc :  $0,92 \times 1 = 0^k,920$ .

Donc si le poids spécifique d'une huile est de 0,867, le mètre cube pèsera :  $0,867 \times 1\ 000 = 867$  kilos.

**Effet de la température du pétrole sur la combustion.** —

Si une huile d'un point éclair bas est remplacée par une autre d'un degré plus élevé, mais de poids spécifique semblable, la combustion du pétrole sera moins parfaite, à moins que le diaphragme du brûleur soit remplacé par un plus grand.

Donc cette remarque est applicable à la façon de réchauffer le pétrole, car pour un égal volume, le poids de l'huile brûlée sera moins grand.

**Exemple.** — Avec une huile réchauffée à  $49^\circ \text{C}$ ., chaque brûleur débite  $227^k$  par heure. Trouver le poids d'une autre huile passant à travers le même brûleur et diaphragme, la température requise au brûleur étant  $115^\circ \text{C}$ .

Nous avons :  $(115 - 49) \times 0,00081 \times 227^k = 12k,150$  ;

et  $227^k - 12k,150 = 214k,850$ .

De sorte que  $214^k,850$  seulement passent dans le brûleur et que, par conséquent, il y a diminution de production de vapeur.

**Dilatation du pétrole.** — On l'évalue à 0,00081 (coefficient de dilatation) par chaque degré centigrade. Il faut tenir compte de cette dilatation pour toujours garder un volume suffisant pour permettre cette dilatation dans les caisses.

**Exemple.** — 122 tonnes ou  $128^{\text{m}^3}$  de pétrole à  $15^\circ \text{C}$ . sont refoulés dans la caisse de décantation où la température est maintenue à  $51^\circ,6$  au moyen du serpentín du réchauffeur. Quel est le nouveau volume du pétrole ?

Nous avons :  $128^{\text{m}^3} \times 0,00081 \times (51,6 - 15) = 3^{\text{m}^3},800$ .

Donc l'expansion et le volume à  $51^\circ,6$  sera :  $128 + 3,8 = 131^{\text{m}^3},800$ .

Trouver le poids du pétrole contenu dans un réservoir,

REGLE.— Tonnes de pétrole à 15° C. = poids spécifique X 1000 X Volume en m<sup>3</sup>.

Si la température du pétrole est supérieure à 15° centigrades, déduire la différence suivant la règle donnée plus haut (dilatation du mazout); ajouter cette différence si la température est inférieure à 15°.

**Exemple.** — Un réservoir contient 448<sup>m<sup>3</sup></sup> de pétrole dont le poids spécifique est 0,920 et la température 27°,8. Trouver en tonnes le poids du pétrole contenu.

Nous avons :  $0,92 \times 1000 \times 448 = 412^t$  à 15°.

Différence due à la dilatation :

$$412 \times 0,00081 \times (27,8 - 15) = 4^t,28.$$

De sorte que le poids exact de l'huile contenue dans le réservoir est :

$$412 - 4,28 = 407^t,72.$$

REMARQUE. — Si la température avait été de 12°,8 en dessous, il aurait fallu ajouter les 4<sup>t</sup>,28, ce qui aurait donné :

$$412 + 4,28 = 416^t,28.$$

### Théorie de la combustion.

**Carbone.** — Le poids atomique du carbone étant 12, celui de l'oxygène 16, quand l'oxyde de carbone (CO) est formé, cela signifie que 12 parties en poids de CO se sont unies à 16 parties en poids d'O ; autrement dit que 1<sup>lb</sup> de carbone s'est unie à 1<sup>lb</sup>/<sub>3</sub> d'oxygène pour former 2<sup>lbs</sup>/<sub>3</sub> de gaz.

Quand la combustion produit de l'acide carbonique (CO<sup>2</sup>), 12 parties en poids de CO s'unissent avec 32 parties en poids

d'oxygène ou 1<sup>lb</sup> de CO s'unit à 3<sup>lbs</sup>  $\frac{2}{3}$  d'oxygène et on peut dire que :

Chaque volume de CO contient  $\frac{31}{41}$  de son poids de carbone.

Chaque volume de CO<sup>2</sup> contient  $\frac{31}{41}$  de son poids de carbone.



### **Pouvoir vaporisateur du pétrole.**

Il est établi en kilogrammes d'eau vaporisée, eau et vapeur à 100°. Avec le meilleur charbon écossais trié, on a vaporisé  $15^k \frac{1}{2}$  d'eau par kilogramme de charbon; avec le charbon courant, on vaporise 10 kilogrammes d'eau avec 1 kilo de charbon.

Avec la chauffe au pétrole système White, on peut vaporiser  $15^k,8$  à 16 kilogrammes d'eau par kilogramme de pétrole; on a même vaporisé  $16^k,4$ , ce qui donnerait un rendement à la chaudière de 80 à  $84\%_{00}$ , et 1 cheval indiqué pour  $0^k,390$  de pétrole.

**Point éclair** (*flash point*). — C'est la température à laquelle le pétrole doit être chauffé pour dégager des vapeurs qui, en se mélangeant à l'air, produisent un mélange détonant.

Aucun ennui n'a été rencontré, soit dans l'embarquement, soit dans la combustion des pétroles dont le point d'inflammation est de 65° C. et au-dessus.

**Point de combustion** (*fining point*). — C'est la température à laquelle un pétrole dégage des vapeurs qui, quand elles sont en ignition, continuent à brûler. Le point de combustion est généralement de 22 à 28° C. plus élevé que le point d'inflammation.

**Viscosité.** — Mesure de fluidité, généralement exprimée en secondes, indiquant le temps employé pour une quantité donnée d'huile à passer par un orifice de section donnée, comparé avec le temps que mettrait la même quantité d'huile de colza pour passer à la même température et par le même orifice (Viscomètre Redwood).

Viscomètre Redwood = 100 secondes pour l'écoulement de 50 c. cubes de colza à 21° C.

Viscomètre Engler = 170 secondes pour l'écoulement de 200 c. cubes d'eau à 20° C.

Viscomètre Saybolt = 56 secondes pour l'écoulement des godets spéciaux d'huile à 21° C.

**Poids spécifique** (*Instruments nécessaires*). — 1° Un thermomètre étalon; 2° un aréomètre Baume.

La température à laquelle la lecture doit être faite est 15° C. Si l'huile a une température différente, on calculera la variation.

Les aréomètres sont généralement fournis aux mécaniciens avec une échelle spéciale qui tient compte des variations de température.

Le poids spécifique est trouvé en divisant 140 par 130, plus les degrés Baumé.

**Exemple.** — Si l'aréomètre indique 30°, ce nombre ajouté à 130 fera 160, qui, divisant 140, donne 0,875 comme poids spécifique.

A mesure que le degré Baumé s'élève (ou que le poids spécifique décroît) les BTU<sup>1</sup> (calories) par livre de l'huile augmentent dans la proportion de 60 BTU par chaque degré Baumé d'élévation.

Ainsi :

$$\begin{array}{rcl} \text{BTU de } 10^\circ \text{ Baume pour un pétrole} & = & 18280 \text{ par lb ;} \\ \text{— } 16^\circ \text{ — — —} & = & 18280 + 60(16-10) = \\ \text{— — — — —} & = & 18280 + 360 = 18640 \text{ par lb.} \end{array}$$

### Chaleur.

Un BTU (*British Thermal Unit*) est l'unité de chaleur; c'est la chaleur nécessaire pour élever d'un degré Fahrenheit la température d'une livre d'eau, quand l'eau est à sa plus grande densité, 30° F (4° C.).

### Chauffage au pétrole.

Système Wallsend-Howden (appliqué sur le paquebot *Paris*,  
*Compagnie générale Transatlantique*).

Dans ce système, comme dans tous les autres, le combustible liquide est soumis à un double filtrage : 1° sur l'aspiration de la pompe des brûleurs ; 2° sur le refoulement du pétrole aux brûleurs

<sup>1</sup> 1 calorie vaut 3,9683 BTU, et 1 BTU vaut 0,252 calorie.

après la sortie du réchauffeur. Les premiers filtres s'appellent filtres froids, les seconds filtres chauds.

Ce sont des doubles filtres munis de *bye-pass*, de façon que le nettoyage d'un filtre peut être exécuté pendant que l'autre est en service.

Le réchauffeur est de la forme connue sous le nom d'U, n'ayant qu'une seule plaque tubulaire permettant la libre dilatation, ce qui évite les dangers de fuites.

Le système est à basse pression, 3 à 4 kilos environ. pression à laquelle le pétrole est diffusé, ce qui diminue les chances de fuites par les joints du tuyautage.

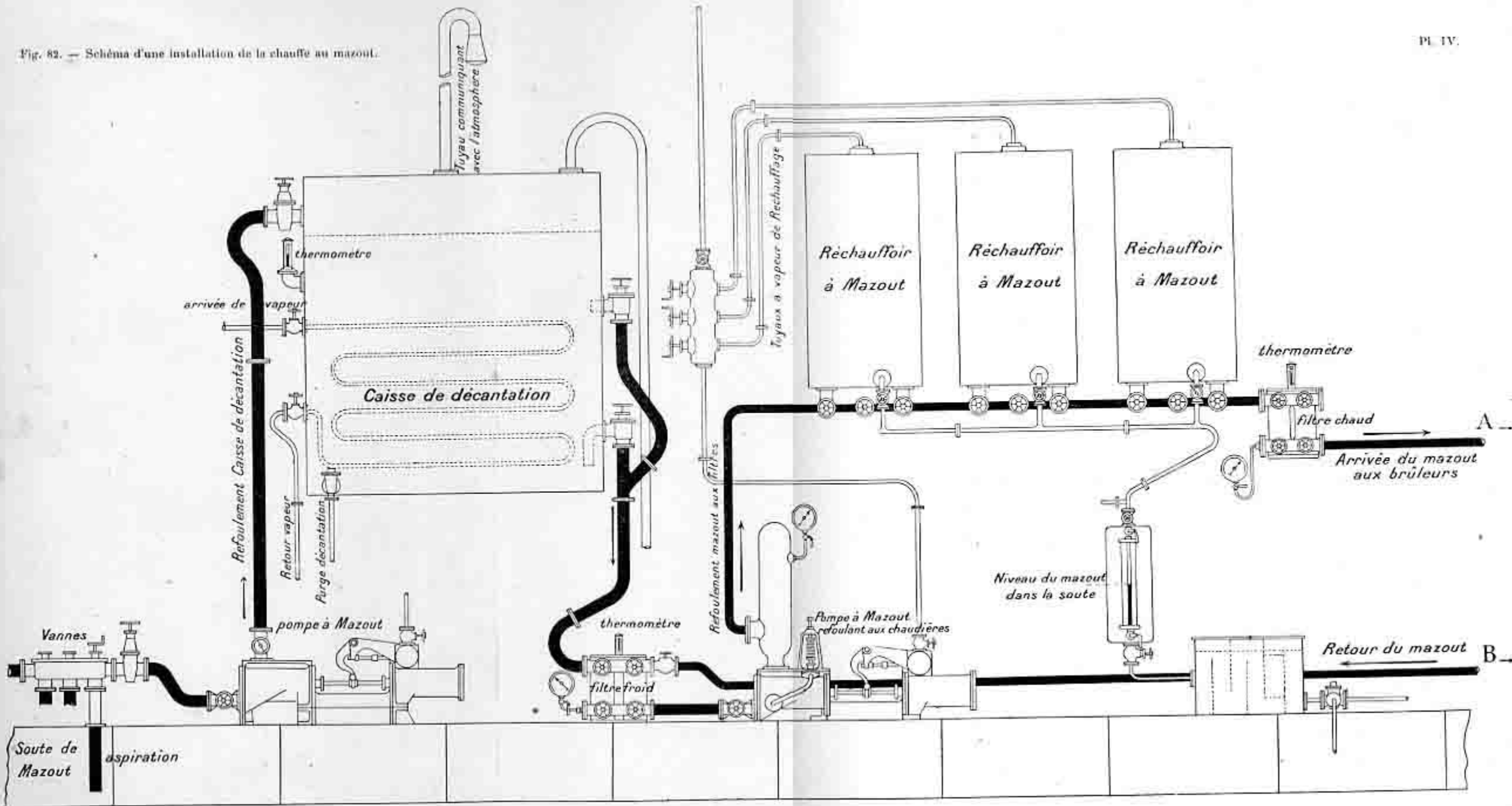
Aucun briquetage dans les fourneaux, car la flamme n'ayant jamais plus de  $910^{\text{mm}}$  ne risque pas de brûler les écrous des entretoises, sauf un petit mur circulaire pour protéger la façade du fourneau.

L'appareil de pompage et de réchauffage est installé sur une plate-forme à bords relevés formant cuvette.

**Pressions et températures.** — L'ensemble des pressions et températures peut être évalué de la façon suivante, mais elles varient cependant avec les différents systèmes, les différentes qualités de pétrole et les différentes conditions de réchauffage.

Température du pétrole en caisse, environ . . . . .	15° C.
— — — de décantation . . . . .	40° C.
Pression au filtre froid . . . . .	1 <sup>k</sup> ,300.
— à la pompe de service . . . . .	6 <sup>k</sup> .
— filtre chaud . . . . .	5 <sup>k</sup> ,800.
Température filtre chaud . . . . .	92°,5 C.
— aux brûleurs . . . . .	88° C.
— inflammation du pétrole . . . . .	92°,5 C.

Fig. 82. — Schéma d'une installation de la chauffe au mazout.



### Disposition générale d'un système de chauffage au mazout.

Le mazout est aspiré dans un *tank-soute* et refoulé dans une caisse de décantation légèrement chauffée, où l'eau se sépare et est purgée au dehors.

Au sortir de la caisse de décantation, le mazout passe dans un filtre froid, d'où il est aspiré par une pompe qui le refoule au travers de réchauffeurs, à la sortie desquels il passe dans un filtre chaud, avant d'être distribué dans les foyers des chaudières (fig. 82).

Un tuyau fait retour du mazout des chaudières à l'aspiration de la pompe, pour éviter toute avarie en cas de fermeture brusque des brûleurs.

### Système Wallsend-Howden de combustion de pétrole.

Avec ce système, les barreaux de grilles n'existent pas. Un anneau de briques réfractaires à l'entrée du foyer constitue le seul briquetage (fig. 83).

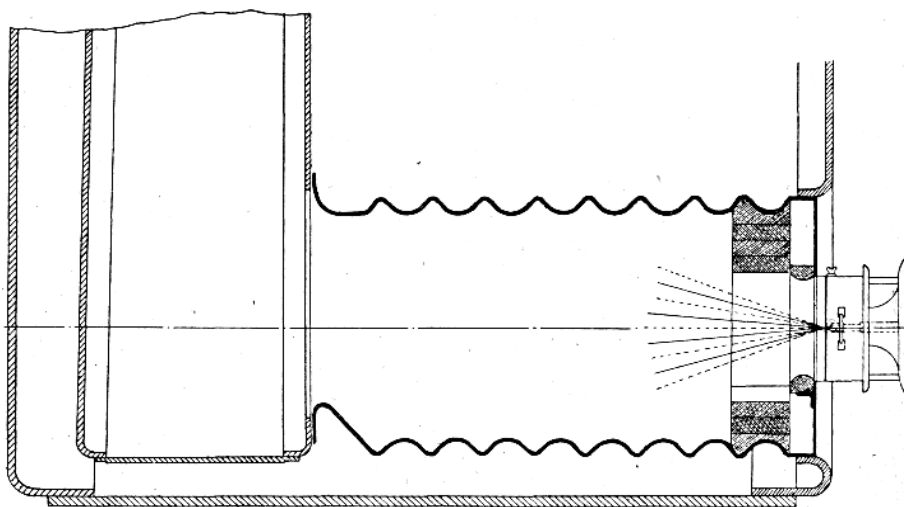
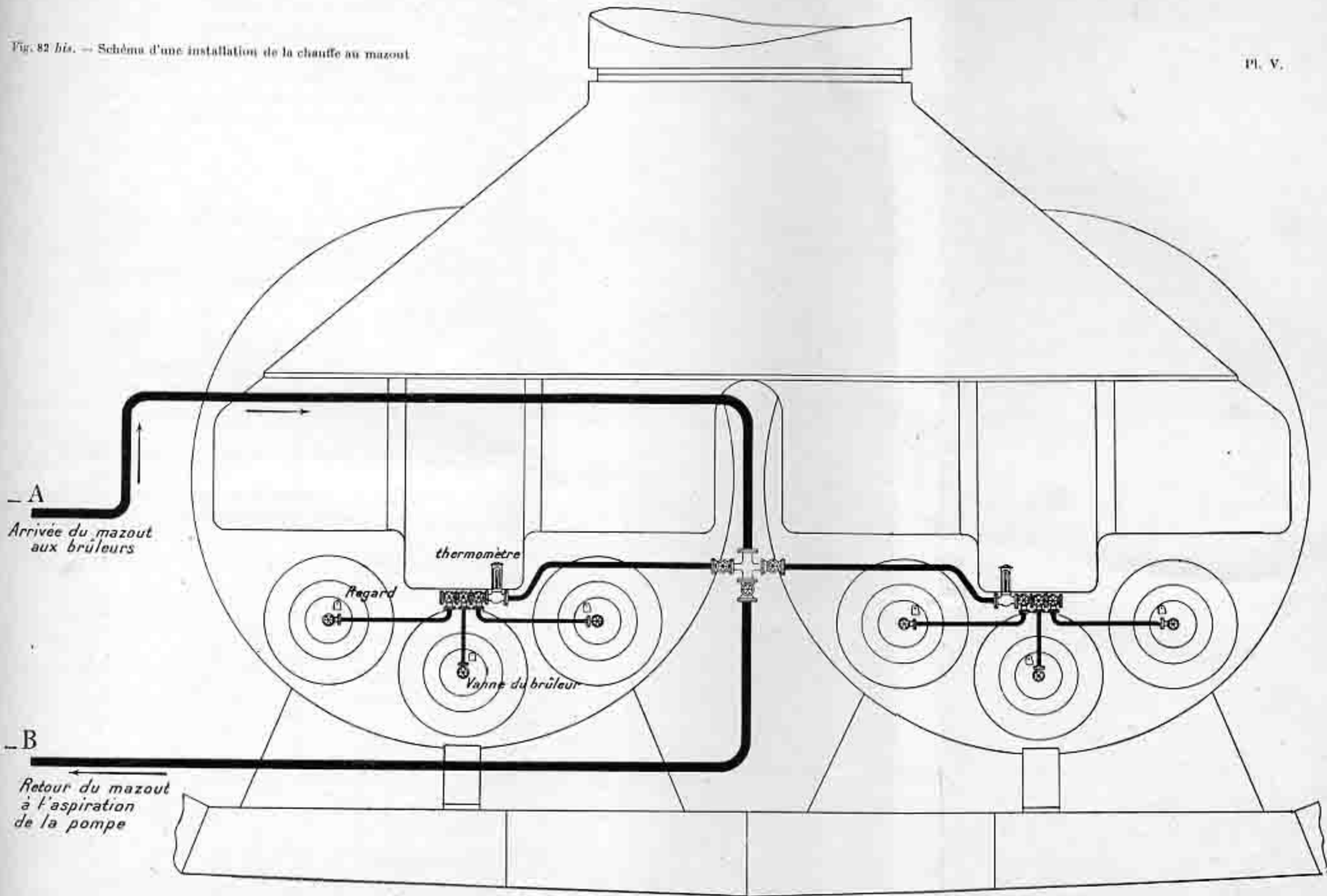


Fig. 83.

Fig. 82 bis. — Schéma d'une installation de la chauffe au mazout.



### Brûleur Wallsend-Howden.

La figure 84 montre le dispositif d'un brûleur Wallsend-Howden. Pour le sortir, il suffit de desserrer la vis située au-dessus ; par ce moyen, ce brûleur est vivement remplacé.

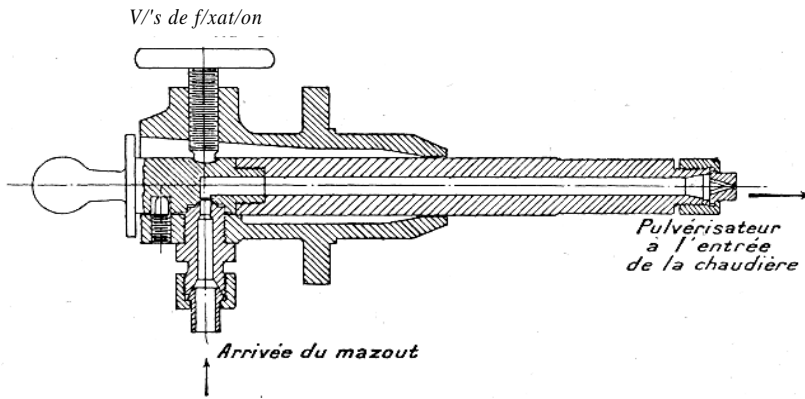


Fig. 84.

### Diaphragme du brûleur Wallsend-Howden.

La figure 85 donne la vue du diaphragme du brûleur Wallsend-Howden, 1, 2, 3, 4, sont des trous percés à travers un faible angle intérieur.

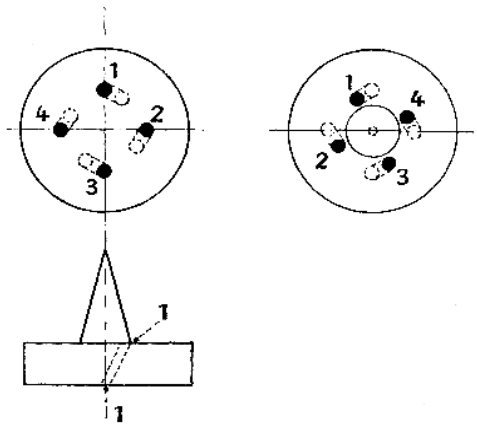


Fig. 85.

La figure 86 montre la section d'un diaphragme et d'un bloc Wallsend-Howden.

- (5) Col du diaphragme.
- (6) Nez du brûleur.
- (7) Sortie du pétrole du brûleur.

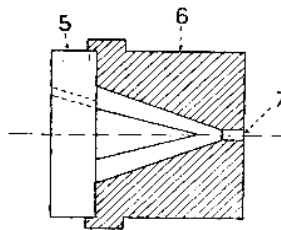


Fig. 86.

### **Chauffage mixte.**

Avec le système de chauffage mixte, on ne change aucune des dispositions du foyer ; on dispose simplement sur la façade de la chaudière un certain nombre de pulvérisateurs convenablement dirigés sur le plan de grilles. Le pétrole est refoulé par une pompe spéciale puisant dans des réservoirs *ad hoc*,

Le chauffage au charbon et au pétrole peut fonctionner simultanément ; cependant, pour la bonne utilisation du pétrole, il est bon d'éviter les grandes rentrées d'air dans le foyer, produites par l'ouverture des portes au moment de la charge du charbon ; et, pour cette raison, il est peut-être préférable de cesser la chauffe au charbon dès qu'on entreprend celle au pétrole.

**Avantages du chauffage mixte.** — 1° Allumage rapide;

2° Grande élasticité dans la chauffe. Il permet de pousser ou de réduire à volonté la vaporisation, et de faciliter les changements brusques d'allure des machines ;

3° Augmenter le temps de marche à toute puissance, tout en diminuant la fatigue du personnel.

**Inconvénients.** — Installation compliquée, encombrante (*pompes y pulvérisateurs y tuyaux, réservoirs*), soins d'entretien assez grands, encrassement des surfaces de chauffe, difficultés d'approvisionnement du combustible. Ces inconvénients font que ce système n'a pas été étendu dans Ta Marine nationale.