
NOTE
SUR
LE FONCTIONNEMENT, L'ENTRETIEN ET LA DURÉE
des chaudières de locomotives en Algérie.

DISPOSITIONS PRISES SUR LE RÉSEAU ALGÉRIEN DE LA COMPAGNIE P.-L.-M.

POUR REMÉDIER AUX INCONVÉNIENTS
DUS A L'EMPLOI D'EAUX D'ALIMENTATION DE QUALITÉ MÉDIOCRE.

Par **M. J. ROBERT,**

INGÉNIEUR DU MATÉRIEL ET DE LA TRACTION
DES LIGNES ALGÉRIENNES DE LA COMPAGNIE DE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE.

Pl. XVI et XVII.

NATURE
DES EAUX
DE SOURCES
ET DE RIVIÈRES
EN ALGÉRIE.

Les eaux dont on dispose en Algérie, pour les besoins de l'industrie, sont à peu près toutes d'assez mauvaise qualité; elles contiennent en dissolution une forte quantité de matières solides. Les meilleures sont celles qui proviennent le plus directement de certaines montagnes; les plus mauvaises sont celles des puits et des Oueds. Les premières donnent de 0^{gr},200 à 0^{gr},300 de dépôts solides par litre, les autres de 1^{gr},000 à 1^{gr},500 et même 2^{gr},000, tandis qu'en France il n'est pas rare de trouver des eaux contenant moins de 0^{gr},100 par litre.

Le tableau ci-après donne, du reste, la composition des eaux d'alimentation pour les locomotives sur le réseau algérien et sur le réseau métropolitain de la C^{ie} P.-L.-M. Le litre d'eau sur le P.-L.-M. français contient en moyenne 0^{gr},251 et sur le P.-L.-M. algérien 0^{gr},682 (1).

(1) L'usure des foyers est au moins trois fois plus rapide en Algérie

QUALITÉ DES EAUX D'ALIMENTATION POUR LES LOCOMOTIVES SUR LES RÉSEAUX DE LA COMPAGNIE P.-L.-M.,
EN FRANCE ET EN ALGÉRIE.

FRANCE.				ALGÉRIE.			
(A) QUALITÉ DE L'EAU : Poids moyen en grammes du dépôt solide contenu dans 1 kilogramme d'eau.	(B) MOYENNE	(C) NOMBRE de prises d'eau des qualités indiquées à la colonne A.	(D) POIDS TOTAL des dépôts solides. B × C	(A) QUALITÉ DE L'EAU : Poids moyen en grammes du dépôt solide contenu dans 1 kilogramme d'eau.	(B) MOYENNE	(C) NOMBRE de prises d'eau des qualités indiquées à la colonne A.	(D) POIDS TOTAL des dépôts solides. B × C
gr. gr. De 0,033 à 0,100	gr. 0,066	56	gr. 3,696	gr. gr. De 0,033 à 0,100	gr. 0,066	»	gr. »
0,100 à 0,200	0,150	102	15,300	0,100 à 0,200	0,150	1	0,150
0,200 à 0,300	0,250	136	34,000	0,200 à 0,300	0,250	7	1,750
0,300 à 0,400	0,350	76	26,600	0,300 à 0,400	0,350	4	1,400
0,400 à 0,500	0,450	16	7,200	0,400 à 0,500	0,450	4	1,800
0,500 à 0,600	0,550	8	4,400	0,500 à 0,600	0,550	2	1,100
0,600 à 0,700	0,650	3	1,950	0,600 à 0,700	0,650	2	1,300
0,700 à 0,800	0,750	3	2,250	0,700 à 0,800	0,750	1	0,750
0,800 à 0,900	»	»	»	0,800 à 0,900	0,850	»	»
0,900 à 1,000	0,950	2	1,900	0,900 à 1,000	0,950	2	1,900
1,000 à 1,340	1,170	4	4,680	1,000 à 1,340	1,170	4	4,680
				1,500	1,500	1	1,500
				1,809	1,809	1	1,809
				2,350	2,350	1	2,350
		406	gr. 101,976			30	gr. 20,489

406 litres d'eau ont donné 101 gr. 976 de dépôts solides.
1 litre a donné $\frac{101,976}{406} = 0 \text{ gr. } 251$

30 litres d'eau ont donné 20 gr. 489 de dépôts solides.
1 litre d'eau a donné $\frac{20,489}{30} = 0 \text{ gr. } 682$

Il est bon de noter que la composition de ces eaux varie avec les saisons ; en hiver, après les pluies, elles sont plus pures qu'en été après de longues périodes de sécheresse.

CONSÉQUENCES
DE L'EMPLOI
D'EAUX
ALIMENTATION
IMPURES.

Alimentées avec de pareilles eaux, les chaudières des locomotives se remplissent rapidement de dépôts et sont sujettes à des dégradations et à une usure bien plus rapides qu'ailleurs. Les plaques tubulaires et les entretoises cessent d'abord d'être étanches malgré le rebagage des tubes et le matage des têtes d'entretoises. Viennent ensuite les ruptures de tubes au ras de la plaque tubulaire du foyer avec le capitonnage des faces et du ciel du foyer. En dernier lieu, apparaissent les fissures dans les angles des plaques avant et arrière du foyer, autour des tirants reliant la plaque tubulaire au corps cylindrique, autour des entretoises et assez souvent d'un tube à l'autre.

Enfin, quand on visite l'intérieur de la chaudière, on constate, sur les tôles de la boîte à feu et du corps cylindrique, des érosions presque toujours disposées de la même manière.

Toutes ces avaries sont imputables à la mauvaise qualité des eaux d'alimentation ; le foyer et les tubes, recouverts de dépôts, sont mal refroidis par l'eau de la chaudière, leur température s'élève sensiblement au-dessus de celle correspondant à la pression de vapeur, de là des dilatations produisant fatalement des déformations, puisque les faces du foyer et les tubes ne peuvent librement s'allonger. D'un autre côté, les matières dissoutes dans l'eau attaquent les tôles et y produisent des érosions.

En Suède, par exemple, où l'on a pu trouver dans certains lacs de l'eau à peu près complètement pure, les tubulures, toujours sèches, y font jusqu'à quinze ans de service et les réparations de chaudières y sont à peu près inconnues, tandis que dans le sud de la Russie, notamment, où l'eau est mauvaise, les plaques tubulaires ne sont jamais étanches, les tubes, au bout de trois mois, doivent, en partie, être remplacés et des machines de construction récente sont envoyées aux ateliers pour y subir de grosses réparations de chaudière (1).

Il se forme généralement, dans les chaudières, deux sortes de dépôts, les uns adhérents aux parois de la chaudière, les autres pulvérulents. Malheureusement les dépôts adhérents, composés principalement de sulfate de chaux, se portent surtout sur les faces du foyer exposées aux coups de feu, tandis que les dépôts pulvérulents se forment de préférence dans le corps cylindrique, notamment près du robinet d'introduction de l'eau d'alimentation dans la chaudière. De là l'utilité de placer ce robinet aussi loin que possible de la boîte à feu afin d'éviter, de ce côté surtout, l'accumulation des dépôts.

La première précaution à prendre est de faire analyser les eaux des points où s'alimentent les machines et de réduire, au strict nécessaire, les prises d'eau dans les gares où elle est mauvaise pour les augmenter dans celles où elle est meilleure. Des tenders de grande capacité facilitent beaucoup cette opération aussi simple qu'importante.

Il est à remarquer que les eaux les plus mauvaises ne sont pas toujours celles qui contiennent la plus grande quantité de matières incrustantes ; il

(1) Voir, page 235, l'ouvrage intitulé : *Die Locomotive der gegenwart und die principien ihrer Construction and den objecten der Wiener Weltausstellung*. « Les locomotives actuelles et les principes de leur construction d'après les machines exposées à Vienne (1873), par Alphonse Petzhold.

NATURE
DES DÉPÔTS
FORMÉS
PAR LES EAUX
D'ALIMENTATION.

CHOIX A FAIRE
PARMI LES EAUX
DONT
S'ALIMENTENT
LES MACHINES
DE FAÇON A USER
SURTOUT
DES MEILLEURES.

ne faut pas perdre de vue que l'élément le plus nuisible est le sulfate de chaux.

FORMATION
DES DÉPÔTS
DANS LES VIDES
DU FAISCEAU
TUBULAIRE.

Avec des eaux chargées de ce sel, les dépôts adhérents ne se forment pas seulement sur les faces du foyer, les tubes eux-mêmes s'en recouvrent et il se produit alors un fait assez curieux : l'espace libre entre les tubes, occupé ordinairement par l'eau, est bientôt obstrué par des dépôts ayant la forme d'écorces d'arbres, minces, emboîtées les unes dans les autres comme des oublies. Ce qui se passe est facile à discerner : les tubes se recouvrant d'une pellicule de dépôts adhérents, leur conductibilité est très altérée ; ils s'échauffent davantage, augmentent de longueur par la dilatation et se cintrent en exerçant des poussées considérables sur les plaques tubulaires ; cette déformation fait casser la pellicule de dépôt qui s'est formée, les mêmes phénomènes se renouvellent et donnent les dépôts de la forme indiquée.

Ces effets, très caractérisés avec des eaux chargées de sulfate de chaux, se produisent encore, quoique bien atténués, avec presque toutes les eaux ; les dépôts formés sur les tubes se détachent alors par petites pellicules et leur amas viendrait, à la longue, maçonner les tubes, surtout près du foyer.

ADDITION
D'AUTOCLAVES
POUR FACILITER
LE NETTOYAGE
DES CHAUDIÈRES.

Pour éviter l'accumulation des dépôts, soit entre les tubes, soit dans les lames d'eau environnant le foyer, il importe, au dernier point, de tout faire pour assurer, à la descente de service des locomotives, un lavage aussi parfait que possible de leurs chaudières.

Pour y arriver, il a été nécessaire d'ajouter de nouveaux autoclaves à ceux ordinairement en usage et situés près du cadre du foyer, dans la boîte à fumée et sous le corps cylindrique. Il en a été placé d'autres sur la boîte à feu, aux points A et B, comme l'indique la Fig. 1, Pl. XVI, pour mieux laver les flancs et le ciel du foyer, et sur le corps cylindrique près de la boîte à feu, pour tringler et nettoyer le faisceau tubulaire à l'endroit où l'engorgement est le plus à craindre.

Ce n'est pas tout, il a paru encore utile d'augmenter la violence du jet d'eau, dont on se sert pour le lavage des chaudières, afin de mieux balayer les dépôts. Comme l'installation de réservoirs de charge aurait entraîné des dépenses considérables, on a eu recours à l'emploi de pompes à vapeur refoulant l'eau dans les conduites à 3 et 4 kilog. Avec ces pressions, tous les dépôts non adhérents sont entraînés. Enfin, périodiquement, on pénètre à l'intérieur des chaudières pour piquer les parties accessibles du ciel du foyer, passer des lames de scies, disposées *ad hoc* entre les tubes, tringler le pourtour du foyer, faire un grand lavage et visiter les tôles, les armatures, etc.

FUITES
DES PLAQUES
TUBULAIRES.
INSTALLATION
DANS LES FOYERS
D'ÉCRANS
EN BRIQUES
RÉFRAC-
TAIRES
POUR PROTÉGER
LA PLAQUE
TUBULAIRE.

Les premières manifestations de l'emploi de mauvaises eaux d'alimentation sont les fuites de la plaque tubulaire du foyer, dont il a déjà été question : le tube, insuffisamment refroidi, s'allonge et tend à se séparer de la plaque tubulaire exposée au coup de feu.

Le remède à ce mal a été de protéger la plaque tubulaire par un écran en briques réfractaires. Il a été tellement efficace que des tubulures qu'il fallait démonter après 40 à 50,000 kilomètres de parcours font maintenant 150,000 à 200,000 kilomètres, sans qu'il se produise des fuites et des ruptures de tubes au ras de la plaque tubulaire, comme antérieurement.

SUINTEMENT
DES
ENTRETOISES.
MANDRINAGE
DES ENTRETOISES
TRAITÉES
COMME DES TUBES
ET RENDUES
AINSI ÉTANCHES.

Les suintements autour des têtes d'entretoises se déclarent en même temps que les fuites à la plaque tubulaire. Ils ont pour effet de provoquer l'oxydation du cuivre du foyer et la formation de sels de couleur verdâtre, constitués au détriment des têtes d'entretoises et du métal environnant. Cette action, jointe à celle du soufre contenu dans le combustible, a pour conséquence l'usure des têtes d'entretoises et des faces du foyer, surtout dans la partie voisine de la grille. On la combat par le mandrinage des entretoises traitées comme des tubes, à l'aide de poinçons figurés Pl. XVI, Fig. 2, et par le bouterollage des têtes.

En répétant l'opération dès que les fuites reparaissent, on maintient les foyers étanches et on évite, autant que possible, l'oxydation destructive qui en est la conséquence.

AUGMENTATION
DE L'ÉPAISSEUR
DES PLAQUES
ET DES FACES
DU FOYER DANS
LEURS PARTIES
INFÉRIEURES.

L'usure de la partie inférieure du foyer est ainsi diminuée, mais elle reste encore plus grande que celle de la partie supérieure. Aussi a-t-il paru nécessaire, pour les foyers neufs, d'augmenter l'épaisseur du bas des plaques avant et arrière et des flancs latéraux, comme l'indique la Figure 3, Pl. XVI; cette épaisseur a été portée de 15 à 20 millimètres.

FABRICATION
ET MONTAGE
DES ENTRETOISES
SUR LES
BOÎTES À FEU
EN
CONSTRUCTION.

Lorsqu'on refait les boîtes à feu, on assure, pour longtemps, l'étanchéité ultérieure des entretoises voisines de la grille en soignant tout particulièrement la fabrication et le montage des entretoises ; elles doivent avoir exactement le diamètre et le filetage voulu pour remplir, sans aucun jeu, les trous taraudés dans le cuivre du foyer. Ainsi fabriquées on aurait les plus grandes difficultés pour les visser, si elles entraient sans jeu dans les trous de la boîte à feu comme dans ceux du foyer, mais cet inconvénient disparaît, si on a le soin d'agrandir les trous de la boîte à feu en y passant un taraud un peu plus fort. Dans ces conditions, les entretoises entrées de l'extérieur se vissent très facilement dans la boîte à feu et ne deviennent difficiles à tourner que lorsqu'elles entrent dans le cuivre du foyer.

Cet artifice, sans inconvénient pour l'étanchéité à l'extérieur des entretoises, du reste mandrinées du côté de la boîte à feu et dans le foyer par surcroît de précautions, donne un montage rapide des entretoises et pourtant aussi parfait que possible.

AVARIES
AUXQUELLES
SONT SUJETTES
LES DIVERSES
PARTIES
DES FOYERS.

Lorsque les foyers arrivent à la fin de leur durée, variable avec la qualité des eaux dont s'alimentent les chaudières, il se produit fréquemment des fissures dans les angles des plaques avant ou arrière, autour des entretoises voisines de la grille, quelquefois au ciel du foyer ou sur les plaques tubulaires.

FISSURES
AUX ANGLES
DES PLAQUES
AVANT
ET ARRIÈRE.

Les fissures aux angles des plaques avant et arrière du foyer, soumises à des changements de forme dus aux effets de la dilatation, n'entraînent pas toujours le remplacement de ces plaques; le plus souvent il est possible d'y appliquer des angles rapportés fixés au moyen de vis; mais c'est une réparation assez coûteuse et délicate que l'état du reste du foyer doit justifier. Pour les foyers à refaire à neuf, il est important de donner aux congés des angles des plaques avant et arrière, surtout dans la partie inférieure, un rayon aussi grand que possible. Ces angles peuvent alors varier de forme de façon à permettre l'allongement des faces voisines. (Fig. 4 et 5, Pl. XVI).

FISSURES
AUTOUR DES
ENTRETOISES.
ENTRETOISES-
TUBES.

Les fissures autour des entretoises le plus exposées au feu coïncident presque toujours avec l'amincissement des parois du foyer. Aussi, peut-on rapporter des pièces pour remplacer les parties fissurées et usées. Ce n'est cependant pas une réparation à recommander dans tous les cas. Il faut, là encore, que les autres parties du foyer puissent supporter un plus long service, et que les coutures reliant les pièces aux parties conservées soient assez loin des points où la température est la plus élevée. Le mieux est donc d'éviter, autant que possible, l'application de ces pièces; on le peut, le plus souvent, si on a le soin de remplacer les entretoises par d'autres spéciales aussitôt que les gerçures, rayonnant autour de leur têtes, s'accroissent. Ces entretoises spéciales ont la forme d'un bout de tube à fumée dont l'épaisseur est assez forte pour permettre le filetage ordinaire au pas de 2^m/_m. Elles sont, comme une entretoise ordinaire, vissées dans le foyer et la boîte à feu, et rivées aux deux bouts; on les mandrine au Dudgeon, ce qui donne une étanchéité parfaite. Leur diamètre extérieur doit être assez fort pour faire disparaître toutes les gerçures rayonnant autour de l'ancienne entretoise. Il n'est pas toujours nécessaire de les tamponner toutes du côté de l'extérieur, plusieurs de celles qui sont à une hauteur

convenable de la grille peuvent rester ouvertes pour amener un excès d'air utile pour une bonne combustion. (Fig. 6 et 6^{bis}, Pl. XVI).

L'application de ces entretoises-tubes présente des avantages sérieux sur celle des pièces rapportées : on évite de faire des coutures sur la partie la plus fatiguée par le feu. Le grossissement des entretoises équivaut à leur rapprochement ; les surfaces planes, soumises à la pression de la chaudière, sont réduites et mieux entretoisées avec celles de la boîte à feu ; elles résistent, par suite, mieux à la pression et transmettent mieux la chaleur qu'à l'origine, lorsque le bas du foyer avait toute son épaisseur et était muni d'entretoises ordinaires. On conçoit que, dans ces conditions, la durée des boîtes à feu soit pour longtemps prolongée.

Les fissures à la partie tubée de la plaque tubulaire se manifestent soit autour des tirants reliant cette plaque au corps cylindrique, soit d'un trou de tube à l'autre. On peut quelquefois, en enlevant quelques tubes, les remplacer par des boulons qui remplissent les trous disponibles et dont les têtes recouvrent les fissures du côté du foyer, les écrous étant placés à l'intérieur de la chaudière (Fig. 7, Pl. XVI).— Mais ce n'est là qu'un expédient capable d'ajourner le remplacement partiel ou total de la plaque tubulaire sur lequel il est prudent de compter à court terme. Afin d'éviter pour l'avenir ces avaries très graves, nécessitant une réparation longue et coûteuse, il faut augmenter l'épaisseur des plaques tubulaires et l'écartement des tubes en diminuant au besoin leur nombre. Cette précaution est d'autant plus utile qu'il est nécessaire, après chaque détubage de la chaudière, d'aléser les trous ovalisés par les déformations auxquelles sont sujettes les plaques tubulaires.

Les fissures au ciel du foyer se produisent surtout lorsqu'il est armé de fermes pour résister à la pression ; elles sont moins à craindre lorsque la boîte à feu est du type Belpaire ou Becker. Les fermes encombrent le dessus du ciel, prennent la place de l'eau, dont la circulation est gênée, et rendent le nettoyage si difficile que les dépôts ne peuvent être complètement enlevés ; si on parvient à en dégager l'espace compris entre les armatures, il est au moins impossible, sans les démonter, de sortir les dépôts formés sous les fermes et entre les tôles dont elles sont composées. Aussi le ciel du foyer se refroidit mal, se capitonne quelquefois et se gerce, ce qui entraîne, soit le remplacement du ciel, si le reste du foyer est bon, soit celui de la boîte à feu, si l'usure des autres parties le comporte.

Avec la disposition Belpaire, ou l'une de ses dérivées, il faudrait une négligence impardonnable pour laisser le ciel du foyer s'entarter ; leur emploi est,

FISSURES
A LA PLAQUE
TUBULAIRE.
AUGMENTER
SON ÉPAISSEUR
ET
L'ÉCARTEMENT
DES TUBES.

FISSURES
AU CIEL
DU FOYER.
AVANTAGES
DU FOYER
BELPAIRE
ET DE
SES DÉRIVÉS.

par suite, tout indiqué lorsque les eaux d'alimentation sont de médiocre qualité.

On reproche, il est vrai, à ces types de boîte à feu de gêner la dilatation du foyer, mais cette dilatation est déjà gênée par les entretoises des faces verticales, et celles du ciel n'augmentent pas outre mesure le mal, si on a le soin de faire à dilatation la rangée d'entretoises voisine de la plaque tubulaire ; la distance (*a*) de la deuxième rangée à la rivure de la plaque tubulaire est assez grande pour permettre, par une légère flexion du ciel, la dilatation du foyer. Il en est de même pour les autres entretoises, cote (*b*). Peut-être même pourrait-on soutenir que cette flexion est utile pour faire décoller les dépôts adhérents.

Il est à noter, du reste, que la plus grande liberté du foyer, armé avec des fermes, est contestable ; les fermes sont reliées au ciel de la boîte à feu par des tirants permettant le soulèvement du foyer, mais l'examen de ces pièces recouvertes, au point où devrait se faire la dilatation, de dépôts soudant l'articulation, démontre qu'en réalité le ciel de ces foyers se comporte sensiblement comme celui du foyer Belpaire ou de ses dérivés.

Ainsi se trouve justifiée la préférence à donner aux types de boîtes à feu dont le ciel est relié, par de longues entretoises en acier doux, à celui des foyers. Il sera bon cependant de ne pas copier en tous points la disposition Belpaire si le combustible à brûler n'est pas du menu. Avec des agglomérés ou de la houille, il est très important de donner aux foyers beaucoup de profondeur, afin d'éloigner suffisamment du feu les voûtes en briques réfractaires et le faisceau tubulaire. Il est toujours utile, du reste, d'agrandir la hauteur des foyers, tant pour améliorer la combustion que pour augmenter la vaporisation. (Fig. 8 à 10, Pl. XVI).

CORROSION
DES TÔLES
A L'INTÉRIEUR
DES CHAUDIÈRES.

Les eaux d'alimentation ont une action sur les tôles des chaudières, dont l'énergie et la rapidité dépendent de leur nature. Ce ne sont pas toujours les eaux les plus incrustantes qui attaquent le plus les chaudières. Lorsqu'on visite l'intérieur des générateurs, on constate que certaines corrosions se reproduisent toujours les mêmes, tandis que d'autres se présentent tantôt à un endroit tantôt à un autre de la surface mouillée par l'eau ; les parties en contact avec la vapeur restent intactes.

CORROSIONS
EN FORME
DE SILLONS
DE LA PLAQUE
TUBULAIRE
DE LA
BOITE A FUMÉE.

Les points toujours attaqués sont ceux où se produisent des flexions résultant soit de l'action de la vapeur, soit des efforts produits par la dilatation. Les tubes, par exemple, se cintrent et exercent sur les plaques tubulaires des poussées dues à leur dilatation plus grande que celle de la chaudière. De là proviennent, pour la plaque tubulaire de la boîte à fumée notamment, des flexions

dont l'origine part de son pourtour; ces flexions, variables avec la température de la chaudière, ont pour effet de faire détacher les dépôts formés près des points d'encastrement et de favoriser, par suite, l'action corrosive des eaux, le métal se trouvant mis à nu par intervalles. Aussi trouve-t-on sur cette plaque, même dès le premier détubage, des érosions en forme de sillons concentriques, ou à peu près, à la chaudière. (Fig. 1, Pl. XVII).

Pour arrêter le développement de ces corrosions et consolider l'attache de la plaque tubulaire au corps cylindrique, on place à l'intérieur de la chaudière une cornière cintrée fixée par des rivets ou des vis sur la plaque et sur la chaudière. (Fig. 1, Pl. XVII).

CORROSIONS
EN FORME
DE SILLONS
DES PLAQUES
AVANT
ET ARRIÈRE
DE LA BOÎTE
A FEU.

Les plaques embouties des faces avant et arrière de la boîte à feu sont aussi toujours attaquées par les eaux et de la même manière. Il se forme des sillons verticaux vers le milieu de leur partie emboutie et suivant la première rangée verticale d'entretoises à partir des angles. D'autres sillons se forment encore presque toujours, par places, au ras du cadre du foyer, tandis que des alvéoles concentriques aux entretoises se remarquent à la partie supérieure des quatre faces de la boîte à feu, surtout aux flancs de droite et de gauche. (Fig. 2 à 4, Pl. XVII). Ces corrosions s'expliquent de la même façon que pour la plaque tubulaire de la boîte à fumée.

Le foyer en cuivre rouge, à cause de sa température et de la nature de son métal, se dilate davantage que la boîte à feu à laquelle il est, cependant, relié de tous les côtés. Le cadre, les quatre angles et les premières rangées verticales d'entretoises peuvent être considérés comme des points fixes servant de charnières aux flexions que produisent les poussées du foyer, agissant de l'intérieur vers l'extérieur et transmises par les entretoises; le métal y est mis à nu lorsque les flexions changent, l'eau l'attaque alors de nouveau et forme d'autres dépôts qui tombent à leur tour, etc.; des sillons se forment ainsi dans le voisinage des charnières suivant les lignes que nous avons indiquées.

Ces effets seront très atténués si les foyers sont fabriqués avec des plaques avant et arrière à angles suffisamment arrondis. Dans ce cas, l'allongement des faces du foyer aura plutôt pour effet de modifier le cintre de ces angles que d'exercer, par l'intermédiaire des entretoises, des poussées sur les faces de la boîte à feu capables de les faire céder. Ces faces auront, par suite, une flexion bien moindre et ne seront plus sujettes à être attaquées de la même manière.

Il est à noter, du reste, qu'il ne peut y avoir que des avantages à la forme plus arrondie des faces avant et arrière du foyer et de la boîte à feu; l'emboutissage plus facile altérera moins le métal et le nombre d'entretoises sera réduit.

ALVÉOLES
AUTOUR
DES ENTRETOISES
DE LA PARTIE
SUPÉRIEURE
DU FOYER.

Les alvéoles autour des entretoises les plus éloignées du cadre du foyer s'expliquent aussi facilement : c'est la dilatation du foyer dans le sens de sa hauteur qui les produit. Cette dilatation, plus forte que celle de la boîte à feu, fait fléchir chaque entretoise, de bas en haut, d'une quantité d'autant plus grande qu'elle est plus éloignée du cadre et que la température du foyer est plus élevée. Les dépôts, formés autour du point d'insertion de l'entretoise sur la boîte à feu, tombent quand la flexion augmente ou diminue, ce qui facilite en ce point l'action corrosive de l'eau. (Fig. 5, Pl. XVII).

Il arrive assez fréquemment que les alvéoles ainsi formées s'agrandissent assez pour déterminer des fuites. Il faut alors enlever l'entretoise, en agrandir le trou assez pour faire disparaître l'alvéole, la tarauder, y visser un bouchon, percer au centre de ce bouchon un trou au diamètre voulu pour y passer le taraud à entretoises, visser l'entretoise, etc.

CORROSIONS
DU CORPS
CYLINDRIQUE.

Le corps cylindrique des chaudières est aussi attaqué par les eaux, mais d'une façon irrégulière. Le plus souvent, c'est la partie inférieure qui est la plus altérée, mais quelquefois aussi ce sont les parties latérales. Dans le premier cas, on peut se borner à remplacer le bas des viroles, en ayant soin d'espacer suffisamment les coutures d'une virole de celles des viroles voisines. Dans le second, le remplacement des portions rongées conduirait à faire trop de coutures, aussi convient-il de remplacer le corps cylindrique en entier.

Il arrive assez souvent que des corrosions se forment, comme l'indique la Fig. 6, Pl. XVII, le long des rivures. Elles tiennent encore à des flexions au voisinage des coutures longitudinales, dues à la forme imparfaite de la virole dont la section ne donne pas deux circonférences concentriques. On peut remédier à cet inconvénient, soit en mettant les rivures dans la partie supérieure du corps cylindrique, dans la vapeur, soit en adoptant l'assemblage avec couvre-joints des dernières chaudières P.-L.-M., timbrées à 15 k. ; la section d'une virole donne alors deux circonférences concentriques parfaites. Les Fig. 7 à 9 Pl. XVII donnent la disposition des corps cylindriques avec clouures dans la vapeur ; le joint de la virole du dôme, situé dans le plan diamétral passant par l'axe de la chaudière et l'axe du dôme, est compris entre la tôle de renfort du trou percé dans la chaudière et l'embase du dôme ; on obtient ainsi un assemblage très résistant et on évite une couture qu'il faudrait nécessairement placer dans l'eau.

NÉCESSITÉ
DE CHANGER
ASSEZ
FRÉQUEMMENT
LES ENTRETOISES
DU BAS
DU FOYER.

L'usure rapide des entretoises et des parois du bas des foyers a déjà été indiquée ; elle tient à la formation, à l'intérieur des plaques, de dépôts très adhérents composés surtout de sulfate de chaux. Il en résulte la nécessité de remplacer assez fréquemment les entretoises dont les têtes sont usées et de replaner les faces du foyer. Il convient même de ne pas ajourner l'opération

dès qu'elle devient utile, car elle a encore pour effet de faire tomber, au moment du planage au marteau, le tartre dur collé aux faces du foyer, et de rendre au métal son ancienne conductibilité, ce qui augmente évidemment la durée de la boîte à feu.

Dans ces conditions, le nombre d'entretoises à remplacer, et par suite, de trous à percer pour les enlever, devient considérable. Fait à la main, ce travail long et coûteux immobilise pour longtemps les locomotives. Aussi est-on conduit à rechercher un moyen de remplacer le forage à la main par celui d'une machine marchant au moteur.

Les perceuses portatives, à corde ou mues par un arbre flexible, nécessitent des installations quelquefois plus longues que le perçage des trous, surtout quand il s'agit d'amener le mouvement à l'intérieur du foyer d'une locomotive conservant sa position normale. Cette remarque a conduit à l'installation d'une machine spéciale (1) dont la disposition est indiquée par la Fig. 10, Pl. XVII.

Cette machine est logée dans une fosse en dessous d'une voie du dépôt d'Alger, affectée aux réparations. Les locomotives, montées sur leurs roues, si le remplacement des entretoises doit se faire de l'intérieur du foyer seulement, ou bien sur un chariot spécial et sur l'essieu d'avant s'il s'agit d'une réparation plus importante, sont amenées au-dessus de la machine à percer, effacée en dessous du sol lorsqu'elle ne travaille pas. Là, on peut déplacer au besoin la perceuse transversalement à la voie et l'élever de façon à opérer sur l'une quelconque des faces intérieures ou extérieures de la boîte à feu.

Les trous sont percés, tant à l'intérieur du foyer qu'à l'extérieur de la boîte à feu, par rangées verticales. Pour passer, sur une même rangée, d'un trou à l'autre, il suffit d'élever ou d'abaisser la colonne qui porte la tête de la machine sur laquelle est montée une perceuse à axe horizontal. Pour passer d'une rangée à la suivante, sur les faces de droite et de gauche, il faut avancer ou reculer la locomotive. Pour passer d'une rangée à l'autre sur les faces avant et arrière du foyer, il faut déplacer la perceuse.

Voici par quelles dispositions la machine a été mise en état de fonctionner dans les conditions ci-dessus indiquées (Fig. 11 et 12, Pl. XVII). Elle se compose de trois tubes verticaux emboîtés l'un dans l'autre, comme ceux d'une lunette. Le tube inférieur (A), en fonte, est solidaire d'un chariot mobile suivant une direction perpendiculaire à la voie de réparation; le tube supérieur en bronze (B) (il est soumis à la flexion), porte à son extrémité une perceuse à axe horizontal, tandis que le tube intermédiaire (C) sert de rallonge.

(1) Cette machine a été étudiée et exécutée aux ateliers du P.-L.-M. Algérien.

Le mouvement est donné par le système de deux arbres, l'un plein, l'autre creux, pénétrant le premier dans le second et placés dans l'axe même des colonnes concentriques. L'arbre plein, solidaire du tube en bronze, dont l'extrémité forme palier, porte une roue dentée conique avec laquelle engrène une autre roue semblable actionnant le manchon de la perceuse. Celle-ci est disposée pour tourner autour de l'extrémité de la colonne en bronze, les deux pignons restant en prise, mais une vis de pression permet de la fixer dans une position déterminée ; le foret peut, par suite, être appliqué contre l'une quelconque des faces de la boîte à feu.

L'arbre creux, au contraire, est lié à la colonne inférieure formant bâti et dont le bas lui sert de palier. Il porte à son extrémité une roue d'angle avec laquelle engrène un pignon solidaire de la transmission intermédiaire pour le mouvement de rotation, et de la colonne inférieure pour le mouvement de translation du bâti.

Malgré le déplacement de la machine perpendiculairement à la voie, le mouvement de la transmission intermédiaire se communique donc d'abord à l'arbre creux, ensuite à l'arbre plein à cause de leur forme, et finalement à la perceuse ou à la taraudeuse, car la machine à percer peut être remplacée par un outil disposé pour actionner des tarauds (Fig. 12, Pl. XVII).

Fait à la main, le perçage des trous au cliquet prend, en comptant le temps du montage, vingt-cinq minutes par entretoise. Fait à la machine, il demande cinq à six minutes, c'est-à-dire quatre à cinq fois moins de temps ; il en est de même pour le taraudage : l'opération, à la main, se fait en huit à neuf minutes par entretoise, à la machine en moins de trois minutes, c'est-à-dire trois à quatre fois plus vite et sans fatigue pour l'ouvrier qui en est chargé.

La perceuse à entretoises peut être simplifiée lorsqu'il est possible de l'installer dans un atelier de montage pour les locomotives, tout près du grand chariot servant à les transporter d'une voie sur l'autre. Dans ce cas, la locomotive, démunie de ses roues et de son mécanisme, mais supportée par un petit chariot spécial, est amenée sur le grand transbordeur du montage. Ainsi installée, la boîte à feu en porte-à-faux de la machine peut prendre devant la perceuse dont le bâti est rendu fixe, toutes les positions voulues. Pour passer d'une rangée verticale d'entretoises à la suivante, sur les faces latérales de l'extérieur ou de l'intérieur, il suffit, comme dans la première disposition, d'avancer ou de reculer la locomotive en agissant sur le petit chariot qui la supporte directement. Pour passer d'une rangée à l'autre sur les faces avant ou arrière, il faut avancer ou reculer le grand transbordeur.

Le schema (Fig. 13, Pl. XVII) indique les diverses positions moyennes de la

boîte à feu, par rapport à la perceuse, dont le bâti est fixe et dont la tête n'a plus qu'à s'orienter et à s'élever ou s'abaisser.

DURÉE
COMPARATIVE
DES TUBULURES
ET
DES BOITES A FEU
AVANT ET APRÈS
L'APPLICATION
DES PROCÉDÉS
INDIQUÉS
CI-DESSUS.

Il ne s'est pas écoulé assez de temps depuis l'application des dispositions ci-dessus indiquées pour qu'il soit possible de les apprécier toutes à leur juste valeur. Il est certain, nous l'avons déjà indiqué, que les tubulures dont le démontage était autrefois nécessaire au bout de 50,000 à 80,000 kilomètres, font maintenant de 150,000 à 200,000 kilomètres.

Ce résultat est dû à l'influence des voûtes en briques réfractaires, installées dans les foyers, et aux meilleurs lavages obtenus avec plus d'autoclaves et un jet d'eau à plus forte pression.

L'expérience prouve aussi que les foyers feront un bien plus long parcours que par le passé ; mais, comme aucun de ceux refaits à neuf avec les modifications indiquées n'est arrivé à bout d'usage, il est impossible de leur assigner une durée exacte ; on ne peut faire qu'une évaluation.

Primitivement les foyers étaient usés en moyenne après 180,000 à 200,000 kilomètres au dépôt d'Alger, 200,000 à 250,000 kilomètres aux dépôts d'Oran et de Philippeville. Aujourd'hui, d'anciennes boîtes à feu dont les entretoises ont été maintenues étanches et dont le bas du foyer a été détartré en temps voulu en procédant au remplacement des entretoises, ont dépassé sensiblement ces chiffres et il est permis d'espérer qu'avec les entretoises-tubes on arrivera à 350,000 et peut-être 400,000 kilomètres.

Les boîtes à feu profondes, refaites avec des cuivres plus épais aux points où l'usure est la plus forte et des plaques tubulaires renforcées, se comportent bien ; l'étanchéité des entretoises est mieux assurée, à cause de la plus grande longueur de la partie vissée dans les parois plus épaisses du foyer ; les angles des plaques avant et arrière, dont les congés ont été agrandis, n'ont encore aucune des rides d'où partent les fissures lorsque le rayon de ces congés est trop petit.

Plusieurs de ces boîtes à feu ont déjà subi un premier remplacement des entretoises voisines de la grille, après des parcours variant entre 100,000 et 150,000 kilomètres ; la plus forte usure des faces du foyer aux points où l'épaisseur a été portée à 20^m/_m est de 1^m/_m ; si elle se maintient la même (il n'y a pas de raison pour qu'il en soit autrement), les boîtes à feu feraient avant d'être usées 1.200.000 kilomètres. Elles sont, en effet, hors de service quand l'épaisseur du cuivre est réduite à 7 ou 8^m/_m ; dans ces conditions, elles arriveraient à durer autant que des boîtes à feu ordinaires appartenant à des chaudières alimentées avec de bonnes eaux.

Fig. 1. Disposition des autoclaves pour le lavage de la chaudière

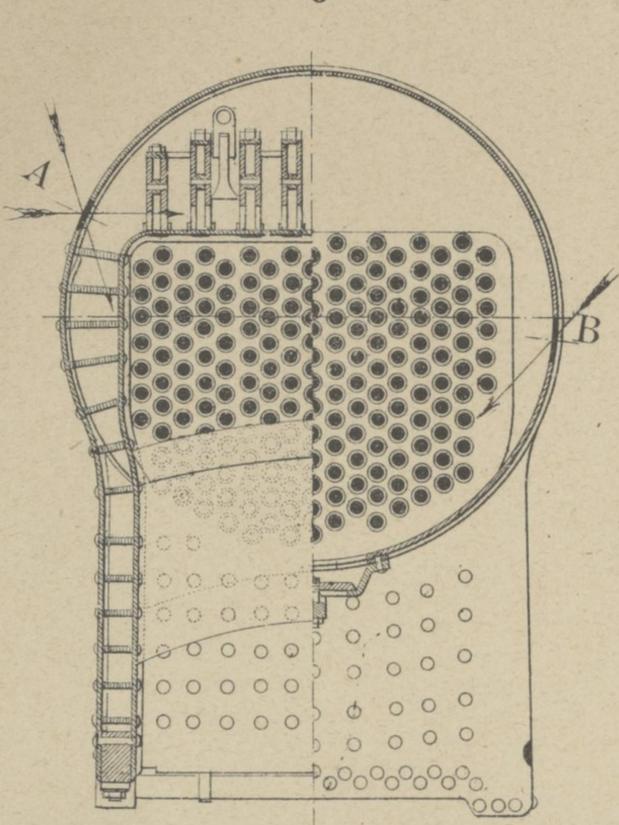


Fig. 2. Poinçon servant au mandrinage des entretoises.

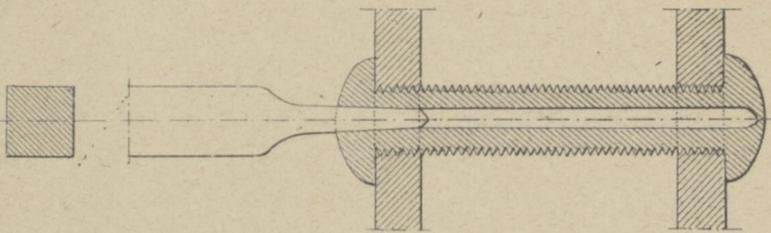


Fig. 4. Disposition des congés des plaques avant et arrière des boîtes à feu.

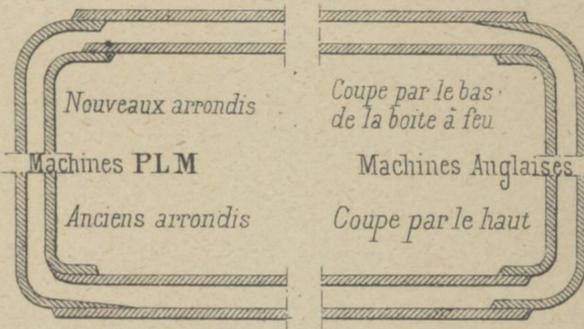


Fig. 5. Réparation des angles fissurés des plaques avant et arrière des boîtes à feu.

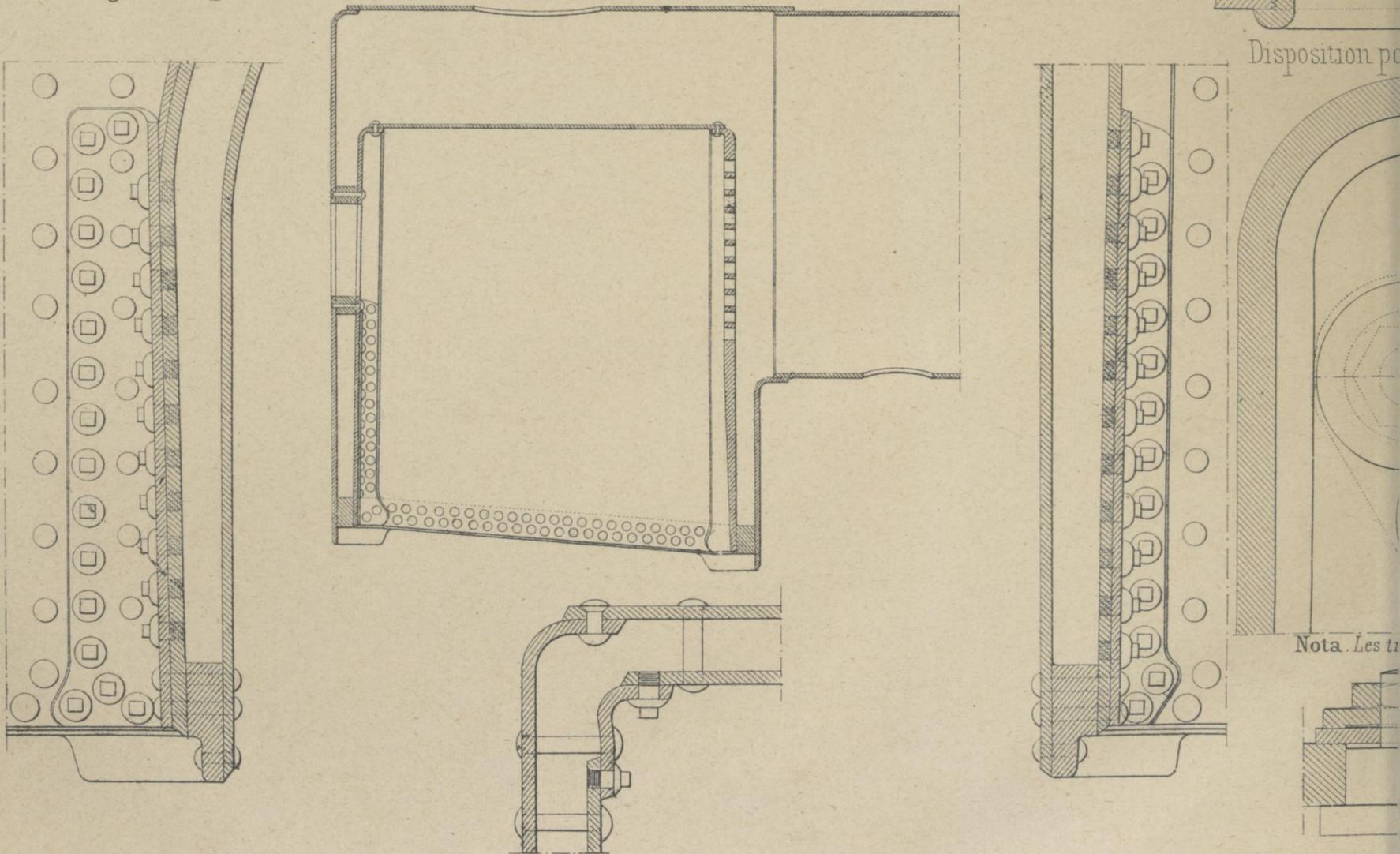


Fig.3. Boite à feu.

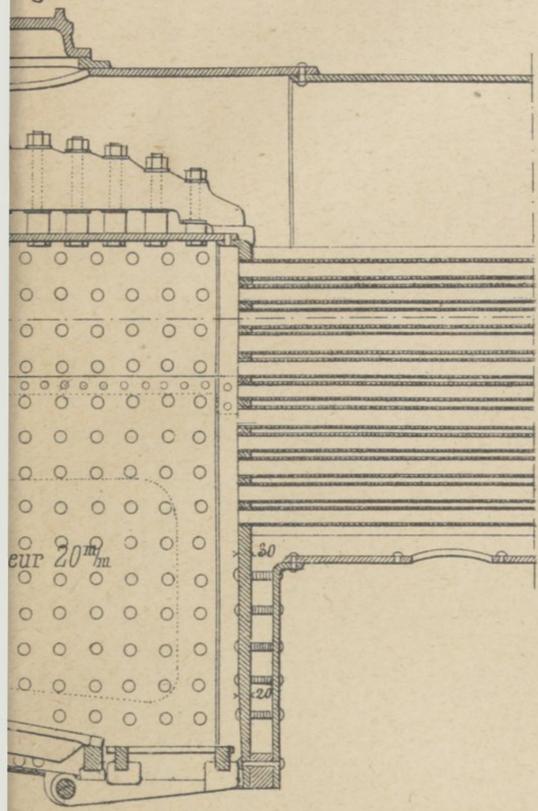


Fig.8 à 10. Dispositions des boites à feu.

Fig.8. Boite à feu avec armature.

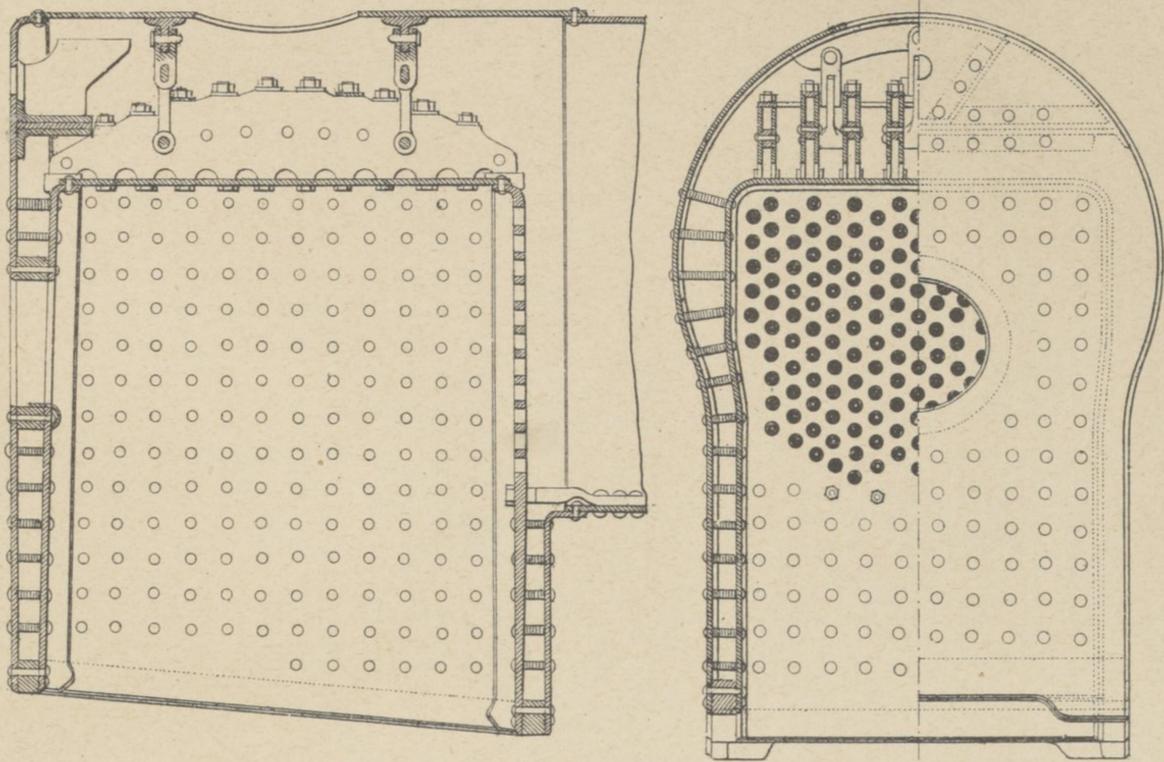


Fig.6.

Fissures autour des entretoises de foyer.

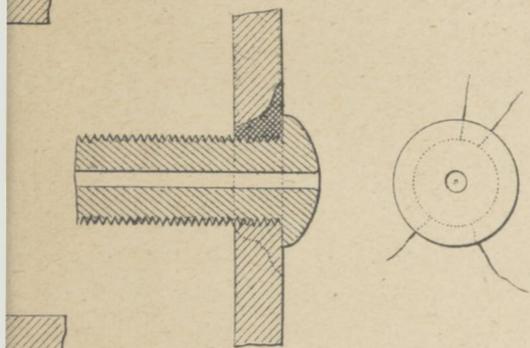
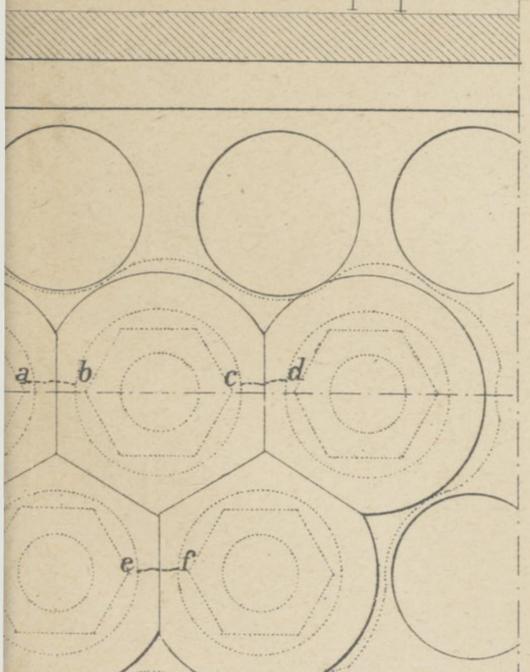


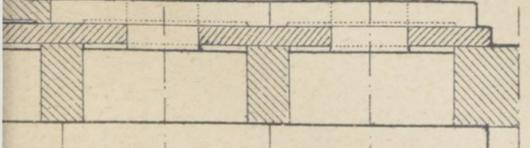
Fig.7.

obstruer les fissures de la plaque tubulaire.



bcd,ef, indiquent les fissures de la plaque tubulaire.

Côté de l'eau



Côté du feu

Fig.9. Boite à feu Belpaire

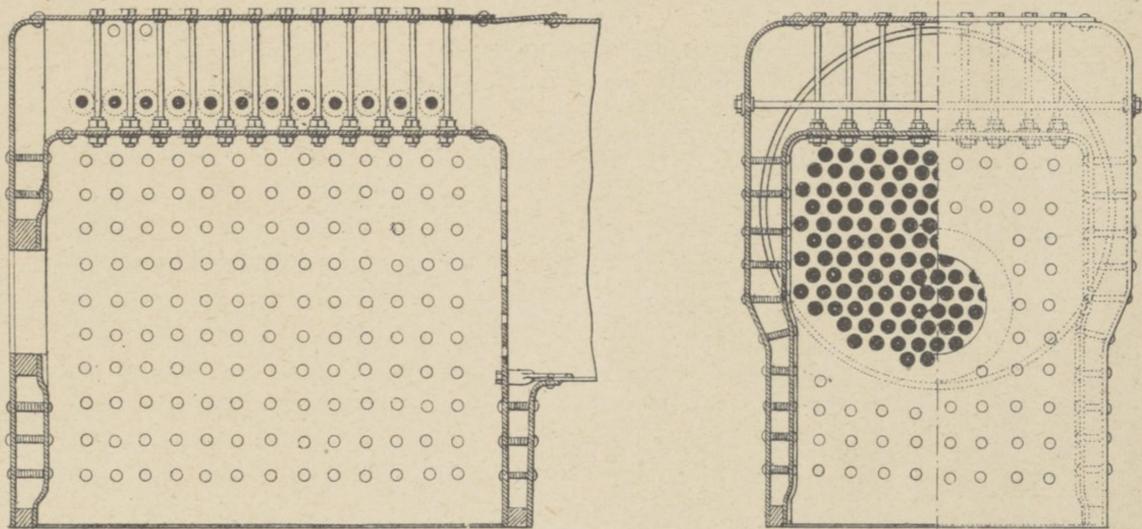


Fig.10. Boite à feu Becker

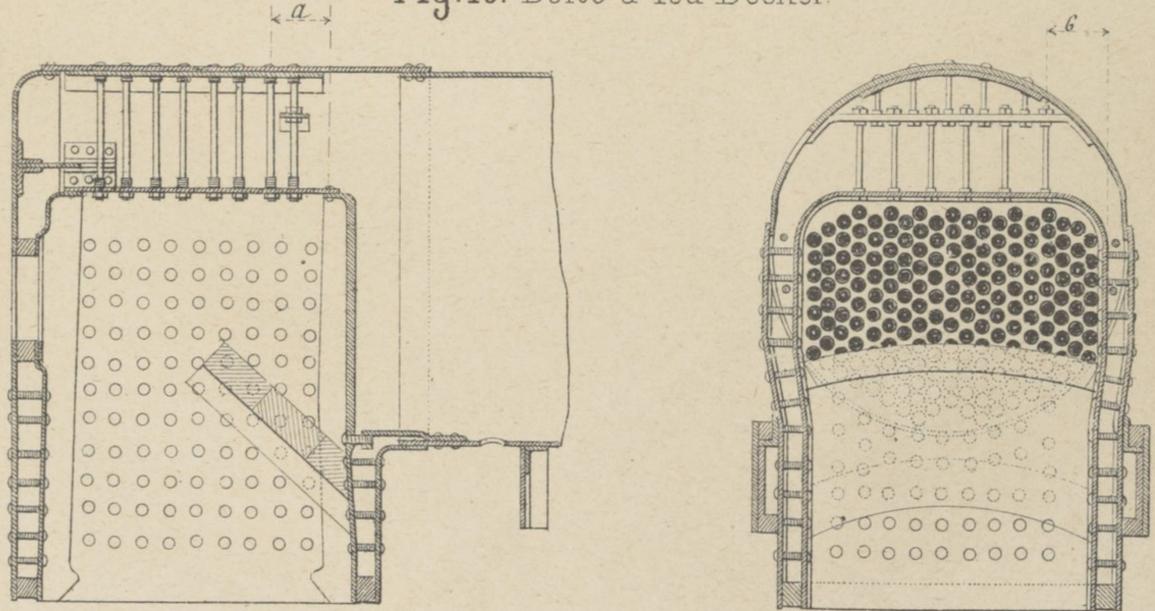


Fig. 1 Corrosions de la plaque tubulaire de la boite à fumée
Réparation

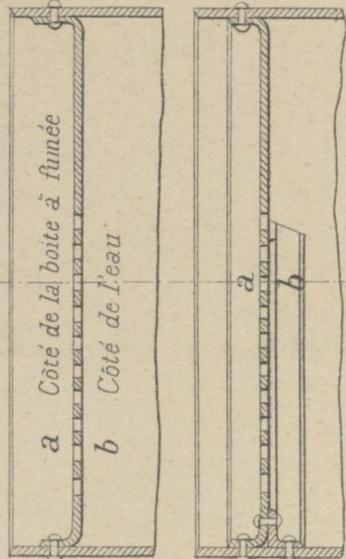
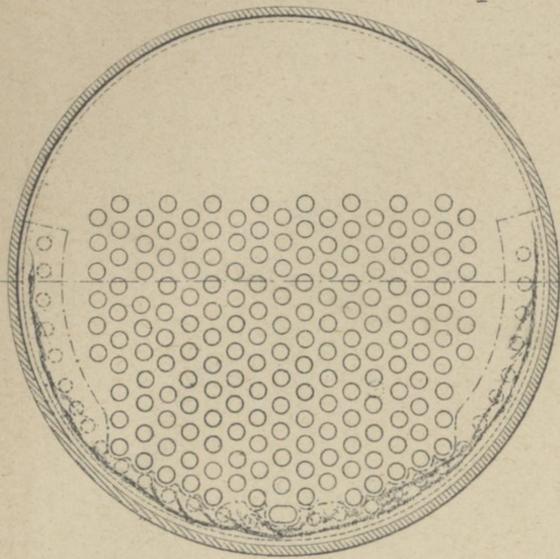


Fig. 6 Corrosions des tôles du corps cylindrique

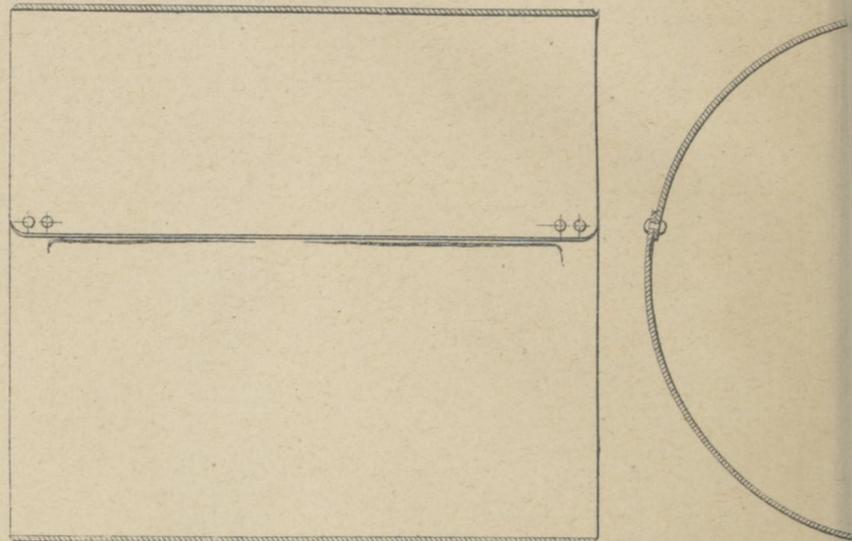


Fig. 2 à 4 Corrosions de l'enveloppe extérieure de la boite à feu.

Fig. 2 Plaque emboutie d'arr^{re} montrant les fissures

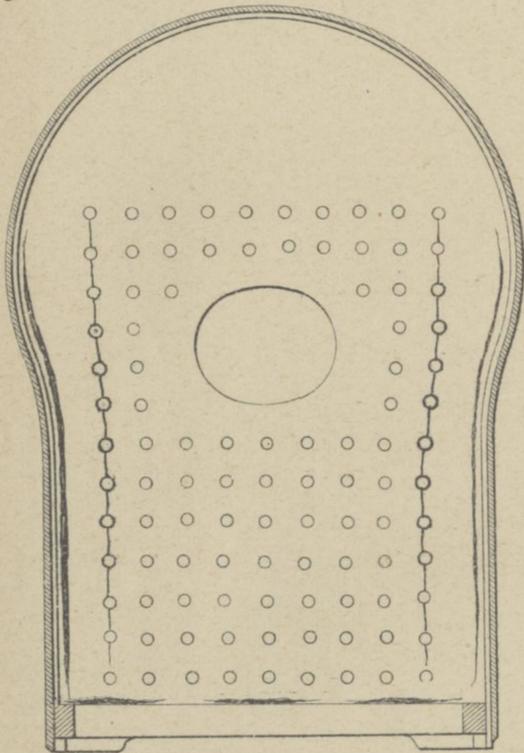


Fig. 3 Face latérale montrant les alvéoles

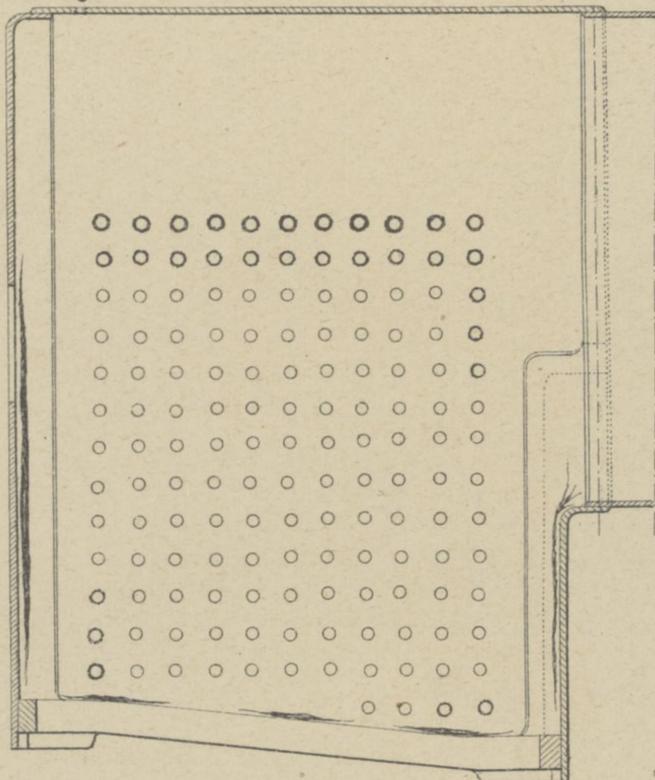


Fig. 10 Disposition de la machine des bouts d'entretoises

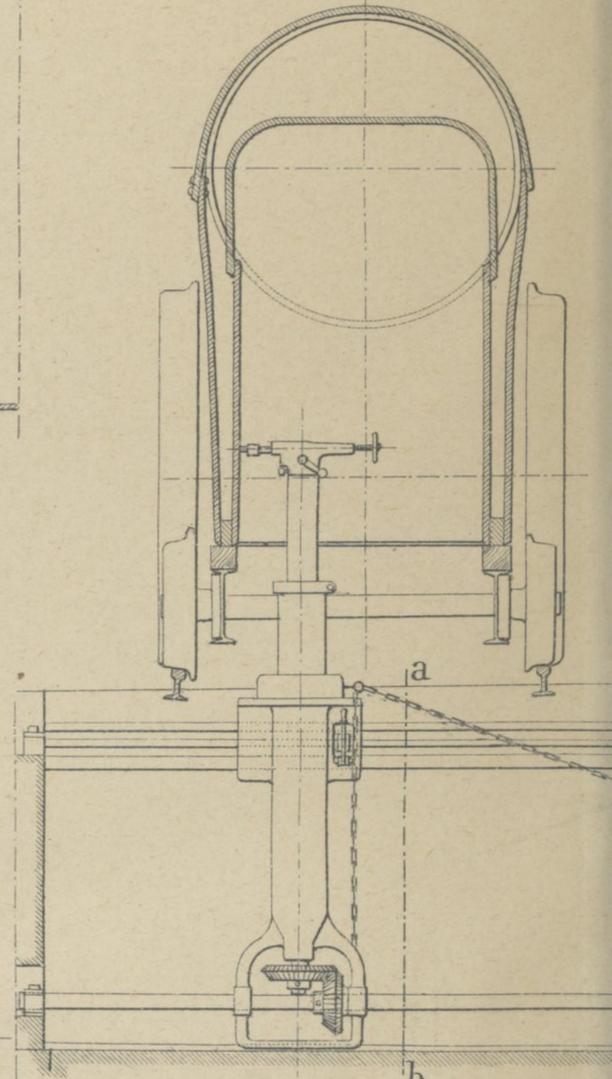


Fig. 4 Plan.

Face arrière

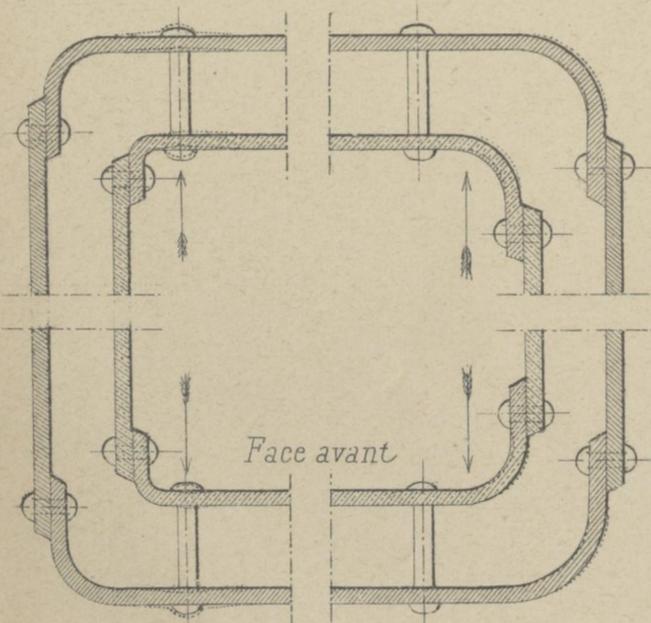
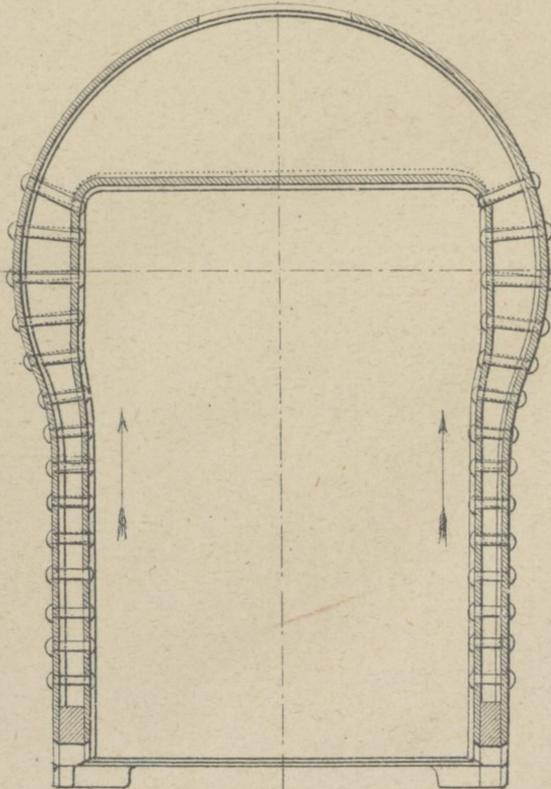


Fig. 5

Production des alvéoles autour des entret^{es}



Coupe par a-b

Niveau du Sol

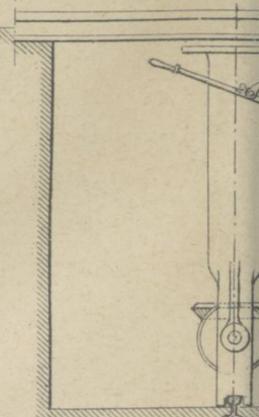


Fig. 7 à 9. Disposition du corps cylindrique avec clouure dans la vapeur.

Fig. 7. Coupe longitudinale

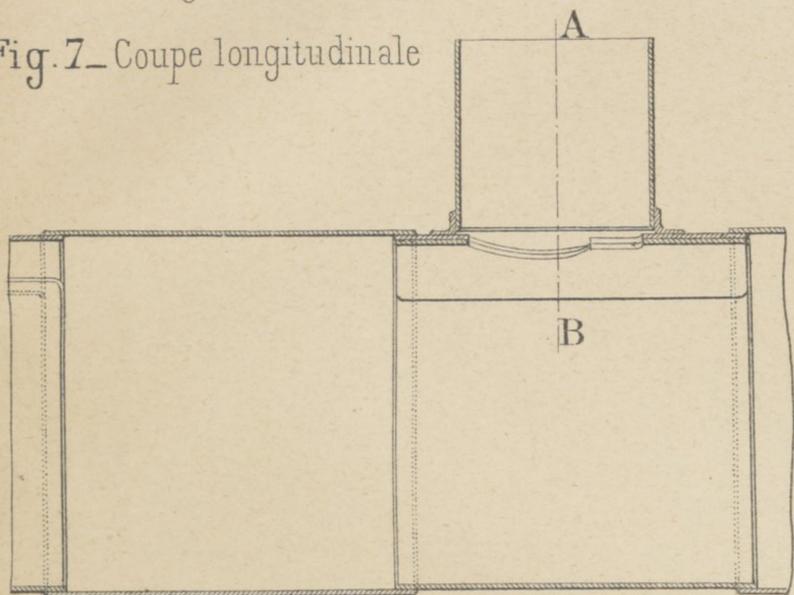


Fig. 8. Coupe transversale

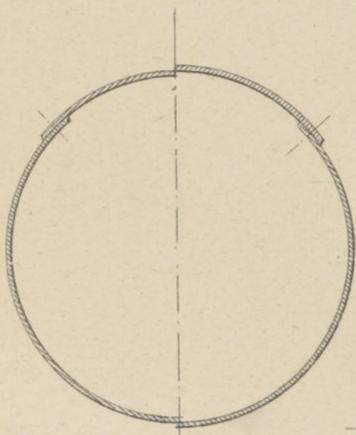
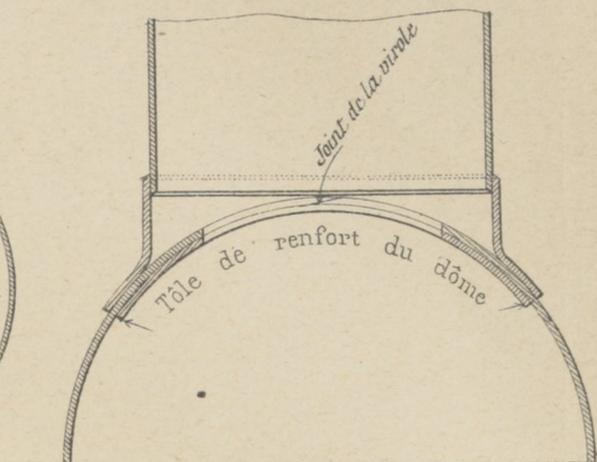


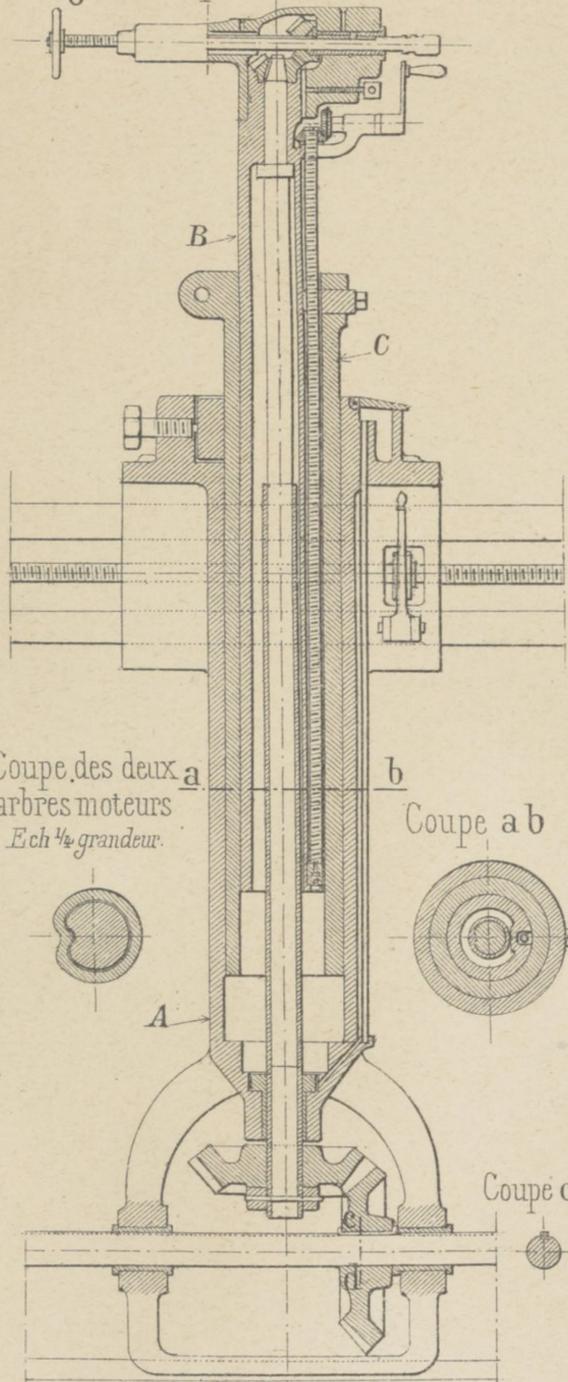
Fig. 9. Coupe par AB.



spéciale pour le percage
de taraudage des trous.

Fig. 11 et 12. Détails de la machine.

Fig. 11. Coupe transversale.



Coupe des deux
arbres moteurs
Ech 1/2 grandeur.

Coupe a b

Coupe cd.

Fig. 12. Outil pour le taraudage

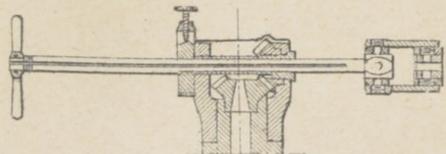
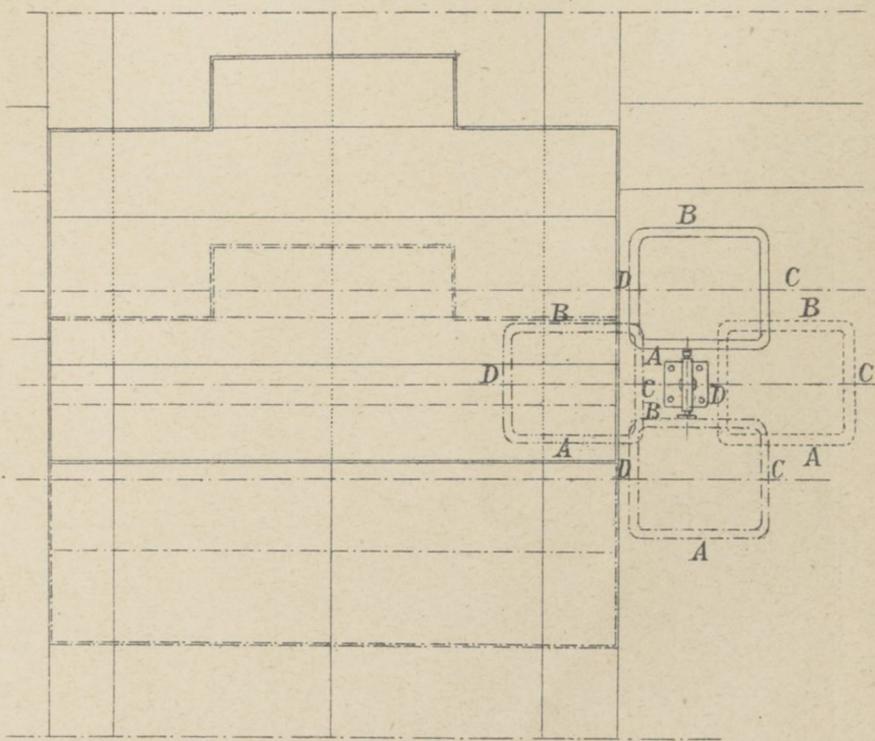
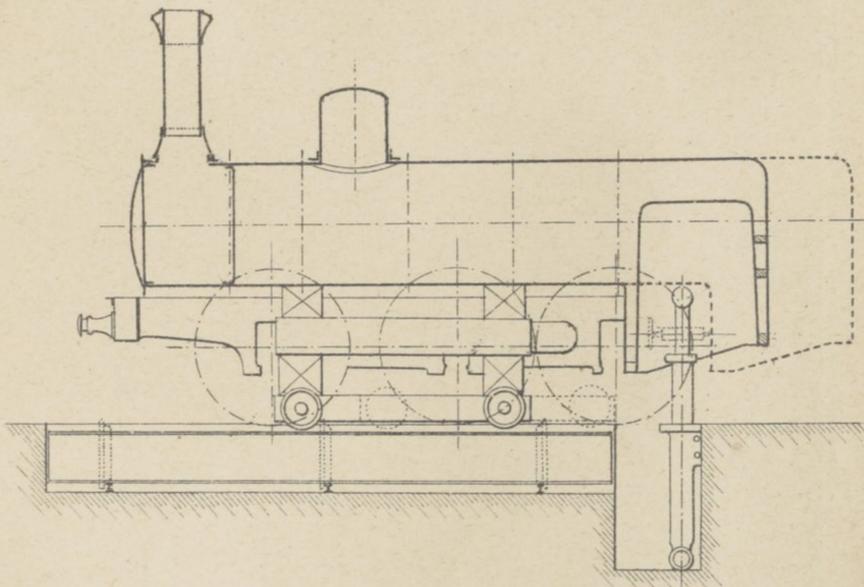


Fig. 13. Différentes positions de la locomotive
par rapport à la perceuse.



Légende.

Percage de la face A _____
 — d° — d° B _____
 — d° — d° C _____
 — d° — d° D _____