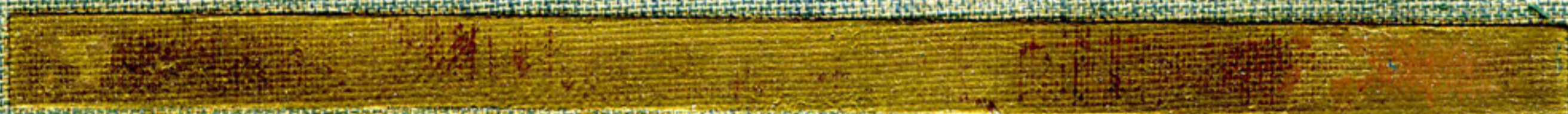


La Locomotiva



RULOT & HENNIG

Exploitation du service de traction des trains.

Cours de l'École Nationale des Chemins de fer

par
Rulot N.,

Ingénieur en chef, Inspecteur de Direction
des Chemins de fer de l'Etat belge,

avec la collaboration

de

Hennig, E., Ingénieur principal,
Chantrel, A., Ingénieur.

A l'usage des ingénieurs, des fonctionnaires et des agents de sur-
veillance des remises.

Traduction et reproduction
interdites.

jamais être modifiées.

Vérification de la longueur des bielles d'accouplement. Cette vérification se fait quand la machine est remise sur roues, c'est-à-dire dans les derniers jours de la réparation.

La brigade de montage assemble les bielles, garnies de leurs coussinets, à côté de la machine. Elle y place des plaques en plomb sur lesquelles, à l'aide du maître-à-danser, elle trace les centres d'alésage; une ficelle tendue passe au-dessus de tous les centres; les bielles sont alors en ligne droite. A l'aide d'un compas à verge, on relève les distances d'axe en axe des essieux en partant de l'essieu moteur; on vérifie que les écarts sont les mêmes des deux côtés de la machine; ce sera une preuve du parallélisme des essieux; on s'assure alors qu'elles sont égales aux longueurs des bielles mesurées entre les centres d'alésage. Aucune différence ne peut être tolérée. Il convient toutefois de tenir compte de l'allongement du châssis quand la chaudière est en pression; le châssis s'échauffe à proximité du foyer, du moins quand celui-ci pénètre entre les longerons; l'allongement se détermine expérimentalement, une fois pour toutes, pour chaque type de locomotive.

On procède alors au montage définitif.

B. Le mécanisme moteur.

154. Conditions à remplir dans la transmission de l'effort moteur du piston à l'essieu.

1. L'axe du cylindre doit rencontrer l'axe de l'essieu moteur; les mouvements du piston seront alors identiques dans les 2 sens (*).
2. L'axe de la tige du piston doit toujours coïncider avec l'axe du cylindre; il faut pour cela que son guidage avant (AV) (bague support de contre-tige) coïncide avec cet axe; que son guidage arrière (AR) (guide de crose) soit parallèle à cet axe et que la distance entre le guide et l'axe de la douille de la crose soit égale à la distance du même

(*). c'est-à-dire qu'à chaque position du piston, celui-ci aura une vitesse indépendante du sens de son mouvement.

guide à l'axe du cylindre. Dans le cas où le piston n'a pas de contre-tige, c'est la boîte à bourrage du fond de cylindre qui sert de guidage AV.

3. La bielle doit osciller sans forçage dans un plan passant par l'axe du cylindre, perpendiculaire à l'axe de l'essieu.

Il faut pour cela que l'axe du cylindre soit perpendiculaire à l'axe de l'essieu et que les 2 tourillons embrassés par la bielle soient exactement parallèles au même axe.

4. La section de la bielle doit être symétrique par rapport au plan d'oscillation; les effets de la force centrifuge ont alors leur résultante dans ce plan.

5. Pour obtenir une égale répartition des pressions sur les tourillons, ce plan de symétrie de la bielle motrice doit être le plan médian commun du coussinet et du tourillon.

6. En vue de la circulation en courbe, le coussinet doit avoir du jeu latéral sur le tourillon; si la condition 5 est réalisée, les jeux seront égaux de part et d'autre du coussinet jusqu'aux épaulements du tourillon.

7. La face portante du guide doit être parallèle à l'axe du pivot de crosse; son plan médian longitudinal doit passer par le milieu du pivot; on obtient ainsi un guidage sans forçage et une répartition régulière des pressions sur le guide.

8. Les espaces morts doivent être calculés en tenant compte de la modification de longueur de la bielle motrice que produit le rachat du jeu des coussinets en service.

155. Les cylindres. a) Fixation au châssis. Les cylindres supportent des efforts alternatifs qui dépassent parfois 35000 kg., c'est-à-dire qu'ils doivent être attachés très solidement au châssis; ils sont encastrés dans celui-ci par une ou plusieurs saillies pénétrant dans les longerons et sont fixés à ceux-ci par des boulons bien ajustés. Les cylindres extérieurs, qui ne sont appuyés au longeron que d'un seul côté, sont exposés particulièrement à souffrir du travail de la vapeur; leur attache doit donc être spécialement soignée.

Lors de la réparation, la visite minutieuse de la fixation des cylindres s'impose; tout boulon lâché doit être remplacé; les trous doivent être préalablement réalisés avec le plus grand soin; les boulons, bien cylindriques, doivent être chassés dur dans leur logement et serrés à bloc.

b) Réalésage. En service, les cylindres s'usent par le frottement des segments du piston contre leur paroi interne. L'usure n'est pas régulière, il se produit une ovalisation, généralement non uniforme sur la longueur, qui nuit à l'étanchéité du piston.

Cette ovalisation peut aussi être le résultat d'un montage défectueux du guide ou de la crosse; ou encore de la dilatation gênée du cylindre; celui-ci, fixé au longeron par une de ses faces, ne se dilate pas librement, et par suite, se déforme à chaud.

Pour déterminer cette ovalisation à la visite, on se sert d'une jauge d'intérieur avec vernier gradué et réglée 1°) pour le plus grand diamètre; 2°) pour le plus petit diamètre. La différence de ces 2 chiffres donne l'importance de l'ovalisation.

Lorsque celle-ci atteint 1,5 mm. sur le diamètre lors de la réparation

de la locomotive, ou encore lorsque la paroi est rayée du fait du contact avec le corps de piston, le cylindre doit être réalésé. Cette opération se fait sur place au moyen d'une machine à aléser, por-

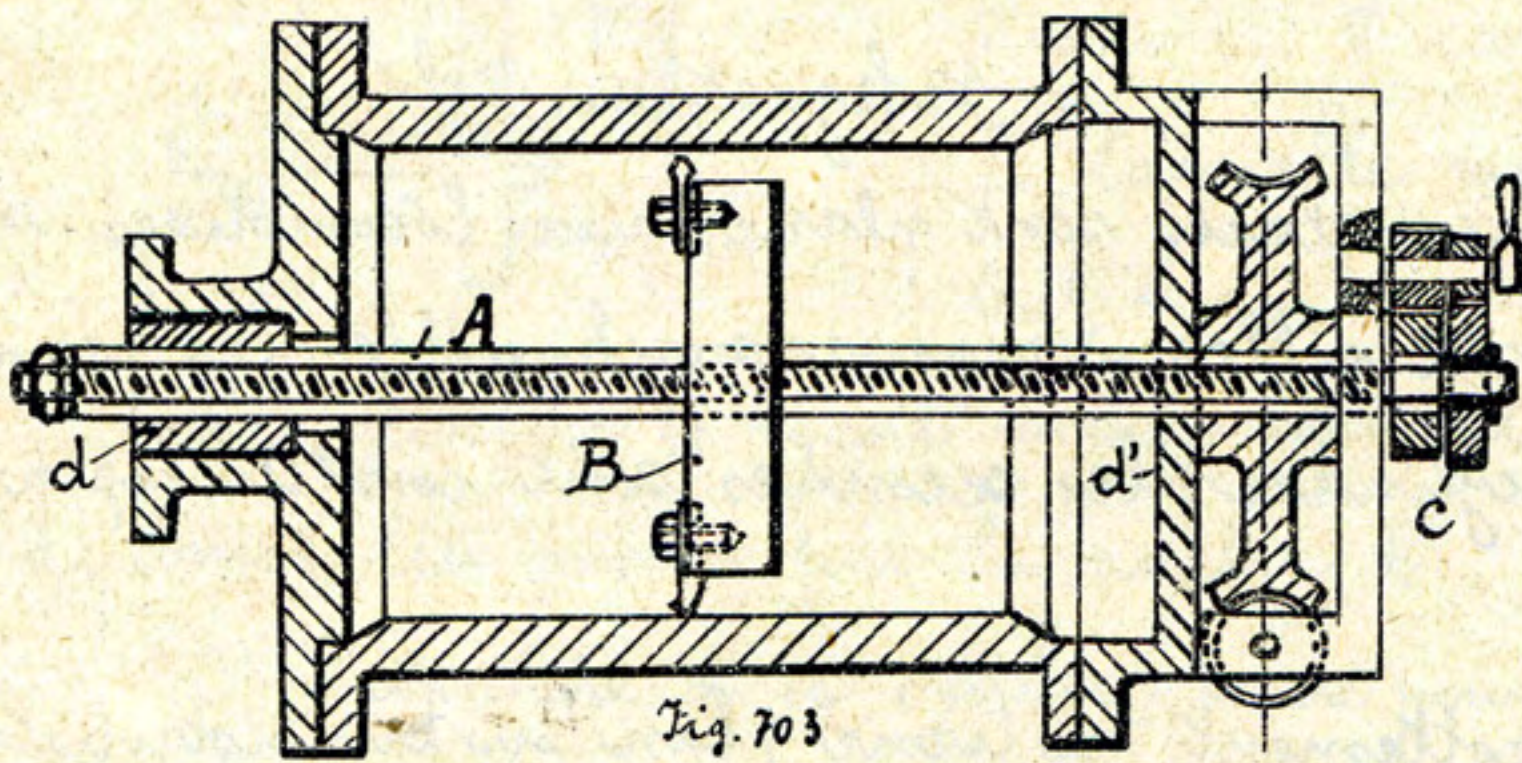


Fig. 703

tative, construite spécialement dans ce but. Cette machine, représentée schématiquement fig. 703, se compose d'un arbre A muni d'un porte-outil B dont l'avancement longitudinal est commandé par la rotation d'une vis centrale; celle-ci reçoit son mouvement d'un train d'engrenages différentiel C, lequel est actionné par l'arbre lui-même; cet arbre tourne dans 2 supports d et d' qu'on fixe aux extrémités du cylindre au moyen des goujons des plateaux AV et AR. Le support d' est généralement remplacé par une simple bague pénétrant sans jeu dans la

boîte à bouchage AR, comme il est indiqué à la figure.

La rotation de l'arbre s'obtient fréquemment par l'intermédiaire d'une vis sans fin actionnant une roue dentée. Cette vis reçoit généralement son mouvement d'un moteur électrique sur chariot. On peut également utiliser aux mêmes fins, une foreuse portative électrique ou pneumatique.

Le plus grand soin doit être apporté au centrage de l'arbre. A cet effet, on se guide sur les extrémités évasées du cylindre (les entrées) qui ne subissent aucune usure. Après plusieurs réalésages, ces entrées disparaissent et doivent être reformées par alésage pour éviter la production d'une saillie à fond de course des pistons.

Lors des réalésages et en vue de ne pas compromettre la mise hors de service prématurée des cylindres, on doit s'attacher à enlever le moins de matière possible. Des parties non touchées par l'outil (témoins) doivent persister après l'opération. Les cylindres sont mis hors de service quand leur épaisseur est réduite aux chiffres ci-après :

8 mm.	aux locomotives timbrées à 8 et 9 kg.
9 mm.	" " " " 10 et 11 "
10 mm.	" " " " 12 et 13 "
11 mm.	" " " " 14 kg. et au-delà.

c) Glaces (tables d'orifices). Les glaces sont planes aux locomotives à vapeur saturée, et cylindriques à celles à vapeur surchauffée. Les premières sont venues de fonte avec le cylindre; les secondes sont constituées par les fourreaux rapportés.

Ces tables s'usent par frottement du tiroir plan ou du distributeur cylindrique. Elles doivent, dans le 1^{er} cas, être redressées; dans le second cas, elles sont réalésées.

1°) Dressage des tables des tiroirs plans. Les tables s'usent souvent en creux, le tiroir s'usant, au contraire, suivant une surface convexe.

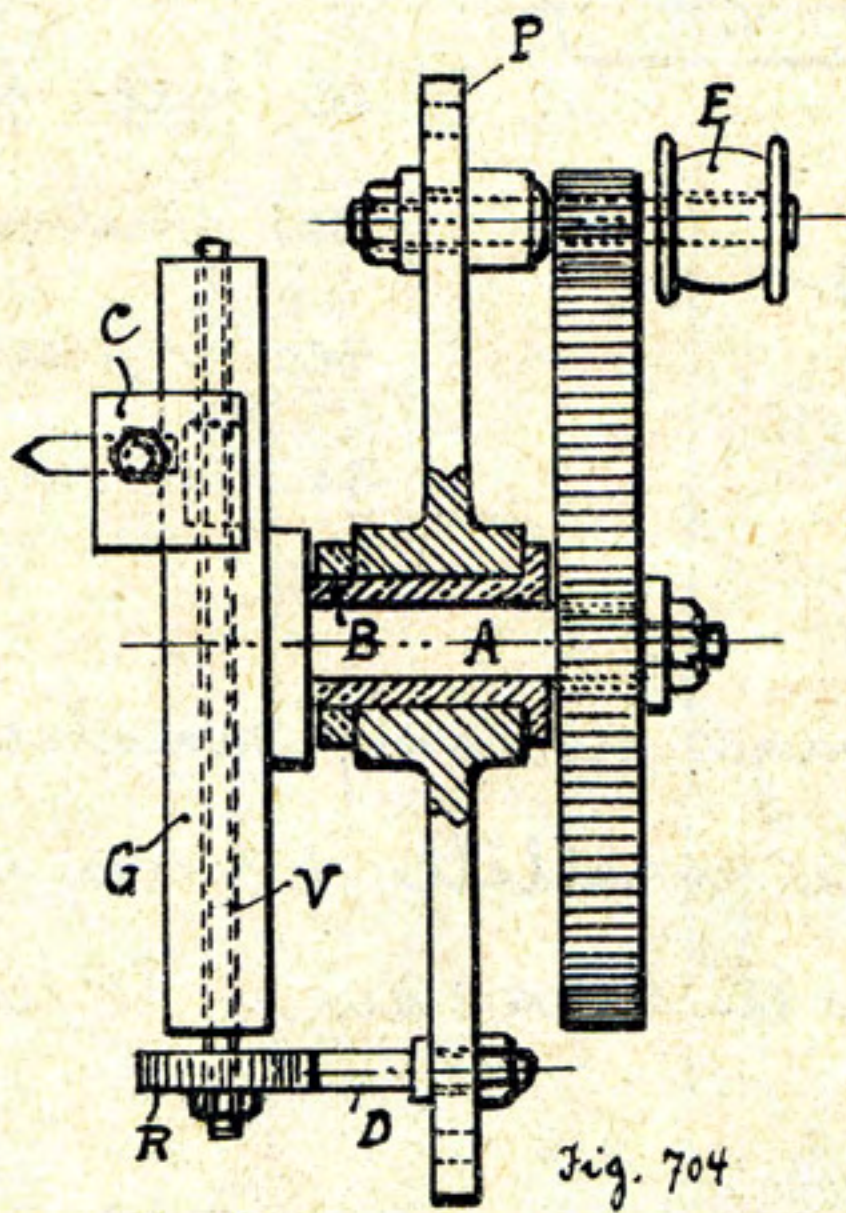
Parfois aussi, par suite du manque de graissage, il se produit un grippage des tables.

Si l'usure n'est pas bien considérable, le dressage comporte une première opération de dégrossissage à l'aide d'une lime spéciale dite "car"

«eau»; le parachèvement se fait au grattoir et est vérifié après interposition d'une mince couche de minium, à l'aide d'un marbre portatif plus léger que le tiroir, dont la manoeuvre est donc moins pénible; toutefois la dernière touche se fait au moyen du tiroir lui-même.

Si, au contraire, le creux provenant de l'usure est assez prononcé, ou s'il y a grippage un peu profond, on fait usage d'une machine spéciale à dresser les tables, en s'attachant à enlever le moins de matière possible; le dressage définitif s'effectue comme il vient d'être indiqué, à l'aide du grattoir et du marbre.

Ces machines à dresser les tables sont de 2 types, celles à mouvement circulaire et celles à mouvement alternatif.



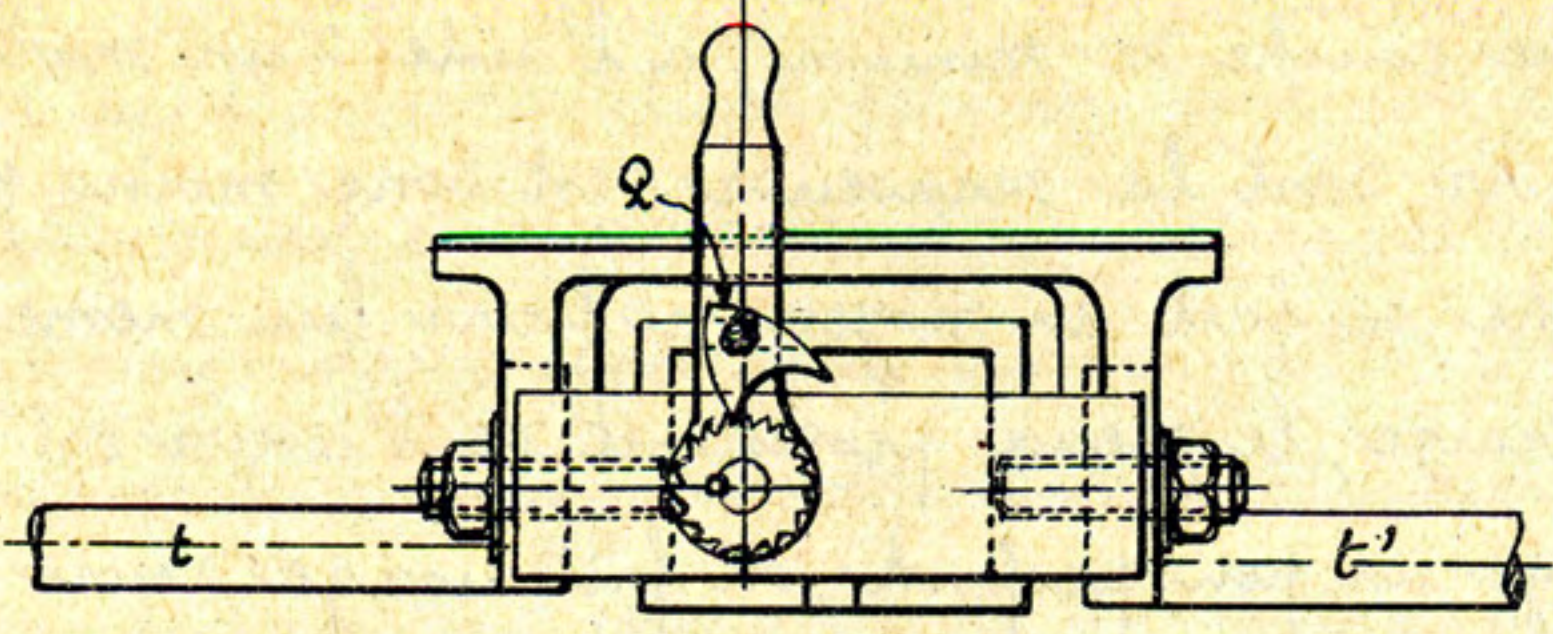
Le croquis fig. 704 montre une machine à dresser à mouvement circulaire. Elle se compose d'un plateau P qui se place en lieu et place du couvercle de chapelle. En son centre, une bague B guide l'arbre A faisant corps avec la glissière G. Sur celle-ci se déplace le chariot porte-outil C qui reçoit son mouvement d'une vis V commandée par une roue à rochet R, laquelle vient à chaque tour toucher la butée D.

La glissière G reçoit son mouvement rotatif d'un train d'engrenages actionné lui-même par la poulie E.

On reproche à ce système de ne pouvoir atteindre les angles de la table.

Les machines à mouvement alternatif n'ont pas cet inconvénient; un type couramment employé est représenté fig. 705; il est commandé au moyen du dispositif fig. 706. qui se monte soit sur l'avant du cylindre, soit sur l'extrémité avant du longeron.

L'appareil fig. 705 se compose essentiellement d'un cadre C sur lequel coulisse le porte-outil P qui reçoit son mouvement d'une vis V munie d'une roue à rochet actionnée par le cliquet Q, commandé en fin de course par une butée spéciale. A l'aide de 2 tiges \underline{t} , \underline{t}' , il est guidé dans les boîtes à bouchage comme indiqué fig. 706 et il



s'appuie par les semelles s et s' (fig. 705) contre des glissières G G', réglables par les vis W et W' (fig. 707); la fig. 708 représente l'une de ces glissières qui se fixe, par ses boutonnières b, aux goujons de

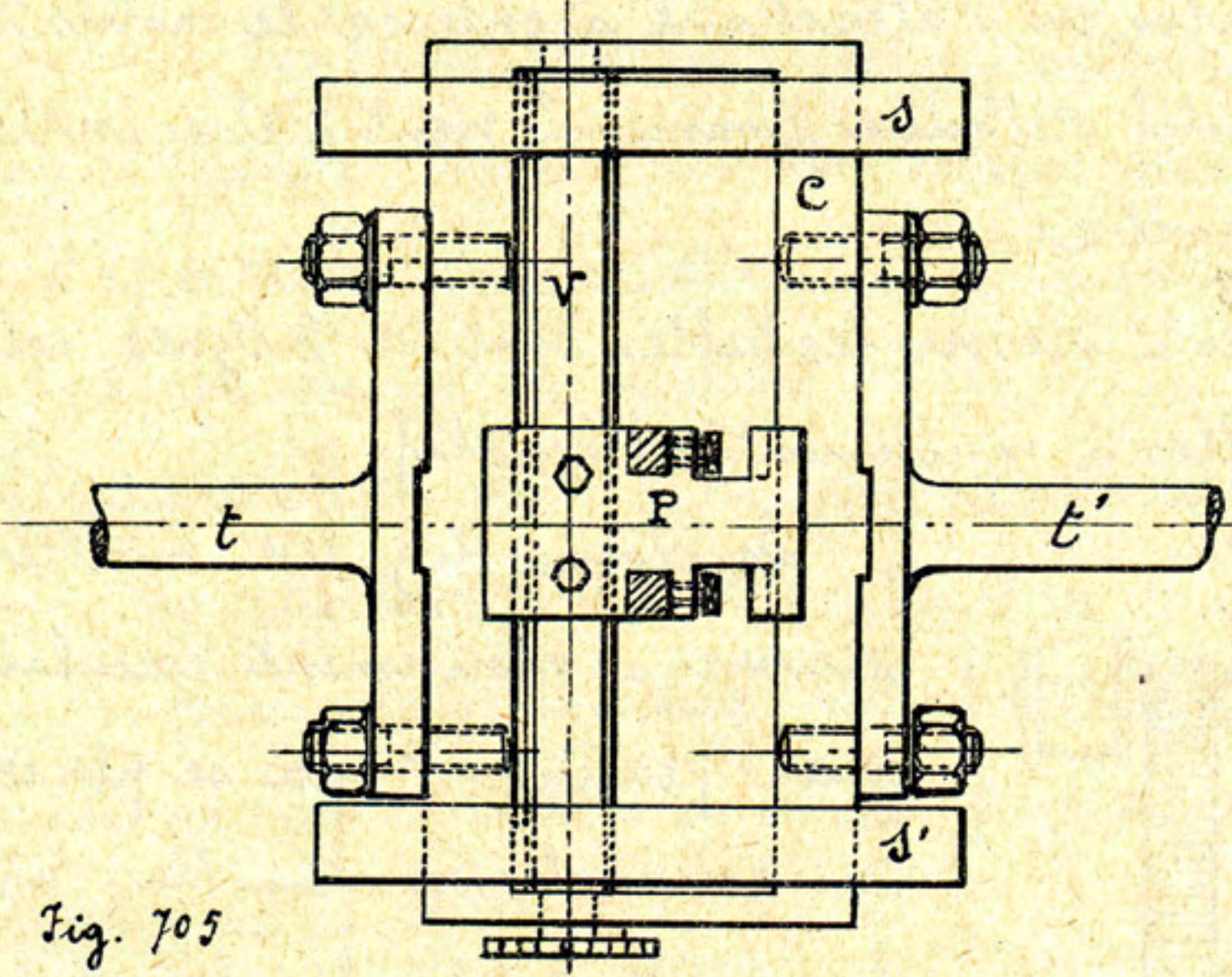
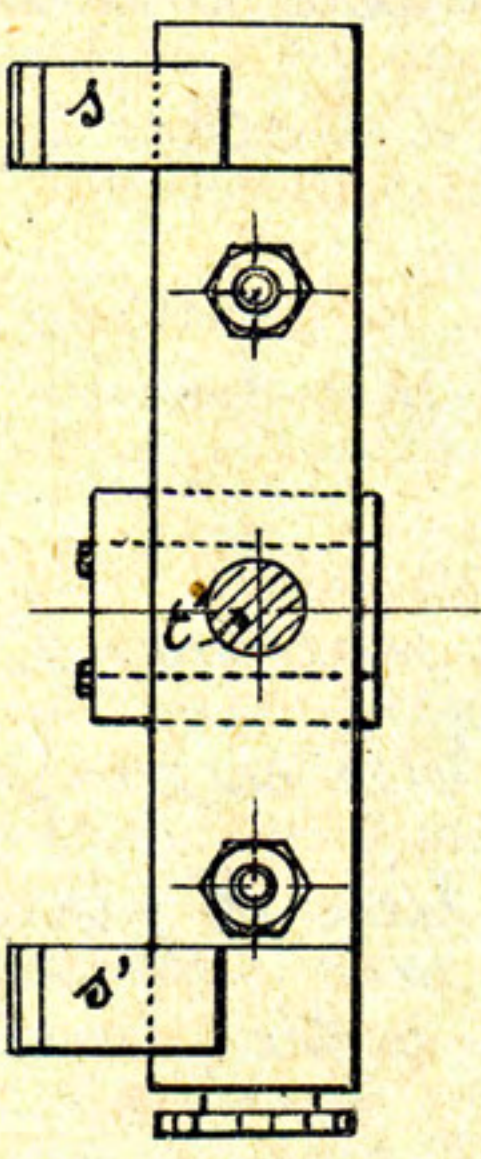


Fig. 705
plateau de chapelle.

Il convient que les dressages successifs maintiennent la surface de la table parallèle à l'axe de la tige du tiroir; s'il n'en était pas ainsi, le tiroir

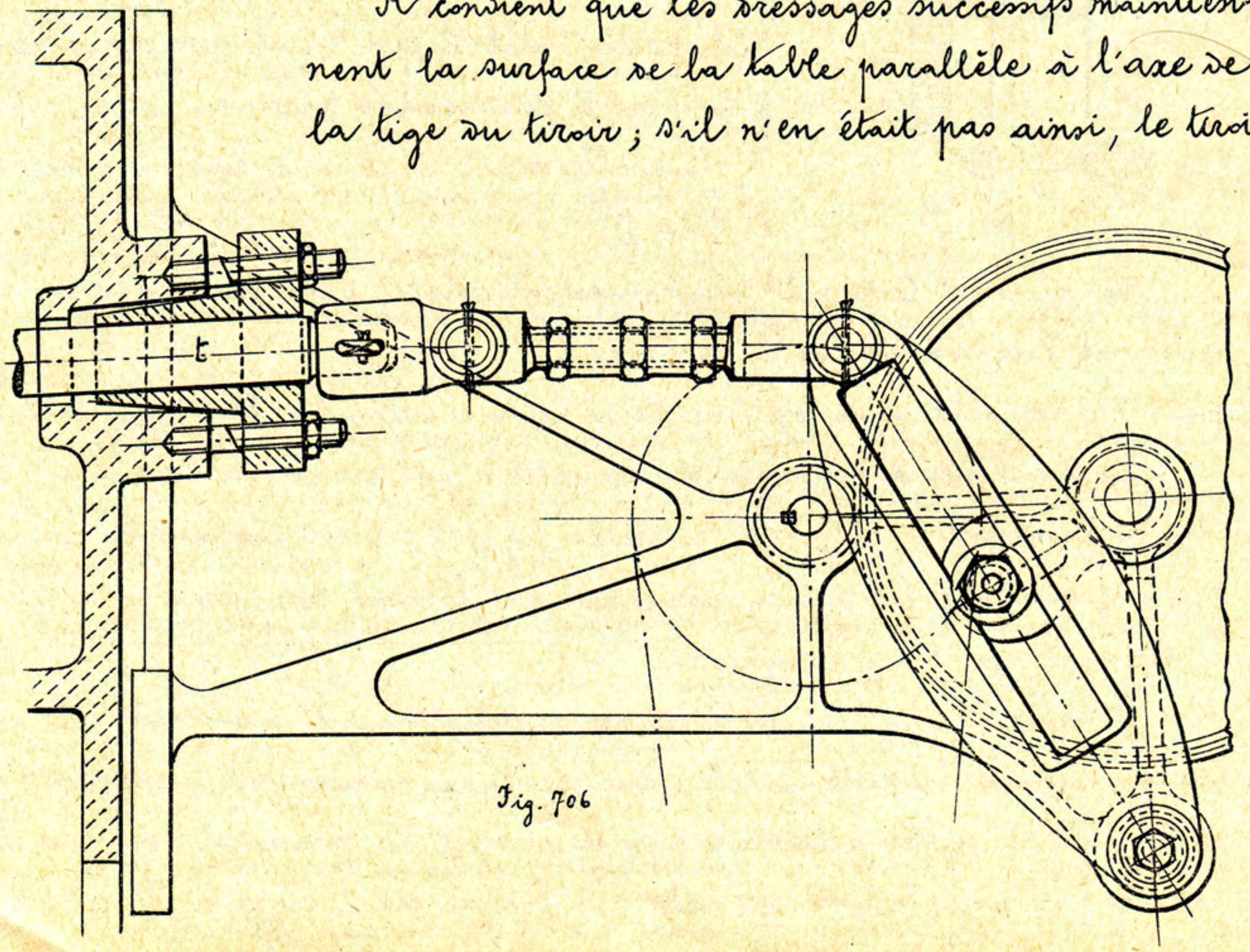


Fig. 706

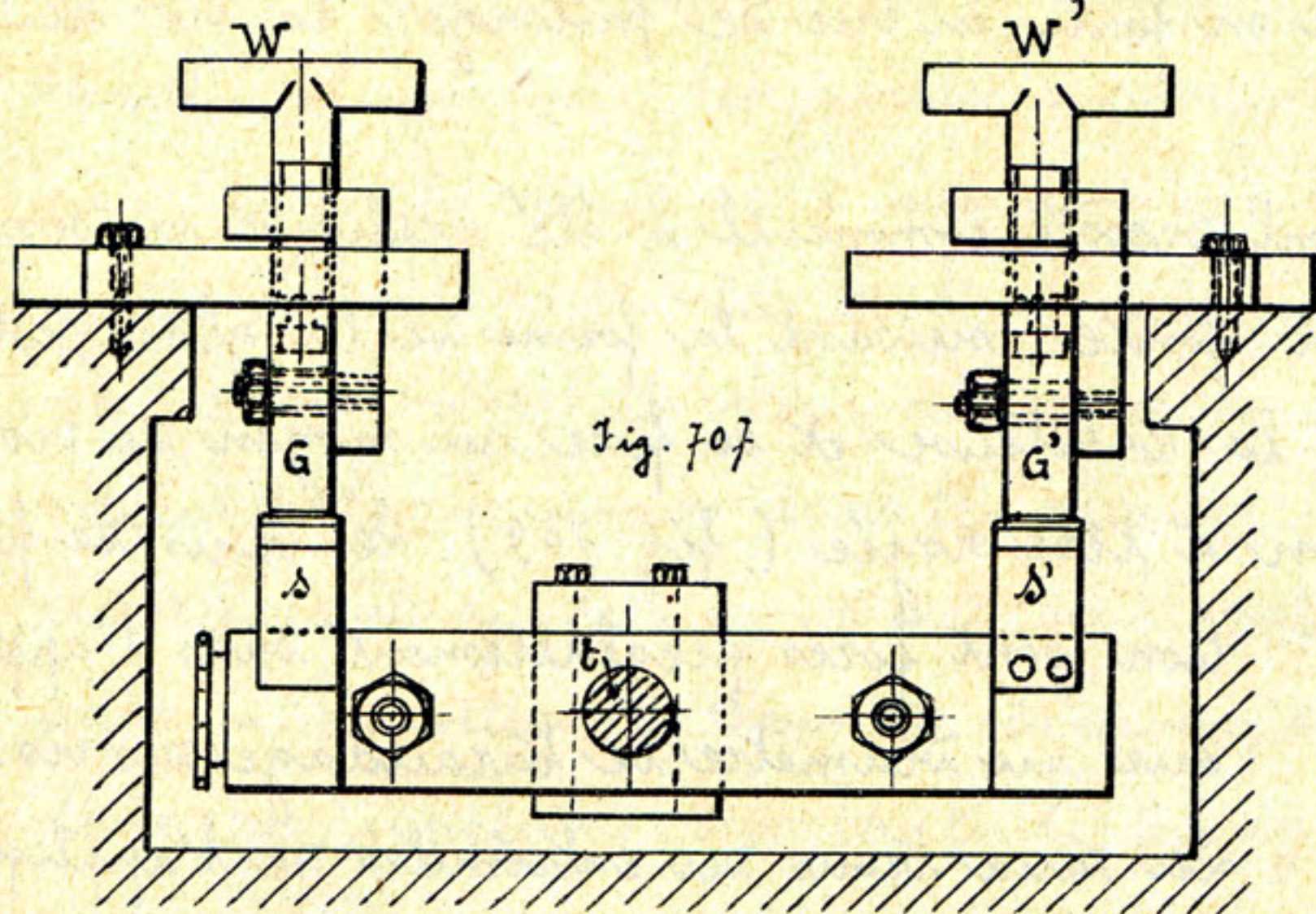


Fig. 707

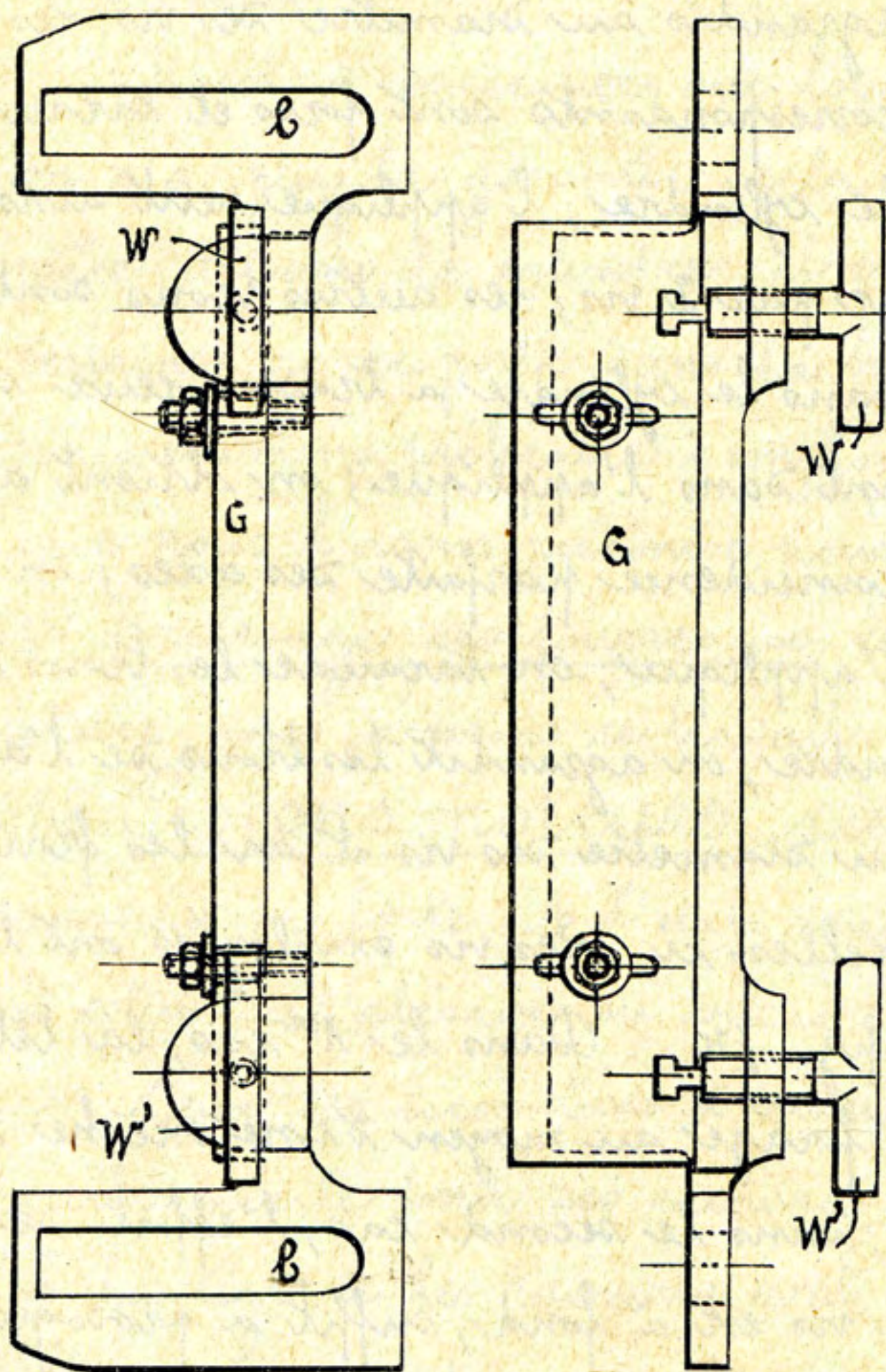
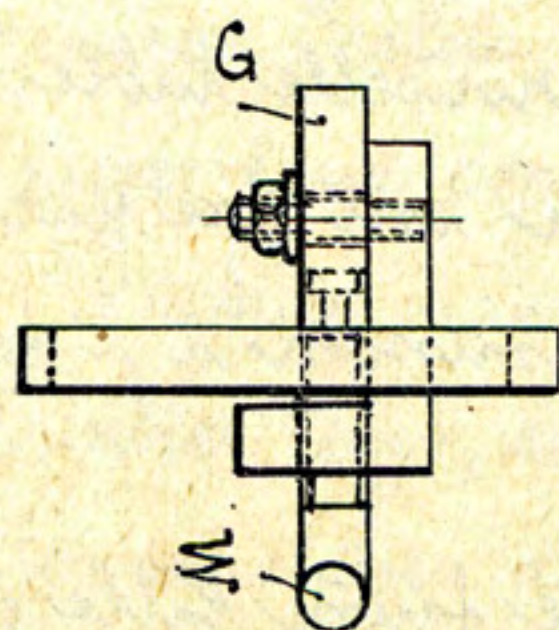


Fig. 708



serait exposé à se déplacer verticalement dans son cadre ce qui pourrait occasionner des usures, des coincements et des ruptures; les plans prévoyant généralement le parallélisme de la table et de la surface de pose des plateaux de chapelle, on vérifie fa-

cilement la condition précitée en mesurant en 4 points choisis dans les angles la distance de la table à une règle qu'on déplace sur la surface de pose du couvercle; dans le cas où cette dernière, d'après le plan, est inclinée par rapport à la table, on tend un fil suivant les axes des boîtes à bourrage et on vérifie que la table lui est bien parallèle. On peut aussi se servir d'une fausse tige qu'on introduit dans les boîtes à bourrage ainsi qu'on

le fait lors du montage des guides de crosse de piston pour vérifier leur parallélisme à l'axe du cylindre.

Pose d'une table rapportée. A la suite d'usure et de dressages successifs, la surface de la table se rapproche du fond de la boîte à vapeur. Quand

elle est arrivée à ce niveau ou à peu près, on rapporte, sur la table

primitive, une nouvelle table en fonte, en vue de prolonger la vie du cylindre.

La glace est préalablement dressée comme il a été expliqué ci-dessus, la nouvelle table, coulée en fonte suivant la forme de la glace, est usinée à la fraiseuse ou à la raboteuse et se fixe au moyen de vis en acier doux ou en laiton à tête royée (fig. 709). Les trous de fixation sont forés préalablement dans l'applique au diamètre de taraudage des vis.

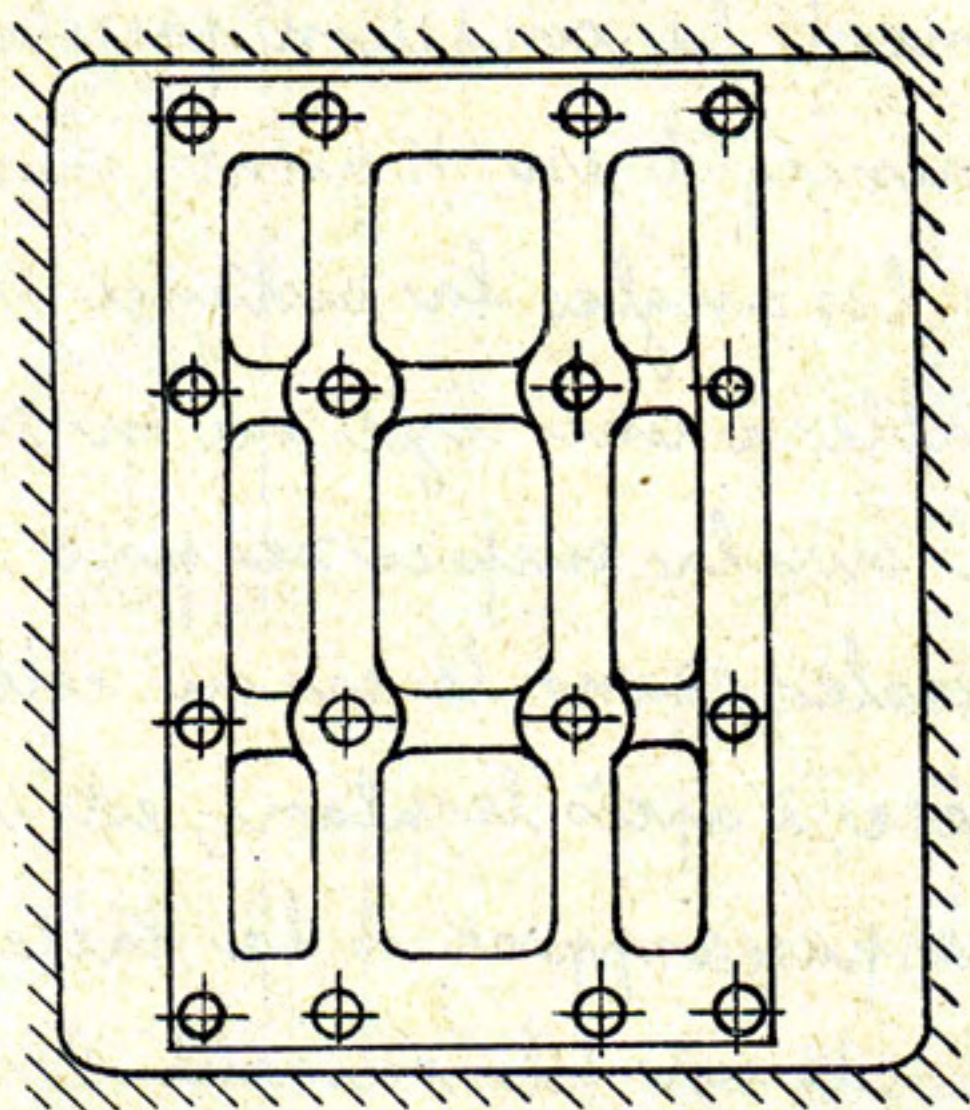
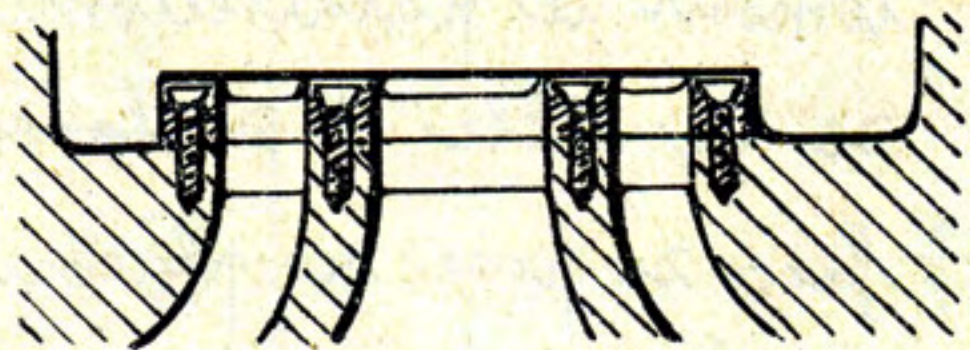


Fig. 709

Les deux trous des extrémités de l'applique sont agrandis au diamètre des vis. Les 2 trous correspondants sont forés et taraudés dans le cylindre; l'applique peut ainsi se fixer par 2 vis; les autres trous sont forés dans le cylindre à travers ceux se trouvant dans l'applique; on obtient ainsi une coïncidence parfaite des axes; on retire l'applique, on taraude les trous dans le cylindre, on agrandit les trous de l'applique au diamètre des vis et on les fraise

pour pouvoir y loger les têtes de celles-ci. Les vis employées ont l'une des formes indiquées fig. 710. Dans le 1^{er} cas, la tête carrée s'enlève par forage au moyen d'une mèche de diamètre suffisant; dans le second cas, l'effort de serrage, quand la vis est à fond, suffit à provoquer la rupture, par torsion, au ras de la tête.

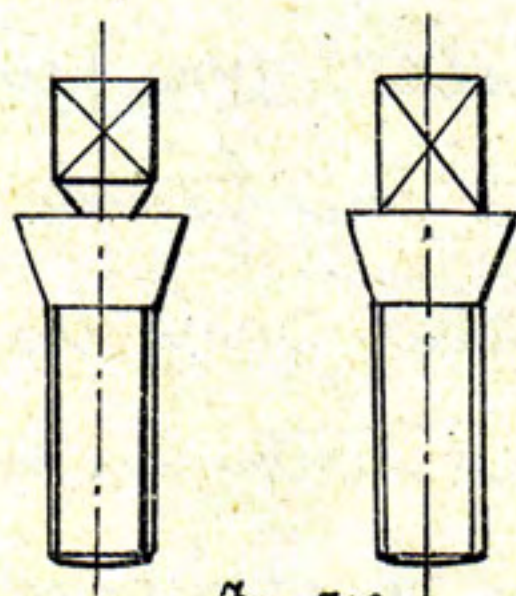


Fig. 710

Ces vis doivent être ajustées soigneusement sans aucun jeu et être en retrait de 3 mm sur le plan de la nouvelle table.

Le contact entre la table primitive et l'applique doit être parfait afin d'éviter tout passage de vapeur des lumières d'admission à l'échappement.

Remplacement des appliques. Généralement quand une fausse table est usée, le cylindre l'est aussi. Le remplacement des appliques n'est donc

généralement pas nécessaire par son usure, mais par le bris de l'une des barrettes; il comporte les opérations ci-après: a) enlèvement des têtes de vis par forage; b) retrait de l'applique; c) enlèvement des vis en utilisant leur partie restant saillante; si l'une ou l'autre des vis ne pouvait être enlevée par ce moyen, il serait nécessaire de la forer en s'attachant à ne pas détériorer le taraudage dans le cylindre; d) la nouvelle applique ayant été dressée et ajustée, on se sert de l'applique à remplacer pour tracer dans la nouvelle les trous de fixation; e) on s'assure de la pose parfaite de l'applique sur la table du cylindre; après quoi on procède à sa fixation.

Il est à remarquer que, lors du placement d'une nouvelle applique, on n'a plus la garantie de la coïncidence parfaite des trous dans cette pièce et dans le cylindre; il est à craindre que la tête conique de certaines vis ne porte dans la fraisure des trous que par une génératrice; nous estimons préférable d'employer dans ce cas des vis à tête plate ainsi que nous l'avons préconisé pour les appliques de boîtes à huile.

2) Réalésage des fourreaux. Les pièces ne faisant pas corps avec le cylindre, nous décrivons ce travail à propos des distributeurs.

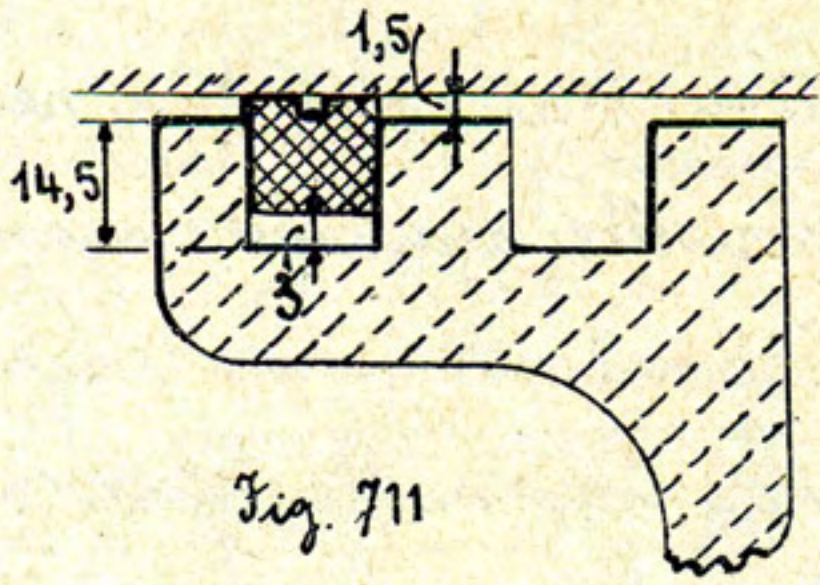
156. Pistons moteurs. Ces pistons sont généralement en acier, très rarement en fonte. A l'état neuf, leur diamètre est inférieur de 3 mm. à celui de l'alésage du cylindre.

Ceux des locomotives à vapeur saturée reposent généralement sur les cercles par le fond des rainures. Ils sont alors tournés concentriquement à la tige et les rainures sont excentrées de $1\frac{1}{2}$ mm. vers le bas, ou bien elles sont concentriques au piston, mais un intercalaire en tôle est alors interposé entre le fond de la rainure et le cercle dans la partie inférieure. Parfois, les pistons sont excentrés par rapport à la tige; les rainures leur sont alors concentriques.

Aux machines à vapeur saturée dont les pistons sont munis de contre-tiges, ceux-ci sont constitués comme il est indiqué ci-après pour les machines à surchauffe.

Aux locomotives à surchauffe, les pistons sont flottants, c'est-à-dire

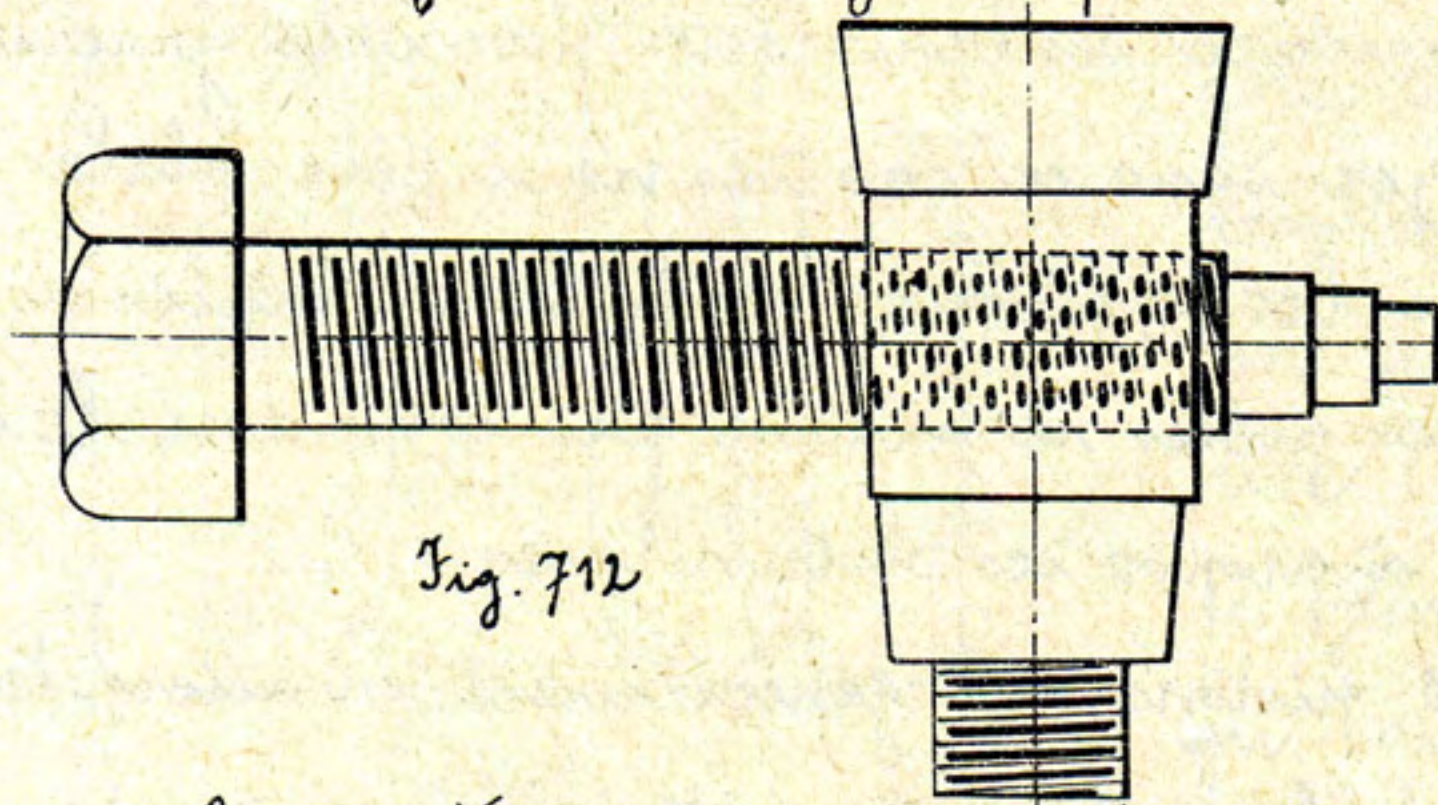
qu'ils ne reposent pas sur les cercles; pistons et rainures sont concentriques à la tige; un jeu annulaire existe sur tout le pourtour entre le fond des rainures et les cercles. Aux machines allemandes, fig. 711, ce jeu



est de 3 mm, les rainures ont 14 1/2 mm. de profondeur; les cercles ont donc, quand les cylindres sont neufs, une épaisseur radiale de 13 mm., puisque le jeu annulaire entre piston et cylindre est de 1 1/2 mm. Comme les pistons ne peuvent reposer sur le cylindre, la tige est guidée, d'une

part par la crosse, de l'autre par la buse de contre-tige; les bouchages ne contribuent pas à supporter la tige; ils sont mobiles et ont pour seule mission d'assurer l'étanchéité.

Déclavetage de la tige de piston. La clavette de fixation à la crosse



est d'abord chassée à la masse. Pour faire sortir alors la tige de piston, on place, dans le logement du piston de crosse, un vieux piston (fig. 712) ou un boulon cylindrique qui prend appui

sur les parties coniques du logement par l'intermédiaire de 2 bagues de conicité appropriée; ce boulon est percé perpendiculairement à son axe d'un trou fileté, dans lequel on introduit une vis de pression qui vient agir sur l'extrémité de la tige de piston; on a soin d'interposer entre les deux une rondelle de cuivre, de façon à ne pas détériorer le centre de la tige. Au cas où la pression exercée par la vis ne suffirait pas pour chasser la tige de son logement, on faciliterait l'opération en échauffant la crosse au droit de l'emmanchement; cet échauffement devrait se faire très rapidement pour que le bout de la tige n'ait pas le temps de se dilater; il faut donc employer le chalumeau plutôt qu'un procédé plus lent (chauffage par la combustion de déchet de coton, par exemple).

Quand la forme de la crosse ne permet pas d'employer ce procédé,

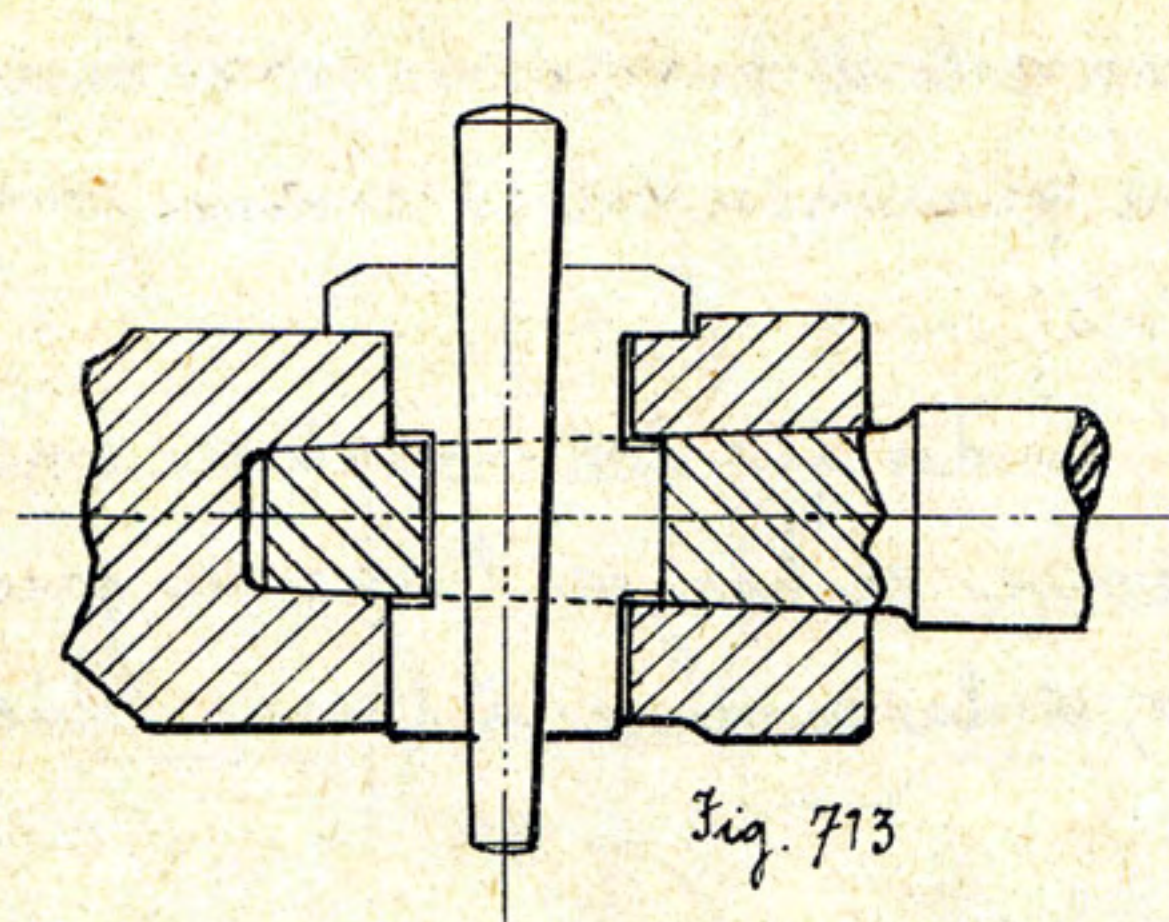


Fig. 713

on peut se servir du dispositif à clasettes représenté fig. 713 ; la pénétration de la clasette centrale permet le décalage de la tige.

Remplacement d'un corps de piston. Le cylindre étant réalisé plusieurs fois au cours des réparations successives, le jeu entre le corps de piston et la pa-

roi du cylindre s'accroît de plus en plus, ce qui a pour effet d'augmenter l'épaisseur radiale des segments. D'autre part, le redressage des camélures a pour conséquence un élargissement des cercles à la réparation et une réduction de largeur des cordons.

Pour éviter que les segments ne prennent des proportions inadmissibles, on s'impose des limites d'usure. Les chemins de fer belges adoptent les chiffres suivants :

Jeu maximum entre corps de piston et cylindre : 10 mm. sur les diamètres pour cylindres de diamètre = 500 mm. et moins à l'état neuf ; 12 mm. sur les diamètres pour cylindre de diamètre > 500 mm.

Largeur minimum des cordons entre rainures : 10 mm. pour les corps de piston en fonte ; 8 mm. pour les corps de piston en acier.

Épaisseur radiale maximum des cercles $0,036 D$, D étant le diamètre du cylindre.

La réglementation de la C^{ie} du Nord prescrit :

Jeu diamétral maximum entre corps de piston et cylindre :

$E - 2$ mm pour les segments dont l'épaisseur $E = 8$ mm. et plus.

$E - 1$ mm " " " " " $E < 8$ mm.

Largeur minimum des cordons extérieurs : 8 mm.

Il vient donc un moment où le corps de piston doit être remplacé, soit que son diamètre est devenu trop faible par rapport à celui du cylindre, ou bien parce que les camélures sont devenues trop larges.

On peut toutefois différer le remplacement du piston en réduisant

son diamètre extérieur au tour et en rapportant par dessus, à chaud, un anneau en acier formant frette; on parachève alors comme dans le cas de piston neuf.

Si le diamètre est encore suffisant, tandis que les cannelures sont devenues trop larges, on peut se contenter de recharger l'une des faces des cannelures, sur toute son étendue, à la soudure à l'arc et de la redresser ensuite au tour.

En dehors de ces cas d'usure, l'enlèvement du corps de piston de sa tige ne se fait, en réparation, qu'en cas d'avarie: piston décalé, tige faussée à l'entrée de son emmanchement dans le piston. Toutefois, dans certaines locomotives, la tige faisant corps avec la crosse, on est forcé de décaler le piston à chaque réparation.

a) Décalage du corps de piston. On démonte l'écran de fixation; le piston et sa tige étant posés par terre, on frappe, à l'aide d'une masse, avec interposition d'un bout de tôle en cuivre rouge, sur une extrémité de la tige; si on éprouve, dans ce cas, trop de difficulté, ou bien si le piston a été placé à chaud, on chauffe le corps de piston au chalumeau dans le voisinage de l'emmanchement.

b) Parachèvement d'un corps de piston neuf. La partie cylindrique se tourne à un diamètre inférieur de 3 mm. à celui du cylindre; on y creuse les rainures suivant les côtes des plans en respectant leur largeur et leur profondeur ainsi que la largeur des cordons.

Les autres faces sont tournées suivant calibre de façon que le piston épouse parfaitement le profil du couvercle (confectionné lui-même d'après calibre).

Les arêtes extrêmes sont fortement arrondies: en cas d'usure importante des patins de guides ou de la buselure de contre-tige, le piston, en s'abaissant, ne pourra venir alors gripper les cylindres. Les arêtes des cannelures doivent aussi être rabattues pour qu'il ne puisse s'y former un rebord pour le battage des cercles.

Le trou d'emmanchement se fait d'après la conicité et les dimensions du cône de la tige.

c) Montage d'un corps de piston sur sa tige. Si la conicité est très faible,

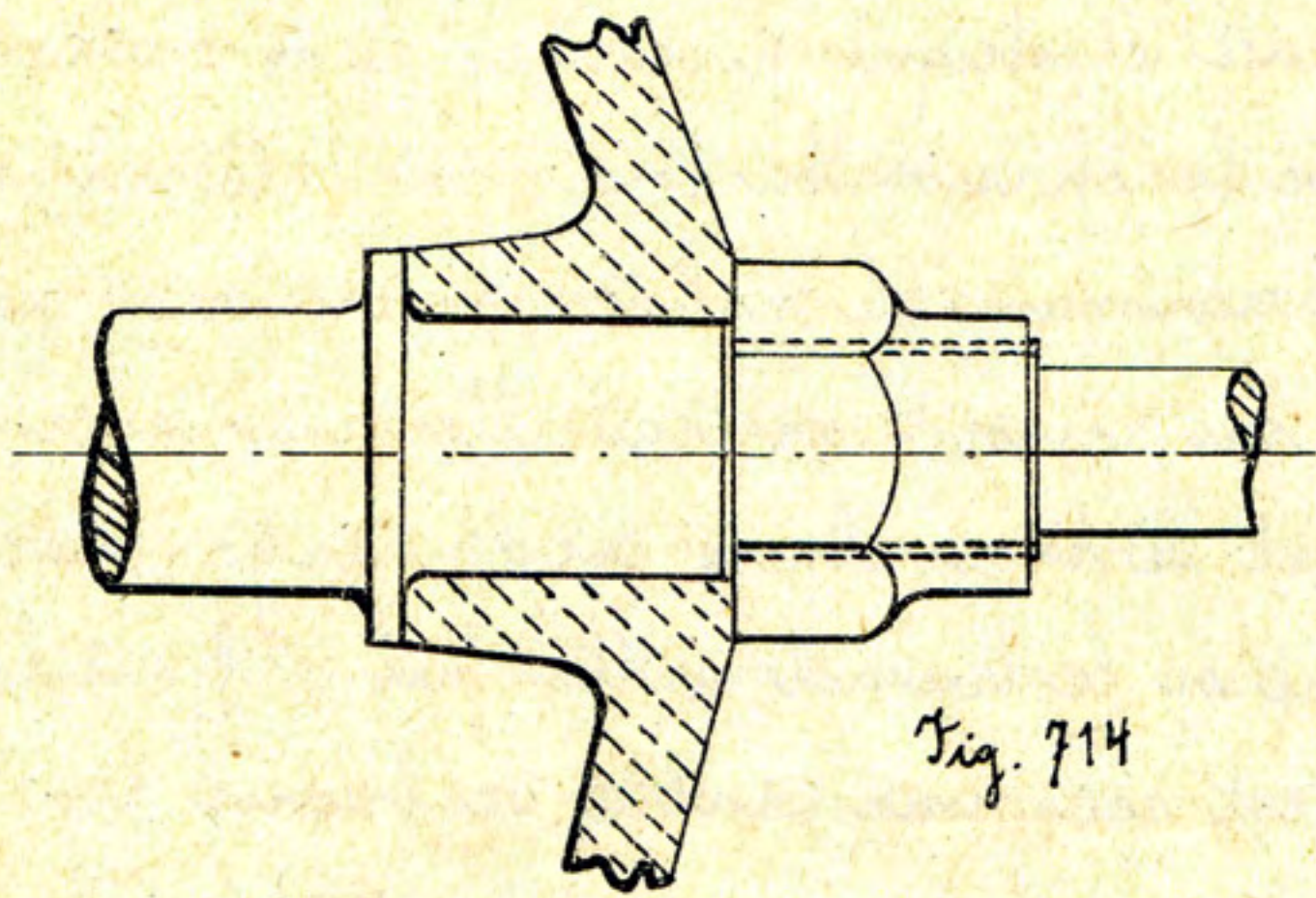


Fig. 714

fig. 714, (la différence de diamètre de 0,8 à 0,9 mm. pour une longueur de 150 mm.), l'alésage du corps de piston a dû être fait de telle façon que la tige y pénètre à la main jusqu'à 5 à 6 mm. de sa position définitive. La partie centrale du corps de piston est alors chauffée à la forge,

le piston est posé sur sa tige et refroidi rapidement, afin que celle-ci n'ait quère le temps de s'échauffer.

Si l'emmanchement est franchement conique, il faut rader l'une sur l'autre les surfaces de contact; il est indispensable que les 2 conicités soient identiques et ne dépassent pas celle prévue au plan; une conicité trop forte serait défavorable à une bonne fixation. Pour le montage, on huile légèrement les 2 portées et on serre l'écrou, à refus, au moyen d'une clef à long manche, à l'extrémité duquel agissent plusieurs hommes. L'écrou est alors rivé ou claveté; cet écrou doit donc être à épaisseur convenable.

On place les cales dans les rainures pour empêcher la rotation des cerdes; elles doivent être fixées soigneusement afin qu'elles ne dépassent pas et qu'elles ne se détachent pas; dans les 2 cas, le cylindre serait endommagé.

Piston usagé: dressage des cannelures et rectification de la tige. Le piston muni de sa tige est placé sur le tour entre pointes; on vérifie d'abord que tous deux tournent bien rond. Le cas échéant, on redresse la tige en effectuant des pesées au moyen d'un levier, la tige restant sur le tour et ayant, au besoin, été chauffée préalablement au rouge.

Après enlèvement des cales, on redresse les faces des cannelures en prenant le moins de matière possible et de façon à ménager les cordons.

La tige, qui s'est usée par son frottement dans les bourrages et la buse AV est recylindrée; si l'usure est faible, il est avantageux

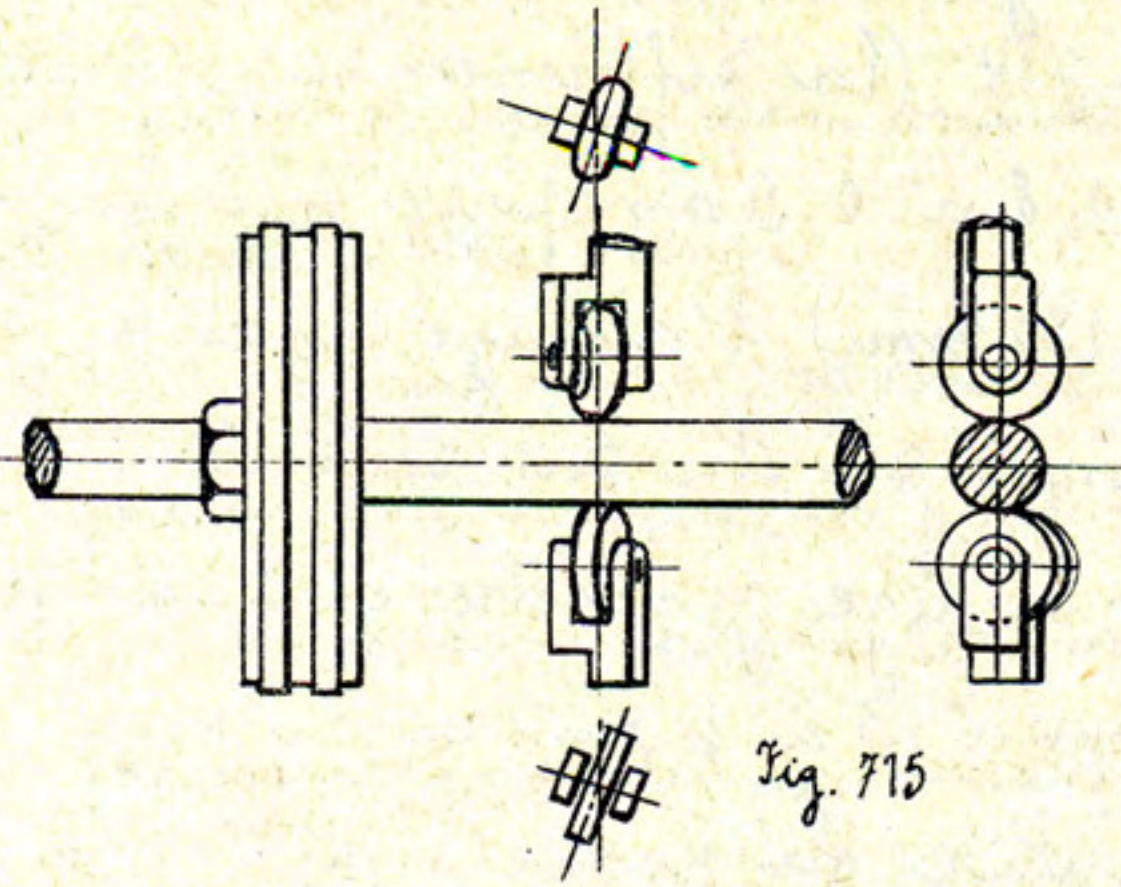


Fig. 715

d'employer, pour cette opération, une petite meule électrique portative qu'on monte sur le chariot du tour; on enlève ainsi le minimum de matière, ce qui n'est pas le cas quand on travaille avec le crochet de tour. Après recylindrage, surtout si le travail a été fait à l'outil, il est recommandable de brunir la

tige; cette opération se fait au moyen d'un brunissoir (fig. 715) outil muni de 2 roulettes, l'une plate, l'autre arrondie, en acier trempé, portées par des axes inclinés; ces 2 roulettes viennent serrer la tige entre elles, rapprochant ainsi les molécules superficielles du métal et rendant celui-ci plus compact à la surface, plus dur, par conséquent, et plus résistant à l'usure.

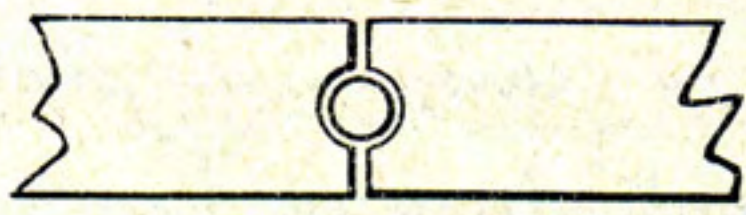


Fig. 716



Fig. 717



Fig. 718

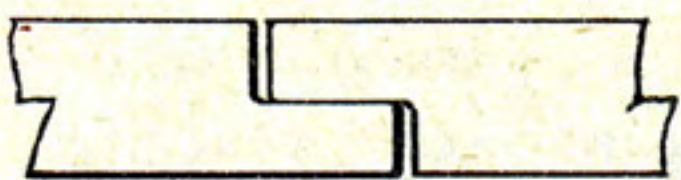


Fig. 719

Segments. Les coupes de segments les plus employées sont les suivantes: coupe droite (fig. 716) perpendiculaire au plan du segment - coupe en biseau (fig. 717 et 718) - coupe à redans (fig. 719).

Les 2 premières sont utilisées quand la position relative des segments est assurée soit par une clavette (fig. 717), soit par une broche cylindrique fixée dans la rainure du corps du piston (fig. 720 et 721): en effet, avec les coupes

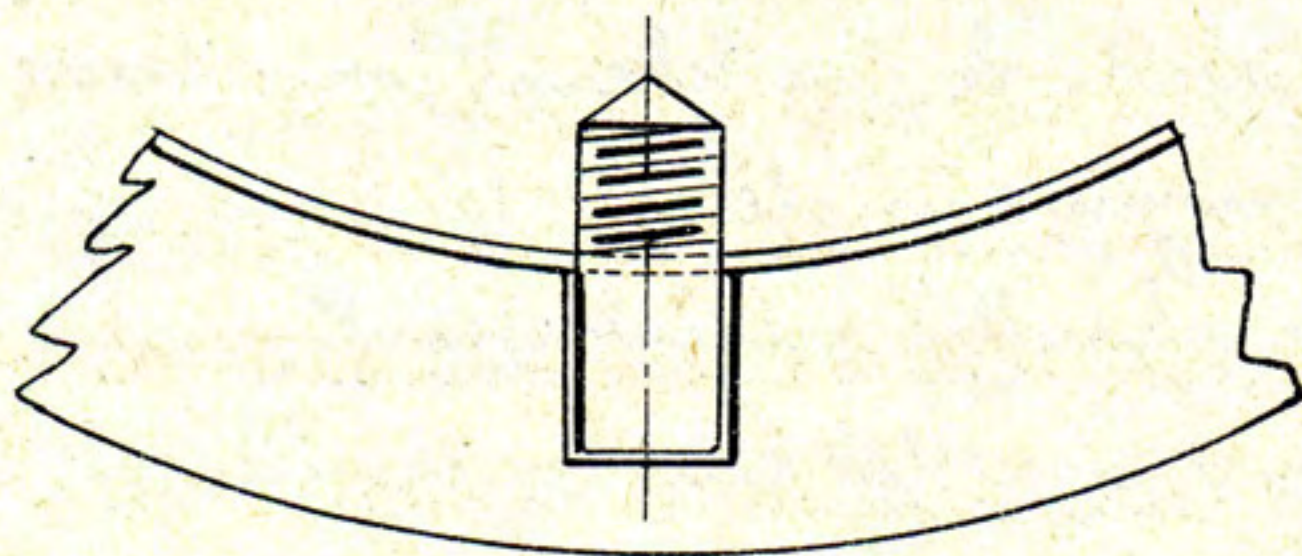


Fig. 720

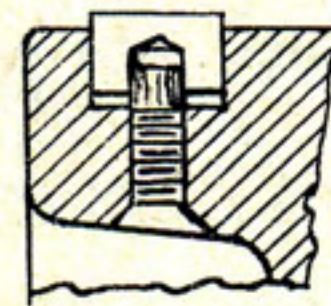


Fig. 721

pes droites ou en biseau, les scides s'orientent après un

certain temps de service, de telle sorte que les coupes arrivent à se trouver en face l'une de l'autre et qu'ainsi le repassage de vapeur

se fait directement au travers des cercles.

Les coupes à redans (fig. 719) sont un peu plus étanches, mais aussi plus fragiles; avec elles, la tendance à l'orientation des segments est moins marquée; il est néanmoins nécessaire à notre avis que la position de ceux-ci soit assurée de façon que les coupes ne puissent jamais se trouver vis-à-vis de l'ouverture des lumières dans le cylindre; il arrive, en effet, au cours du service, que les espaces morts sont réduits au-delà de ce qui est admissible; avec certains cylindres, l'un des segments pourrait alors se trouver au droit de la lumière et il s'ouvrirait si la coupe était en face de l'ouverture; il se produirait une avarie au retour du piston.

La position de ces segments est assurée au moyen d'un goujon dont la tête est logée dans leur épaisseur (fig. 720); ce logement, qui crée une section de résistance affaiblie, doit se trouver là où le métal fatigue le moins, c'est-à-dire dans le voisinage des coupes.

On sait que les cercles tournés d'abord à un diamètre trop grand, voient leur élasticité au fait qu'on leur enlève un tronçon et qu'on en rapproche alors les extrémités; avant introduction dans le cylindre, il est nécessaire de les tourner à nouveau, extérieurement et intérieurement pour leur rendre la forme circulaire et réaliser une bonne étanchéité.

Le diamètre à donner au rouleau dont on veut extraire un cercle d'une certaine épaisseur désirée, d'une part de la pression unitaire qu'on désire obtenir entre le cercle et le cylindre; c'est donc affaire d'expérience; d'autre part, de la tension admissible dans la fonte, après serrage du cercle. Une pression moyenne contre la face interne du cylindre de $p = 0^k, 003$ par mm^2 (soit 300 grammes par cm^2) paraît convenir en ce sens qu'elle assure l'étanchéité et qu'elle ne produit pas une usure exagérée; une tension $t = 8^k$. par mm^2 dans le métal peut être admise; cette tension élevée résulte des conditions de travail: l'effort auquel est soumis le cercle est constant et on peut admettre un coefficient de sécurité relativement faible.

Le calcul montre qu'il existe une première relation entre p ,

pression par mm^2 contre la paroi interne, \underline{d} , diamètre de l'alésage du cylindre, \underline{e} , épaisseur radiale du cercle et \underline{d}' , diamètre extérieur du rouleau dont le segment doit être extrait : $p = \frac{4}{9} E \left(\frac{d'}{d} - 1\right) \left(\frac{e}{d}\right)^3$ et une seconde relation entre la tension \underline{t} dans le métal du segment et les mêmes éléments que ci-dessus : $t = \frac{4}{3} E \left(\frac{d'}{d} - 1\right) \left(\frac{e}{d}\right)$

E est le module d'élasticité de la fonte et est égal à 8.500 kg. par mm^2 .

Au fur et à mesure des alésages successifs du cylindre, les cercles s'épaississent, \underline{p} et \underline{t} varient ; il importe donc lors du remplacement des segments de déterminer \underline{d}' , diamètre extérieur du rouleau pour laisser à \underline{p} et \underline{t} des valeurs admissibles. Les chiffres que nous avons cités plus haut : $p = 0,003$ et $t = 8$ sont réalisés avec $d' = 1,021 d$ et $e = 0,033 d$.

Pour des valeurs variables de \underline{e} , on peut déterminer la valeur convenable de \underline{d}' à l'aide des nomogrammes fig. 722 et 723 et dont nous donnons ci-dessous le mode d'emploi :

\underline{e} et \underline{d} sont donnés ; ils résultent des dimensions du piston et du cylindre ; on s'impose d'abord une pression \underline{p} de 300 grammes par cm^2 contre les parois du cylindre ; on prend au 1^{er} nomogramme l'intersection de la verticale $p = 0,003$ avec l'oblique correspondant à la valeur de \underline{e} ; on joint ce point, par une droite, au point de la courbe \underline{d} donnant l'alésage et on prolonge cette droite jusqu'à sa rencontre avec \underline{d}' , où on lira le diamètre extérieur \underline{d}' du rouleau. Il reste à vérifier que la tension \underline{t} dans le métal ne dépasse pas ou ne dépasse guère 8 kg. par mm^2 . Pour cela, on utilise le second nomogramme (fig. 723).

On joint par une droite le chiffre trouvé pour \underline{d}' au chiffre de l'alésage \underline{d} ; on prolonge cette droite jusqu'à son intersection avec la verticale $t = 8$; on trace de cette intersection une horizontale jusqu'à l'oblique correspondant à \underline{e} et on lit ou on estime le taux de travail \underline{t} de la fonte d'après les verticales.

Si on obtient pour \underline{t} un chiffre trop fort, on recommence l'opération en partant d'une valeur plus faible de \underline{p} .

A cette fin, on prend l'intersection de \underline{p} et \underline{e} (fig. 722) ; on

Roulements pour cercles de piston.

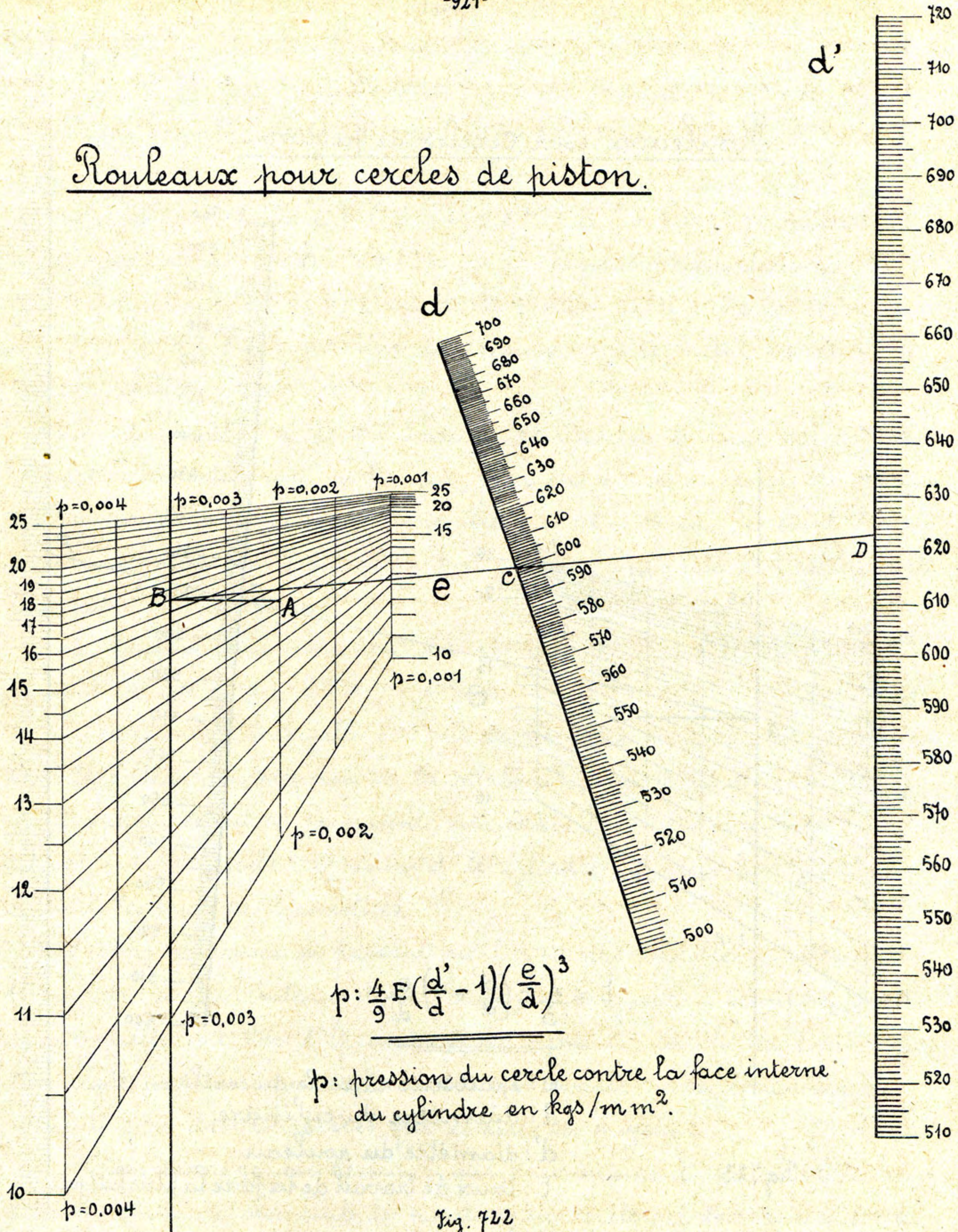
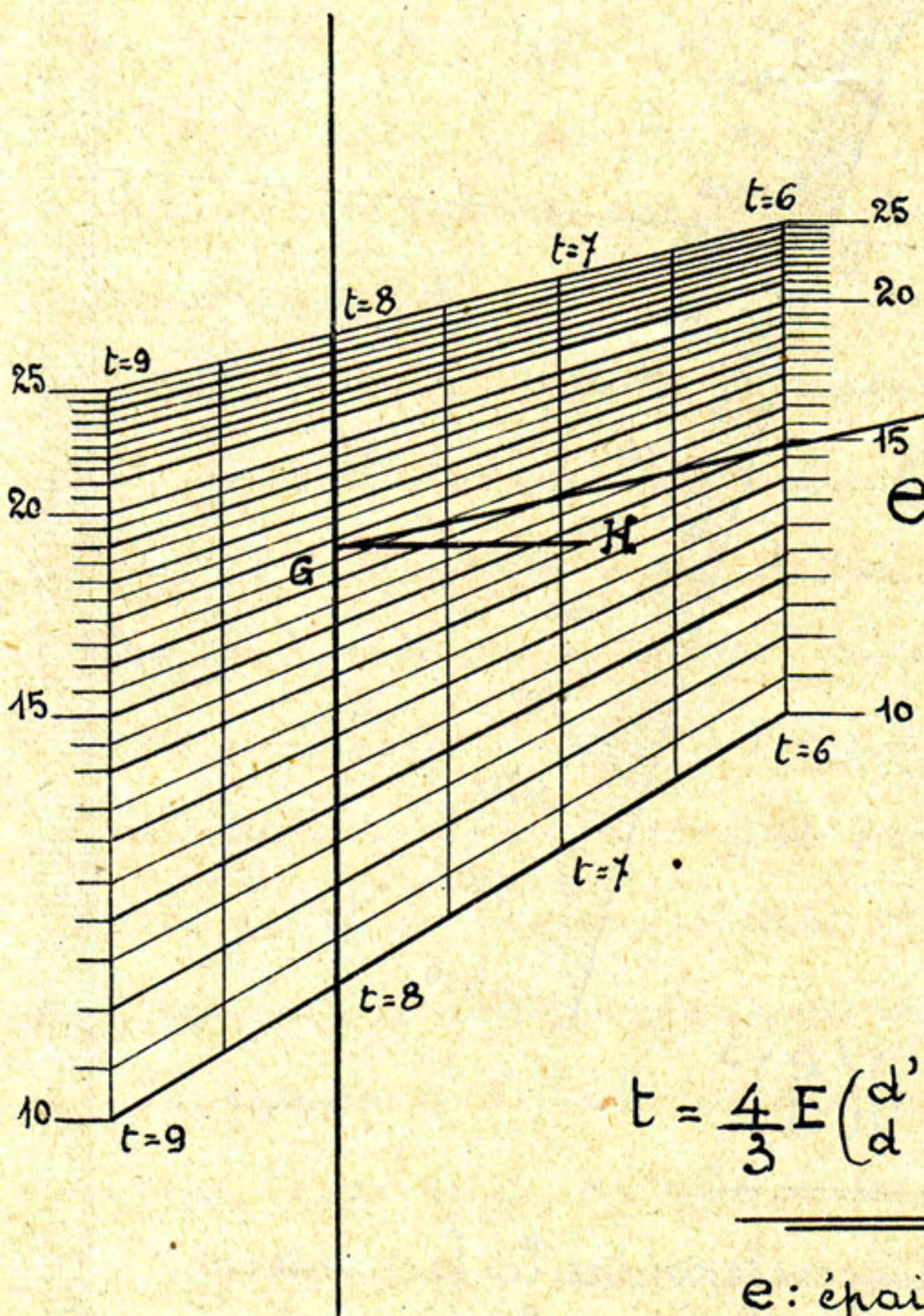


Fig. 722

la ramène horizontalement sur la verticale $p = 0,003$ et on continue exactement comme il a été dit ci-dessus

On se rappellera qu'en prenant p supérieure à $0,003$ on améliore

Rouleaux pour cercles de piston.



$$t = \frac{4}{3} E \left(\frac{d'}{d} - 1 \right) \frac{e}{d}$$

e : épaisseur radiale du cercle en mm

d : diamètre du cylindre

d' : diamètre du rouleau

t : taux de travail de la fibre la plus fatiguée

Fig. 723.

l'étanchéité, mais on accroît l'usure des segments et du cylindre; qu'en le prenant inférieur à 0,003, on diminue l'usure, mais aussi l'étanchéité.
Exemple d'application. Recherche de d' et de t pour $e = 14,5 \text{ mm}$,
 $p = 0,002 \text{ kg. par mm}^2$, $d = 600 \text{ mm}$.

1^{er} nomogramme. Prendre l'intersection de $e = 14,5$ avec $p = 0,002$, point A. Ramener A horizontalement en B sur la verticale $p = 0,003$, tracer BC et prolonger jusqu'en D. on trouve 622,5 mm. comme diamètre d' du rouleau.

2^e nomogramme. Joindre F ($d' = 622,5$) à E ($d = 600$); prolonger la droite jusqu'à la verticale $t = 8$, point G. Ramener horizontalement G jusqu'à l'oblique $e = 14,5$, point H. La position de H entre les verticales $t = 7$ et $t = 6,5$ indique que la tension dans le métal est de $6^{kg} \cdot 8$ environ, chiffre admissible.

On augmentera d' de 4 à 5 mm. en précision de la passe qu'on devra prendre, après enlèvement du tronçon, pour la remise au rond des segments; l'épaisseur du rouleau devra donc être: $e + 8$ à 10 mm., e étant l'épaisseur du segment fini (puisqu'on doit prendre une passe à l'extérieur et une autre à l'intérieur).

La longueur du tronçon à découper pour obtenir l'élasticité du segment est de: $3,14 (d' - d) + a$ mm.

a mm. représente l'intervalle qui doit exister entre les coupes au montage dans le cylindre en précision de la dilatation, compte tenu des différences de températures qui se produisent, notamment lors de l'ouverture du modèle, entre les cercles de piston et le cylindre; a varie de $1\frac{1}{2}$ à 3 mm. suivant les types de locomotives.

Faisons remarquer en passant qu'il n'est pas possible de déterminer le diamètre d' du rouleau et, par suite, la longueur à découper, sans savoir quelle doit être l'épaisseur e des segments; les chiffres fournis par une réglementation qui ne tiendrait pas compte de ces épaisseurs ne peuvent donc être considérés que comme des moyennes.

Notons encore, pour terminer, que, théoriquement, pour obtenir une pression constante sur tout le pourtour du cercle, il faudrait que celui-ci allât en s'amincissant vers les coupes; pour la facilité de la confection, l'épaisseur des cercles est cependant toujours uniforme sur tout le pourtour; la pression des cercles sur la paroi du cylindre est alors plus forte du côté des coupes; quand nous avons parlé d'une pression

de 300 gr par cm^2 , nous avons donné une valeur moyenne des pressions circonférentielles.

Le procédé généralement employé pour la confection des segments consiste à tourner d'abord le rouleau aux diamètres $d' + 5$ et $(d' - e - 5)$; à en extraire ensuite les segments d'après la largeur des cannelures; à découper alors, à chaque segment, le tronçon de la longueur qu'on a déterminée.

Le découpage se fait comme suit dans le cas de coupes droites: on pose le cercle sur un burin fixé dans un étai; un coup de marteau sur un 2^d burin, placé vis à vis du 1^{er}, amène la rupture; un 2^d coup détache le morceau. Ou encore on monte une lame de scie circulaire entre les pointes du tour; le segment est monté sur le porte-outil; il suffit d'avancer celui-ci vers la scie. Les coupes à redans se font à la fraiseuse ou à l'étai-limeur.

On dresse à la lime et on soude alors les 2 extrémités entre lesquelles on interpose un bout de tôle d'épaisseur convenable (en prévision de la dilatation); pour cela, on les chauffe jusqu'à la température correspondant à la fusion de la baguette d'étain; on découpe les coupes, puis on les étame; on resserre le cercle au moyen d'un léger carcan en spaté; aussitôt on soude les coupes au fer à souder; après refroidissement, on enlève le carcan.

Les segments d'un même piston sont ensuite fixés sur le plateau du tour au moyen de clames qui les serrent en bout; ces clames, placées de l'intérieur, permettent le tournage extérieur; il faut avoir soin, lors du centrage, de laisser les segments parfaitement libres, les clames non serrées; s'il n'en était pas ainsi, les segments ne seraient pas circulaires quand ils seraient détachés.

Après cylindrage de l'extérieur au diamètre du cylindre, on place les attaches des clames à l'extérieur pour pouvoir tourner l'intérieur; on se guide sur l'épaisseur à obtenir.

Le procédé suivant est plus rapide. Le rouleau est préalablement dégrossi extérieurement et intérieurement de façon à enlever la croûte.

On pratique ensuite, à la mortaiseuse, une saignée longitudinale de la largeur nécessaire. Le rouleau est alors resserré à l'aide de deux forts carcans après interposition, entre les coupes, d'une tôle d'épaisseur convenable. Si le rouleau était trop épais, il risquerait de se rompre lors de ce resserrage; c'est pourquoi, il faudrait, dans ce cas, l'amincir encore après enlèvement de la croûte. Le rouleau, serré dans ses carcans, est remis au tour et centré, pour être usiné aux dimensions intérieures et extérieures définitives des segments; le diamètre extérieur est égal à celui du cylindre; le diamètre intérieur résulte de l'épaisseur nécessaire, qui ne peut toutefois, avons-nous vu, dépasser la limite autorisée (0,036 d aux chemins de fer belges). Les segments sont ensuite découpés au tour au moyen d'une lame de 3 à 4 mm. à une largeur supérieure de 1/4 mm. à celle de leurs logements respectifs; pour ce découpage, on entoure préalablement le segment qu'on veut détacher d'un carcan en tôle mince pour l'empêcher de s'ouvrir brusquement; on abaisse le carcan à mesure qu'on entame un nouveau segment. Avant chaque découpage, on dresse l'extrémité du rouleau; après découpage, le segment est repris, son autre face est aussi dressée et le cercle est mis à largeur exacte.

Les cercles découpés par l'un ou l'autre procédé, sont présentés dans leur rainure; on s'assure qu'ils y pénètrent à frottement doux; si le frottement était dur, l'élasticité du métal serait contrariée.

On introduit alors les cercles dans le cylindre, on les fait voyager d'un bout à l'autre de celui-ci; on se rend compte ainsi qu'ils peuvent se déplacer sur toute la longueur du cylindre.

Aux locomotives à surchauffe, les segments portent une gorge circulaire de 3 mm. et sont percés de 6 trous de 3 mm. de diamètre. Cette gorge est creusée, dans le 1^{er} procédé, lors du retournage, dans le 2^d procédé, lors du sectionnement du segment. Les arêtes de la gorge et des bords des segments sont rabattues en même temps. Les trous sont percés dans le segment détaché; celui-ci, qui embrasse la table, est fixé entre les mâchoires de l'étau de la foreuse.

Seuls les cercles à coupe rectangulaire peuvent être confectionnés d'après le 2^d procédé; ceux à coupes biaisées ou à redans doivent forcément s'obtenir par la 1^{ère} méthode.

Montage des segments sur le piston. Pour placer les segments sur le piston, il n'est pas recommandable de les ouvrir en tirant, comme le

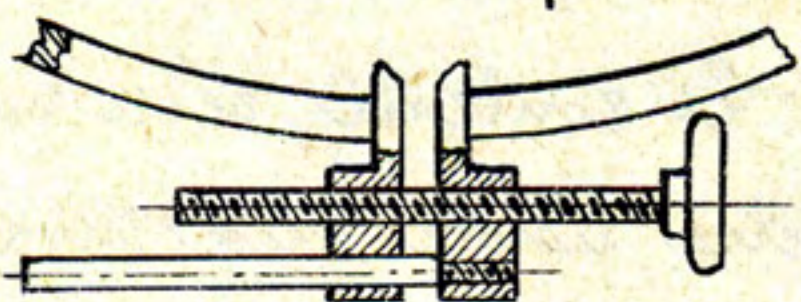


Fig. 724

fait l'appareil fig. 724 employé dans certains ateliers; la fatigue du métal au milieu du segment est alors considérable; on risque de le briser; théoriquement, l'ouverture doit se faire par des efforts inclinés de 45° sur le diamètre passant par la coupe; c'est ainsi qu'on fatigue le moins le cercle.

Très souvent, on procède comme suit: on place le segment obliquement sur le piston et, en appuyant progressivement vers les coupes, on produit peu à peu son entrée sur le piston.

Réparation du cône de la tige et reclasage à la crosse. La solidité de l'assemblage de la tige et de la crosse résulte essentiellement de l'adhérence des deux parties en contact qui doivent être coincées au point de faire bloc; il est donc nécessaire de réaliser un contact parfait des cônes de la tige et de la crosse; les deux cônes doivent donc avoir rigoureusement le même angle au sommet; leur ajustage doit être particulièrement soigné par le tourneur.

Il faut en outre que l'effort de pénétration de la tige dans la crosse sous l'action de la clavette soit très élevé; il doit donc exister un tirage suffisant.

La clavette ne doit pas se déformer; elle doit être confectionnée en acier demi-dur, être ajustée à frottement doux dans le sens de l'épaisseur et porter en tous points sur les fonds des mortaises de la tige et de la crosse avec lesquels elle est en contact, ce qui exige que ces fonds, d'une part, et les champs de la clavette qui s'appliquent sur eux, d'autre part, soient bien dressés et également inclinés sur l'axe de la clavette.

L'assemblage doit présenter un tirage de 3mm. en a, b, c,

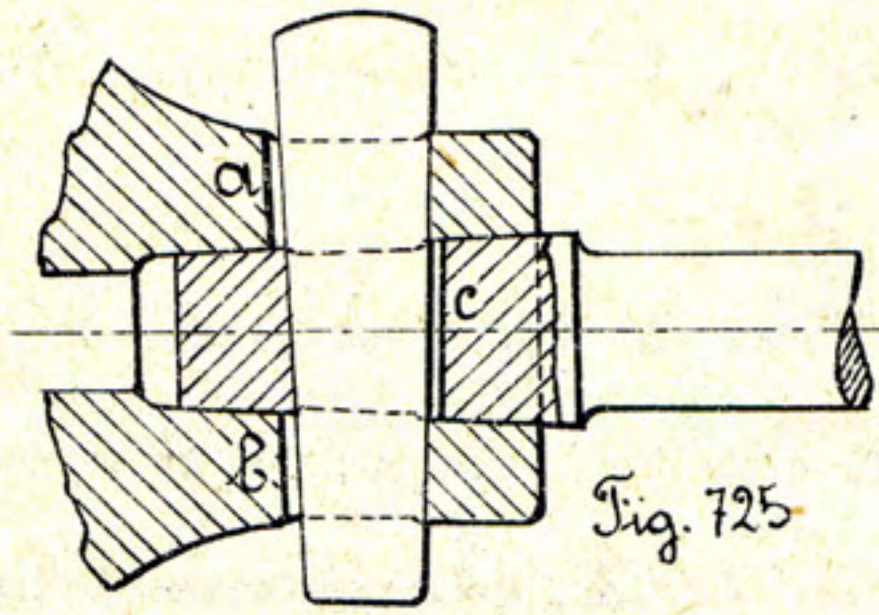


Fig. 725

Fig. 725 ainsi que dans le fond de la tige; pour arriver à ce résultat, on se rend compte, avant déclassement, du tirage existant à ce moment en ces endroits; on reprend donc, au besoin, à la gouge et à la lime, une épaisseur sur les faces de la crosse et de

la tige; ou bien, s'il ne reste plus suffisamment de jeu dans le fond de la tige, il faut recharger le cône à la soudure à l'arc; il faudrait aussi le recharger s'il n'offrait pas une surface de pose convenable.

Le cône est alors mis à dimensions au tour de façon qu'il permette la réalisation des conditions ci-dessus; puis il est rodé dans son logement; ce rodage est absolument nécessaire pour l'obtention d'un bon contact; si, avec les pistons lourds des machines puissantes, l'opération peut paraître difficile, il faut prévoir des dispositions d'atelier adéquates. Enfin, la fixation s'obtient par enfoncement de la clavette à la masse, jusqu'à refus; la clavette est alors goupillée.

157. Les bouchages. I Bouchage ordinaire pour vapeur saturée.

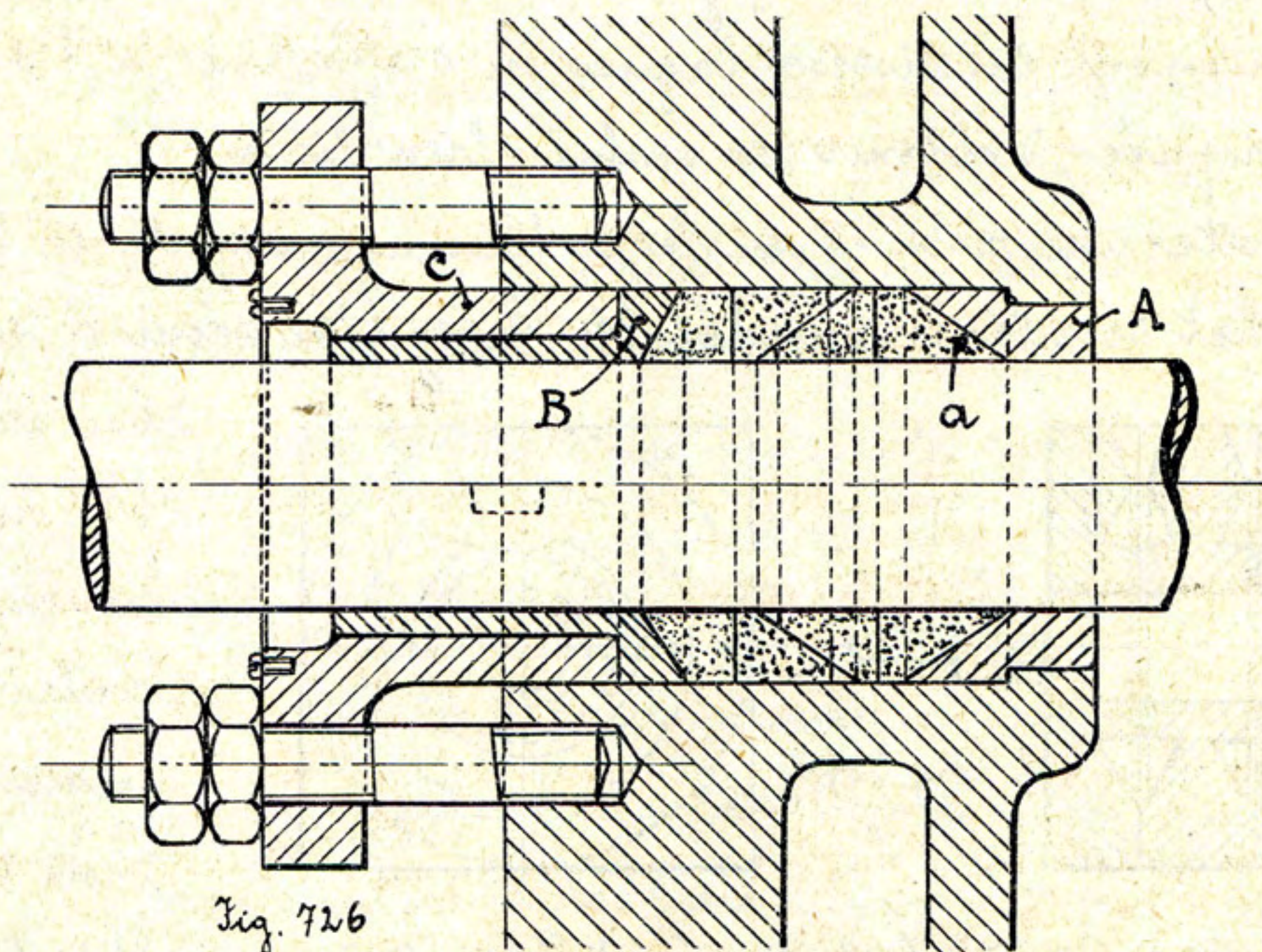


Fig. 726

La bague de fond A et la bague presse bouchage B (fig. 726) prennent du jeu en service; ce jeu est très nuisible, surtout si le bouchage proprement dit est constitué de chanvre ou de corde d'amiante; ces matières sont entraînées dans le mou-

vement de la tige et l'étanchéité est difficile à maintenir; le bouchage doit être fréquemment renouvelé.

En réparation, on remplace la bague de fond et la bague presse bouchage; si le presse bouchage n'a pas de bague, on le creuse de façon à pouvoir en placer une pour reprendre le jeu.

Ces bagues sont en deux pièces si le bout de la tige est renflé; d'une pièce dans le cas contraire; l'alésage se fait à un diamètre supérieure de 1/10 mm. à celui de la tige, en prévision de l'échauffement de celle-ci lors de l'admission de la vapeur au cylindre.

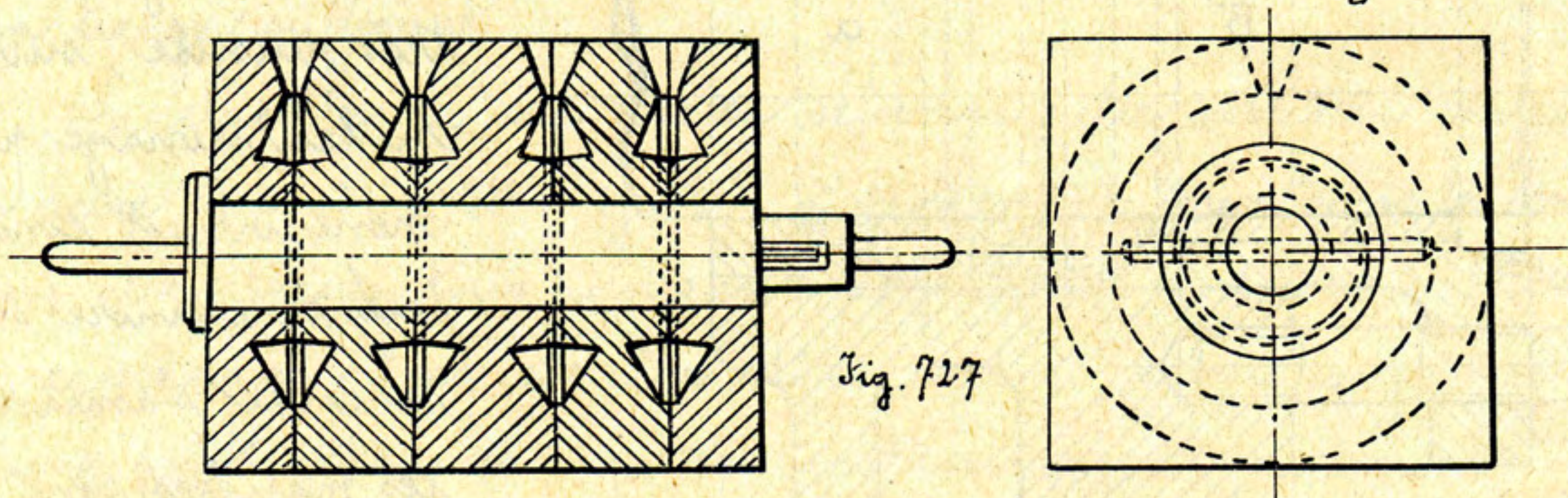
Confection du bouchage en métal blanc. Le métal blanc employé normalement pour la confection des bagues de bouchage a la composition suivante: 6 étain, 91 plomb, 3 antimoine.

Dans ces derniers temps, en raison du prix élevé de l'étain, on a adopté la composition ci-après: 80 plomb, 20 antimoine.

Parfois on extrait encore les bagues de lingots coulés sous forme de demi-cylindres, deux lingots produisent un bouchage; on procède alors comme suit:

- 1) On dresse d'abord les faces jointives; on assemble les deux pièces au moyen des griffes du plateau du tour; on les tourne extérieurement et intérieurement; l'alésage se fait au diamètre exact de la tige.
- 2) On tourne la conicité en bout (a) (fig. 726) et on la polit à l'outil.
- 3) On découpe successivement les diverses bagues en s'efforçant, à l'aide d'outils de forme appropriée, d'obtenir des surfaces bien lisses.

Ce procédé nécessite une main-d'œuvre de tournage importante et il occasionne un déchet de rebrous considérable. Le système décrit ci-après lui est



lui est très supérieur. On coule les bagues dans des

manches métalliques analogues à celui représenté fig. 727; on obtient des surfaces coniques bien lisses, ce qui dispense de devoir les rafraîchir au tour. Seules, les surfaces cylindriques extérieures et intérieures doivent

être usinées; on utilise à cette fin des mandrins coniques de formes adéquates

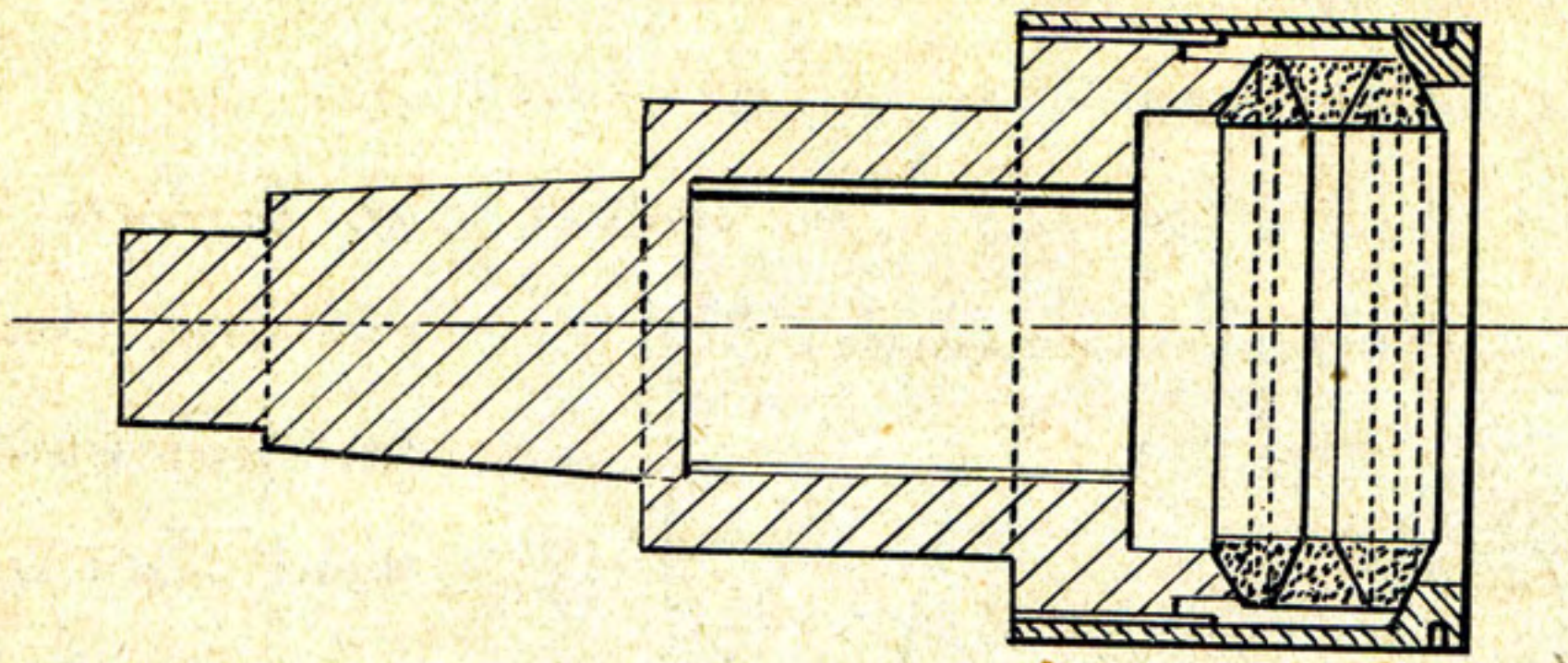
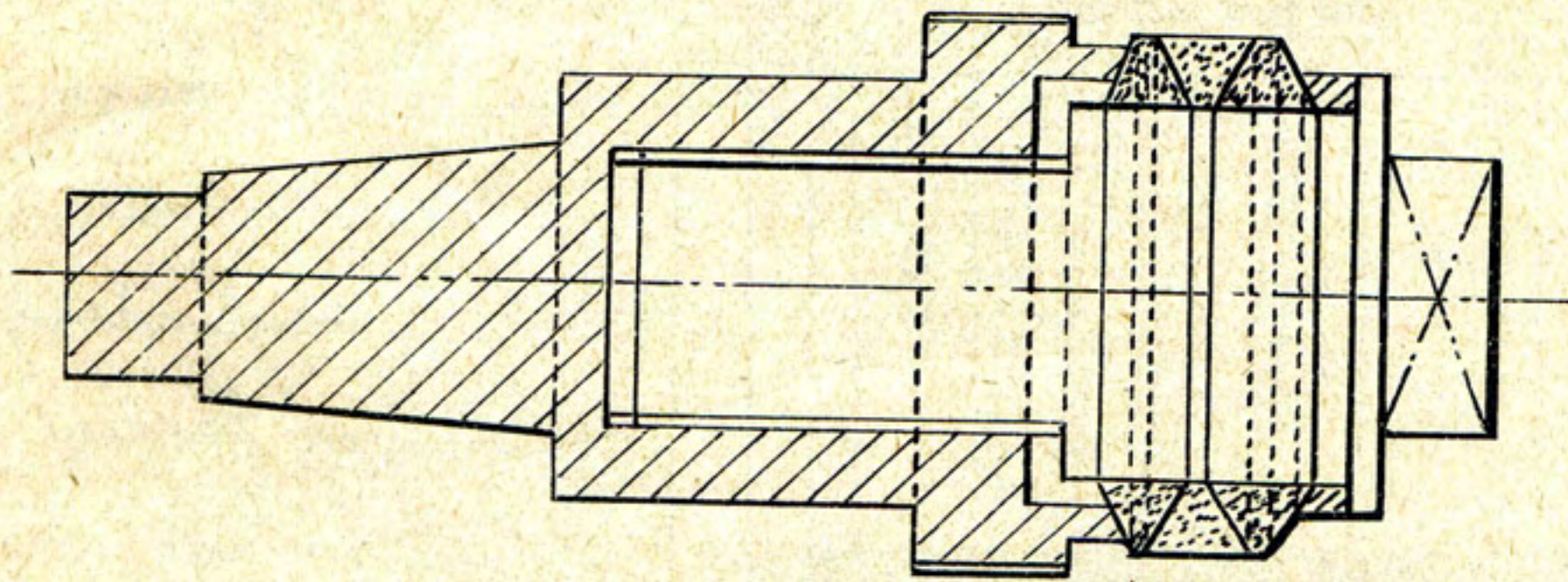


Fig. 728



(fig. 728) se plaçant sur le tour à la place de la pointe de la poupée fixe; le premier appareil permet le cylindrage extérieur, le second, l'alésage des bagues; pour maintenir le centrage, le second doit évidemment être monté avant retrait du premier.

Si le serrage du bouchage a lieu par boulons (fig. 726), il est nécessaire de scier les bagues avant leur introduction dans les mandrins; on ne peut, au montage, avoir du tirage entre les demi-bagues; ce tirage permettrait un frottement exagéré sur la tige sous l'effort des écrous du presse-bouchage; cet effort est suffisant pour mettre les bagues parfaitement en contact avec la tige, même sans tirage; au montage, pour éviter de créer une pression trop forte entre tige et bouchage, on établit d'abord énergiquement le contact, on lâche ensuite les écrous, puis on les visse à fond sans serrage et on serre les contre-écrous.

Si, au contraire, ce qui est le cas général, c'est un ressort qui produit le serrage, du tirage est nécessaire et le trait de scie doit être donné après l'usinage au tour.

Pour donner ce trait de scie, on doit avoir soin de ne pas placer la bague dans l'étau; cela la déformerait; il faut, au contraire, tenir la bague en mains et la faire voyager sur la lame de scie maintenue fixe.

Pour que le bouchage soit efficace, les bagues doivent pouvoir glisser l'une sur l'autre; il faut, pour cela, qu'elles soient bien polies à leurs surfaces mutuelles de contact, ensuite qu'on les graisse soigneusement

avant leur introduction.

II. Bouillage pour vapeur surchauffée. (Le bouillage est analogue aux locomotives à vapeur saturée dont les pistons sont munis de contretiges).

Les baques en fonte 1 et 2 (fig. 729), en contact avec la tige,

Bouillage de tige de piston. Locomotive G8¹.

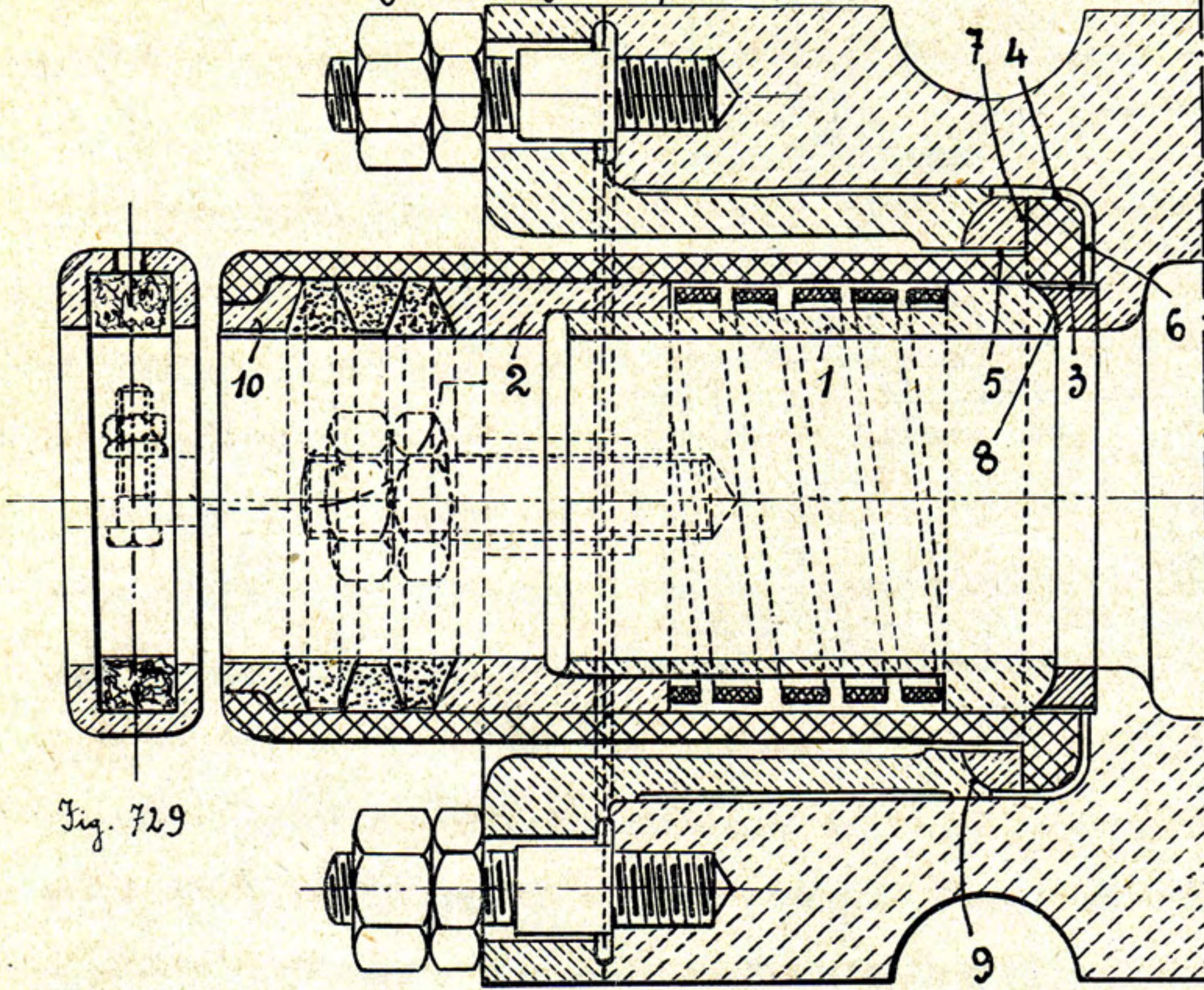


Fig. 729

prennent du jeu par frottement. Lors de la réparation, ce jeu est encore augmenté par suite du recylindrage de la tige. Ces baques sont donc remplacées. Quand elles doivent être en 2 pièces

pour que leur introduction sur la tige soit possible, le joint entre les 1/2 baques est à redans. Les 1/2 baques sont coulées séparément.

On dresse d'abord la partie jointive (le redan) à la limeuse ou à la fraiseuse, puis on la parachève à la lime; il importe que cet ajustage soit très bien fait, sinon, quand les 2 pièces seront serrées dans les griffes du plateau de tour à une de leurs extrémités, l'autre extrémité s'ouvrira; il se créera un entrebaillement dans le joint, et le travail du tourneur deviendra impossible. Ces baques sont mises à dimensions au tour d'après les cotes du plan et les dimensions de la tige rectifiée; on leur donne 3/10 mm. de jeu sur la tige. Les baques retirées ne sont pas mises à mitrilles, mais sont conservées pour être réutilisées avec des tiges de plus fort diamètre.

La bague de fond (10) n'est remplacée que lorsque le jeu diamétral sur la tige dépasse 2 mm.

Mobilité. On sait que ce genre de bouillage n'assure que l'étanchéité; il

n'est pas dans son rôle de constituer le guidage de la tige. Lors de la réparation ou du remplacement des divers organes, il y a lieu de ne pas perdre de vue la nécessité de cette mobilité; il faut donc faire en sorte, d'abord que le jeu prévu existe en 3, 4, 5, 6; ensuite, que les rayons de courbure des lentilles soient conformes au plan. Lors du montage, avant clavetage de la crosse, on s'assure, en déplaçant la tige latéralement, de la mobilité du bourrage.

Battage en service. Le serrage est produit par un ressort; le frottement du bourrage sur la tige lors du mouvement de celle-ci a pour effet d'accroître et de diminuer alternativement ce serrage, ce qui provoque un battage sur les bagues du bourrage, en leurs surfaces de contact mutuelles, sur les lentilles et leurs portées sur les autres pièces; le même effet est produit par la pression de la vapeur dans les cylindres, pression qui vient périodiquement comprimer le bourrage.

En réparation, les bagues du bourrage sont remplacées; les lentilles sont généralement rectifiées au tour, à moins qu'elles ne soient trop minces ou ovalisées, auquel cas on les remplace; le rayon de courbure est donné sous le contrôle d'un calibre; les surfaces d'appui du presse-bourrage contre la lentille extérieure (surface 9), de celle-ci contre l'épaulement de la boîte à bourrage (7), de la lentille de fond contre la bague en fonte (8) sont rectifiées au tour et radées; la portée de la lentille de fond contre le cylindre (10) est rectifiée à chaque réparation à l'aide d'une fraise spéciale guidée d'après les goujons de la boîte à bourrage.

Confection des bagues du bourrage. Le métal blanc employé a la composition : 80 plomb, 20 antimoine.

Les trois bagues sont chacune en deux pièces; leur confection a lieu comme nous l'avons indiqué ci-dessus; la pression se donnant par un ressort, un tirage de 1 mm. est nécessaire.

Une remarque s'impose, qui est d'application à tous les bourrages à serrage par ressort; le battage rend les bagues de métal blanc ruqueuses au bout d'un certain temps de service, le glissement ne se fait

plus, l'étanchéité se perd; on remédie facilement à cet inconvénient en confectionnant en bronze la bague du milieu (qui vient s'appliquer contre la boîte à bourrage); le contact de métaux de duretés différentes maintient le poli.

Ressort. La tension du ressort est vérifiée à l'aide d'une balance représentée schématiquement ci-contre (fig. 730); il faut que, sous le poids convenable, le ressort s'affaisse jusqu'à conserver la hauteur prévue.

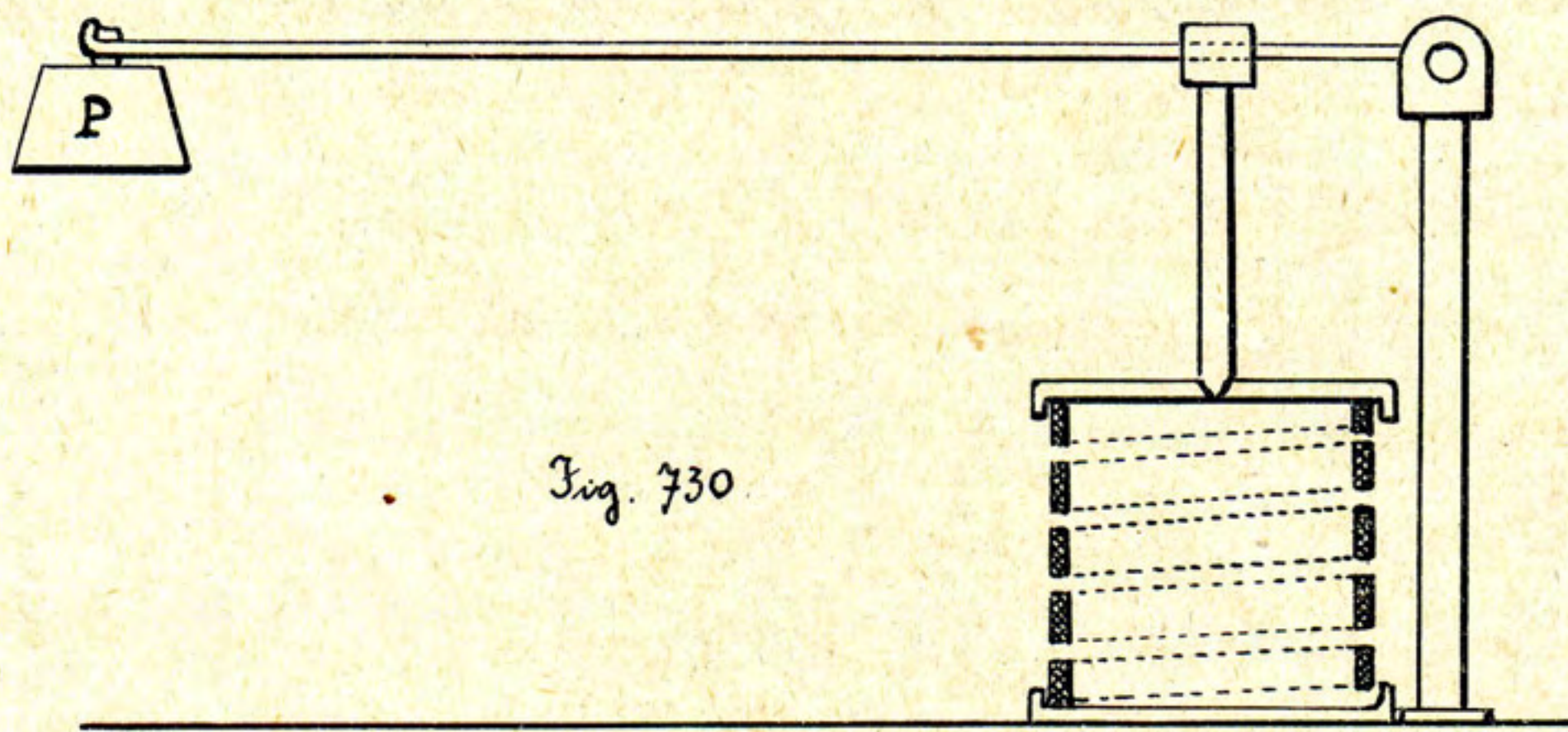


Fig. 730

Buselures de guidage de contre-tige. Ces buselures s'usent normalement vers le bas par le frottement résultant du poids des organes mobiles; au cours du service, on leur fait faire généralement un demi-tour; à la réparation, il faut donc les remplacer, car le jeu provenant de l'usure normale s'accroît de celui occasionné par le recylindrage de la tige;

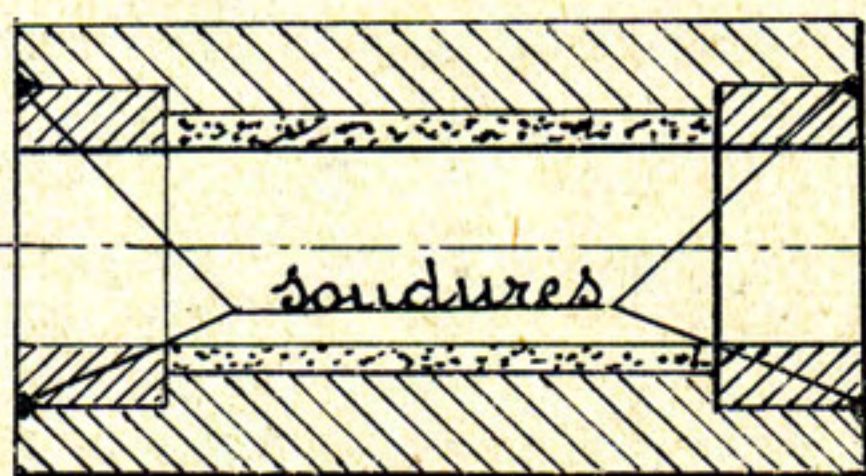


Fig. 731

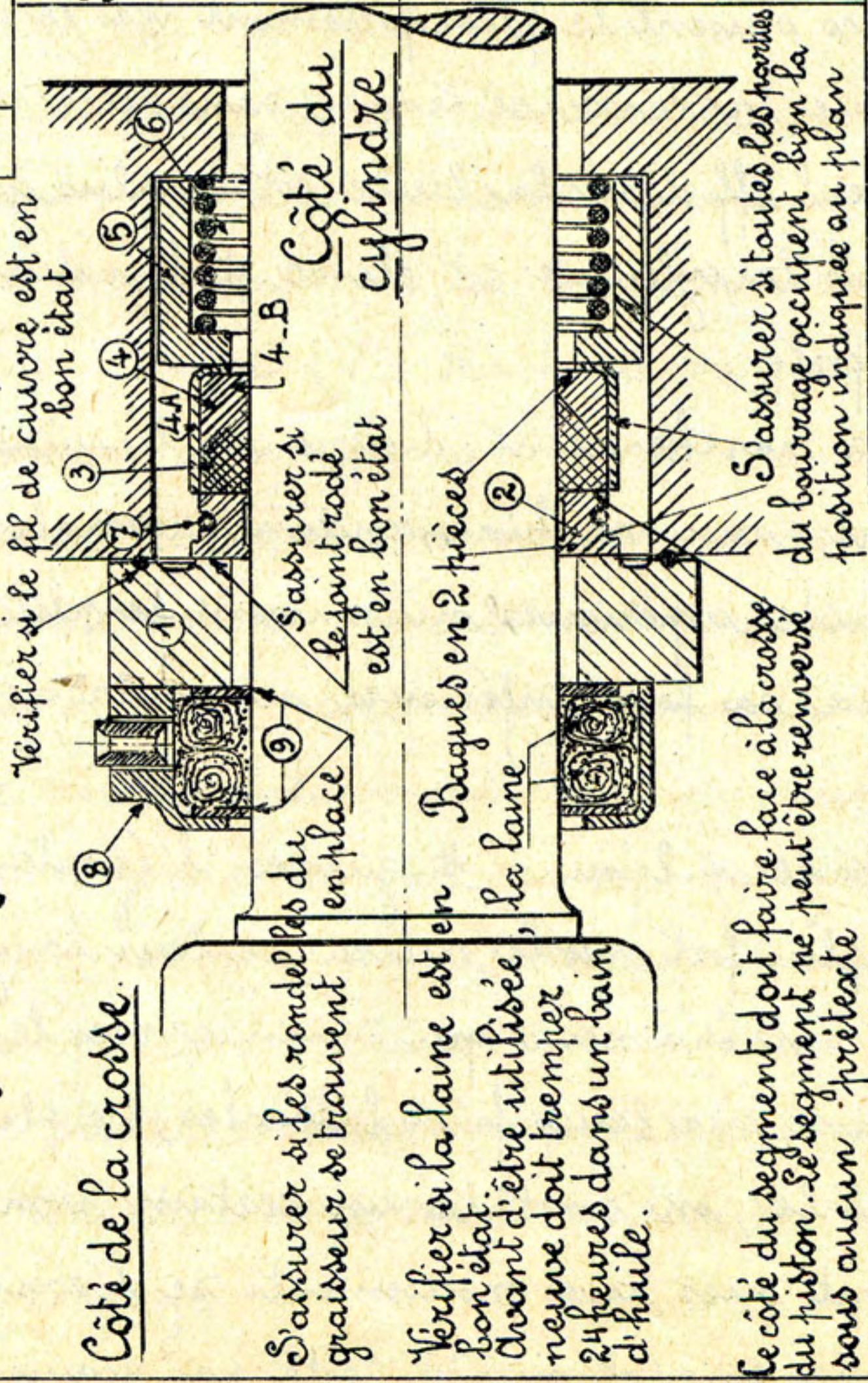
on peut toutefois les réemployer en procédant comme suit: on alèse les deux extrémités (fig. 731) de façon à pouvoir introduire dans chacune d'elles une bague en bronze qu'on fixe par soudure; on garnit de métal blanc la partie comprise entre les bagues, et on alèse le tout au diamètre de la tige; la présence de bagues aux extrémités est nécessaire pour empêcher l'entraînement du métal blanc par laminage du fait du frottement de la tige.

Guidage des contre-tiges des locomotives des chemins de fer belges. La contre-tige n'est pas munie de bourrage; elle est simplement guidée par un fourreau en fonte ou en bronze, garni d'une gaine, fermé à l'avant et s'appliquant contre le plateau de cylindre. Pour éviter la compression de la vapeur qui filtre le long de la contre-tige, la gaine est mise en communication avec le cylindre par un trou de 3 mm.

La contre-tige n'est pas munie de bourrage; elle est simplement guidée par un fourreau en fonte ou en bronze, garni d'une gaine, fermé à l'avant et s'appliquant contre le plateau de cylindre. Pour éviter la compression de la vapeur qui filtre le long de la contre-tige, la gaine est mise en communication avec le cylindre par un trou de 3 mm.

Montage et entretien du bouchage métallique "Crescent"

Bouchage de tige de piston



Côté de la crosse.

S'assurer si les rondelles du graisseur se trouvent en place.
Vérifier si la laine est en bon état. Avant d'être utilisée, la laine neuve doit tremper 24 heures dans un bain d'huile.

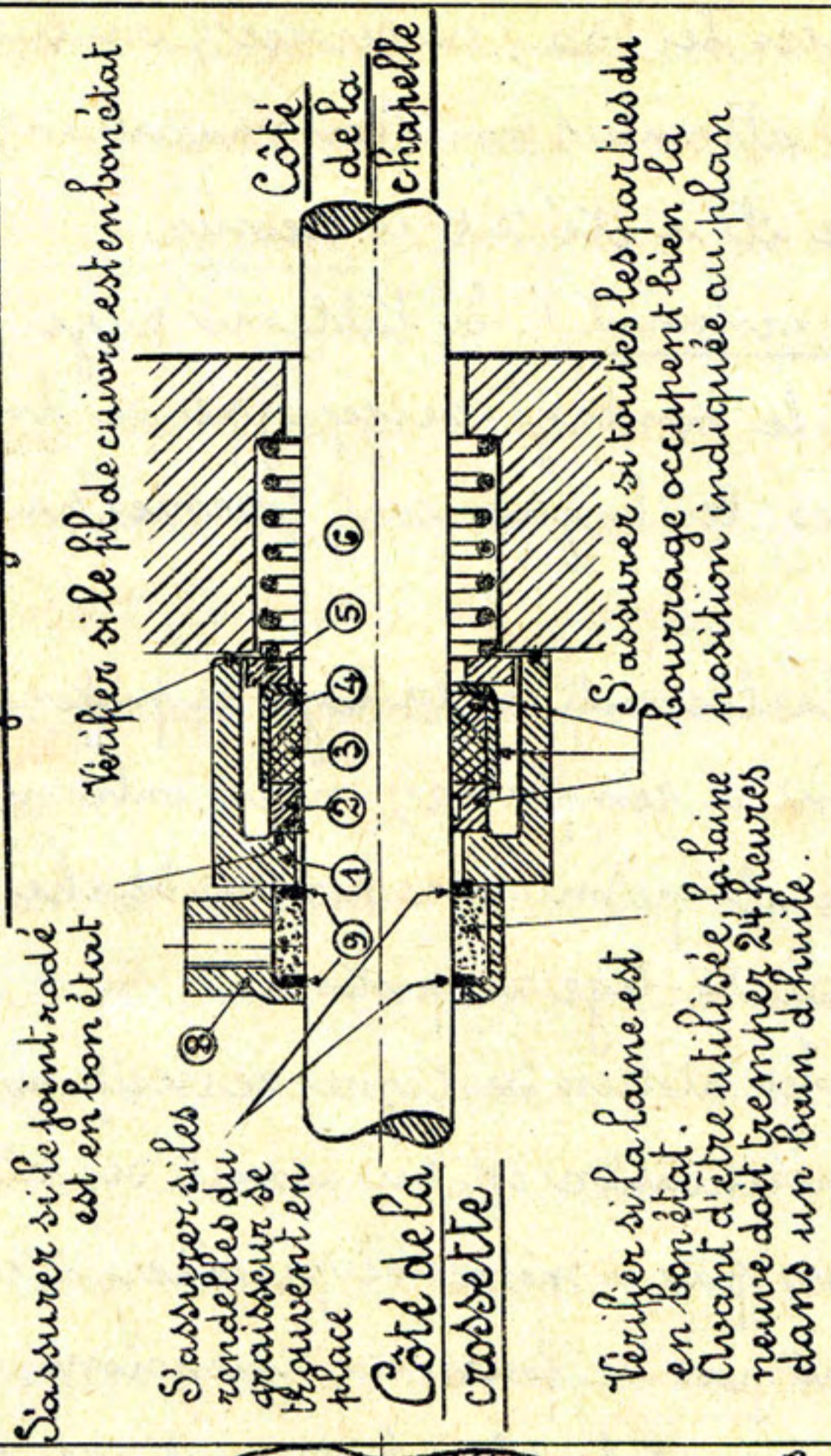
Ce côté du segment doit faire face à la crosse du piston. Le segment ne peut être renversé sous aucun prétexte.

Entretien du bouchage de tige de piston.

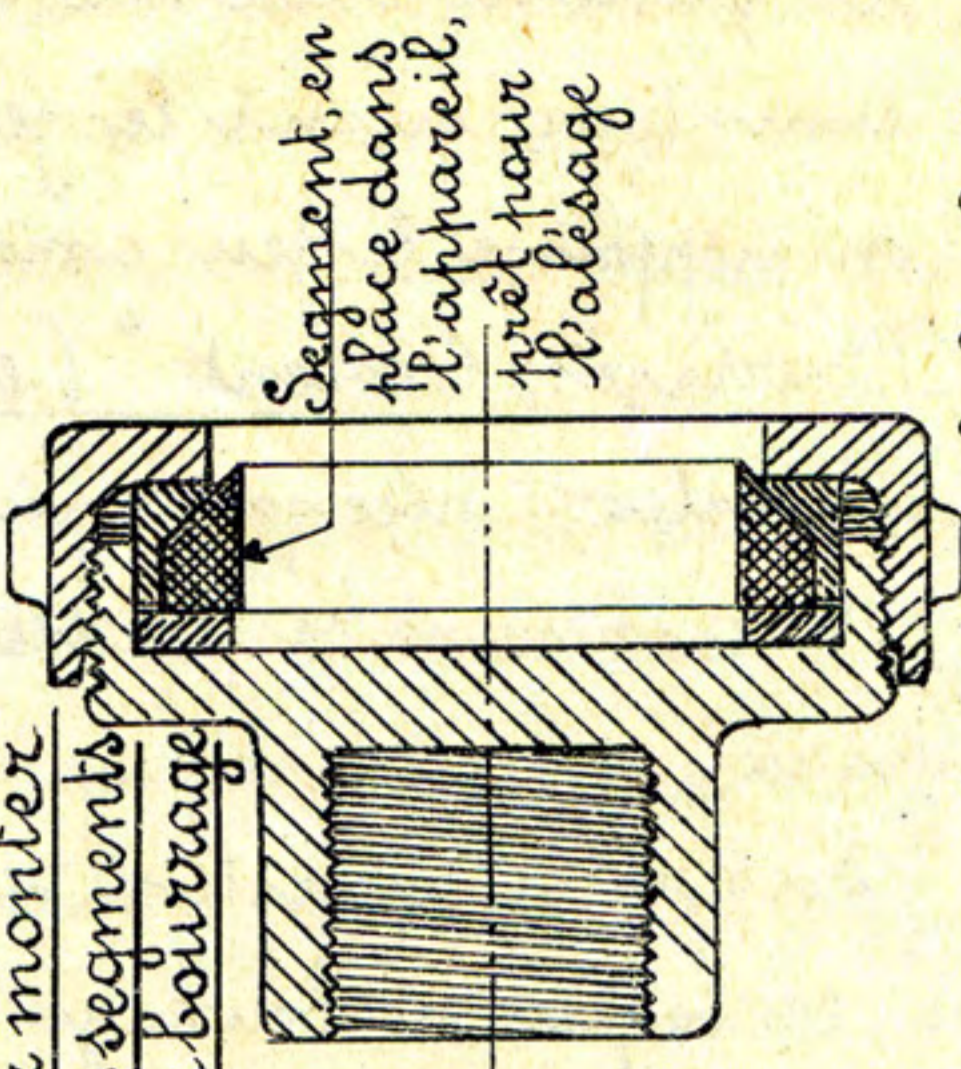
A l'apparition d'une fuite au bouchage, s'assurer que la tige est bien graissée et que la laine du graisseur est bien chargée d'huile.
S'il est nécessaire de retirer le presse-bouchage on en profitera pour vérifier l'état:
1° du fil de cuivre entre le presse-bouchage et la face du couvercle de cylindre;
2° du joint rodé entre le presse-bouchage et son anneau;
3° des segments de garniture.
Un bon graissage est absolument nécessaire pour assurer une longue durée aux segments de garniture.
La laine du graisseur doit être saturée d'huile.
Lorsqu'en cas de fuite, les segments de garniture ont dû être retirés, et, que ceux-ci sont trouvés fissurés ou cassés; il y aura lieu de ne pas les jeter mais de les replacer dans leur position relative, ils continueront à rendre de bons services jusqu'à usure complète.
Les segments de garniture "Crescent" seront alésés au diamètre exact de la tige à laquelle ils doivent être appliqués.
Ils ne peuvent être soumis à aucun travail, et, en aucun cas, être limés ou burinés.

- Nomenclature des pièces
- 1 Plaque presse-bouchage
 - 2 Anneau presse-bouchage
 - 3 Segments de garniture
 - 4 Pièces de retenue comprenant: 4.A. Boîte de retenue 4.B. Bague de retenue
 - 5 Siège du ressort
 - 6 Ressort spiral
 - 7 Ressort de l'anneau presse-bouchage
 - 8 Rondelles du graisseur
 - 9 Rondelles du graisseur

Bouchage de tige de distributeur.



Appareil pour monter sur le tour les segments métalliques du bouchage "Crescent", à aléser.



L'appareil sera ajusté suivant la broche du tour de façon à assurer un centrage parfait.

Ce fourreau s'use aussi vers le bas ; en service, on lui fait faire un demi-tour quand le jeu atteint 1 mm. En réparation, on le remplace ou on supprime le jeu comme il a été dit ci-dessus.

III. - Bourrage "Crescent" (en croissant). Le tableau page 931 donne toutes les indications nécessaires pour le montage de ce type de bourrage.

Aux chemins de fer belges, les bagues sont fournies par les ateliers centraux.

Lors de la réparation de la locomotive, la tige de piston étant recylindrée, les bagues du bourrage sont à remplacer; on les introduit, brutes de coulée, dans un mandrin spécial qu'on vise sur la broche du tour; on les alèse au diamètre exact de la tige de piston.

158. Guides de piston. Les ateliers de ligne ne vérifient pas l'épaisseur de la couche cimentée; cette vérification est du ressort des ateliers centraux. Les premiers ne seraient d'ailleurs pas à même de procéder à une nouvelle cimentation, car ils ne disposent pas de fours de dimensions suffisantes.

Usure des guides. Les guides s'usent le plus fortement vers le milieu de leur longueur; c'est lorsque la crosse se trouve dans cette région que la composante verticale de l'effort de la bielle est la plus grande: à ce moment, la pression dans le cylindre est élevée, et l'inclinaison de la bielle motrice est la plus forte.

On sait que, pour la marche avant, l'effort sur le guide se donne principalement vers le haut; aux machines roulant normalement en avant, ce sont donc les guides supérieurs qui s'usent le plus; si le guide est unique, ce sera sa face inférieure qui subira la plus grande usure.

Dans le cas de montage à 2 ou à 4 guides, l'écartement vertical de ceux-ci, devient donc plus fort vers le milieu de leur longueur; si le guide est unique, c'est son épaisseur qui diminue vers le milieu.

Les guides s'usent aussi sur leurs faces latérales; de plus, sur la face de glissement horizontale, on constate un certain bombement transversal; ces usures sont dues aux mouvements de l'essieu, qui suit les dénivellations de la voie et qui ne reste pas rigoureusement

perpendiculaire au plan d'oscillation de la bielle, ce qui provoque notamment des efforts latéraux dans la crosse et sur les guides.

Vérification des guides. Elle se fait au moment où, pour vérifier l'équarissage du châssis, on a figuré l'axe du cylindre au moyen d'un fil.

1°) On s'inspire des règles de montage indiquées ci-après pour rechercher si les faces latérales et les faces horizontales ne sont pas usées en coin, ou si l'une des faces latérales n'est pas plus usée que l'autre; une telle usure anormale ne pourrait provenir que d'un mauvais montage à la réparation précédente;

2°) On détermine le creux dans le sens vertical, soit en prenant l'écartement vertical des guides (locomotive à 2 ou 4 guides), soit en mesurant les épaisseurs du guide unique; on détermine à l'aide d'une règle les creux éventuels des faces latérales.

Les guides ne sont démontés que si l'on constate les usures anormales indiquées sous 1°) ou si l'on trouve un creux vertical ou latéral de 1/2 mm. au moins.

Rectification des guides. Dans ce cas, le guide démonté est placé sur une machine spéciale, genre raboteuse, dont la traverse porte une meule en émeri animée d'un léger mouvement de va-et-vient latéral.

A défaut d'une telle machine, on peut utiliser avantageusement une raboteuse ordinaire dont l'outil est simplement remplacé par un porte-meule, recevant son mouvement de rotation d'une transmission intermédiaire prévue spécialement pour cet usage.

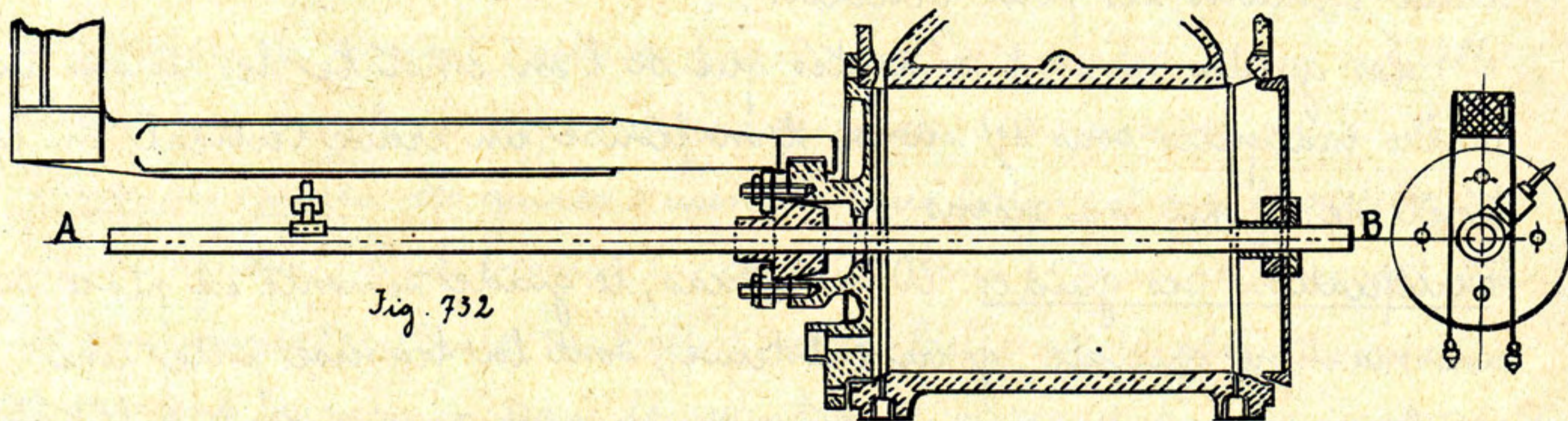
L'emploi d'une rectifieuse universelle ordinaire n'est pas recommandable: le poids relativement élevé du guide (surtout s'il s'agit d'une locomotive à guide unique) se déplaçant avec une table mobile, fatigue la commande, qui n'est pas suffisamment robuste, n'ayant pas été conçue pour ce travail.

On rectifie les faces horizontales et, éventuellement, les faces latérales, en tenant compte des constatations faites lors de la vérification avant démontage.

Remontage des guides. Nous avons déjà dit que le montage doit être

tel que la tige de piston coïncide constamment, dans son mouvement, avec l'axe du cylindre. Si cette condition n'était pas réalisée, il serait difficile, par la suite, la locomotive étant en service, de maintenir l'étanchéité des bouchages; de plus, il en résulterait des frottements anormaux qui produiraient l'usure d'un seul côté, de la tige de piston, des guides et des patins de crosse.

Le montage des guides de piston s'effectue généralement en se rapportant à l'axe du cylindre représenté par un fil tendu à travers celui-ci. Certains ateliers remplacent le fil par un tube de forte épaisseur, parfaitement cylindré, guidé à l'avant du cylindre dans une lunette fixée aux goujons du couvercle, ou centrée par l'emboîtement d'une portée conique dans la partie évasée du cylindre



(fig. 732); à l'arrière, par une bague pénétrant sans jeu dans la boîte à bouchage.

Pour obtenir la coïncidence de la tige de piston avec l'axe du cylindre, les conditions suivantes doivent être réalisées dans le montage des guides :

- 1°) Les faces latérales des guides doivent être parallèles à l'axe du cylindre;
- 2°) Les faces supérieures et inférieures des guides doivent aussi être parallèles à cet axe.

Pour répartir aussi régulièrement que possible l'usure sur les guides, et pour que la transmission de l'effort à la bielle se fasse sans forçage, il faut en outre :

- 3°) Que les faces supérieure et inférieure des guides soient perpendi-

culaires au plan d'oscillation de la bielle motrice, c'est-à-dire qu'elles soient horizontales.

Cas du montage à 2 guides. On monte d'abord le guide inférieur.

On vérifie à l'aide du niveau à bulle d'air, que ce guide est de niveau dans le sens transversal.

On vérifie ensuite à l'aide du compas maître de danse qu'il est parfaitement parallèle à l'axe AB du cylindre. (fig. 733).

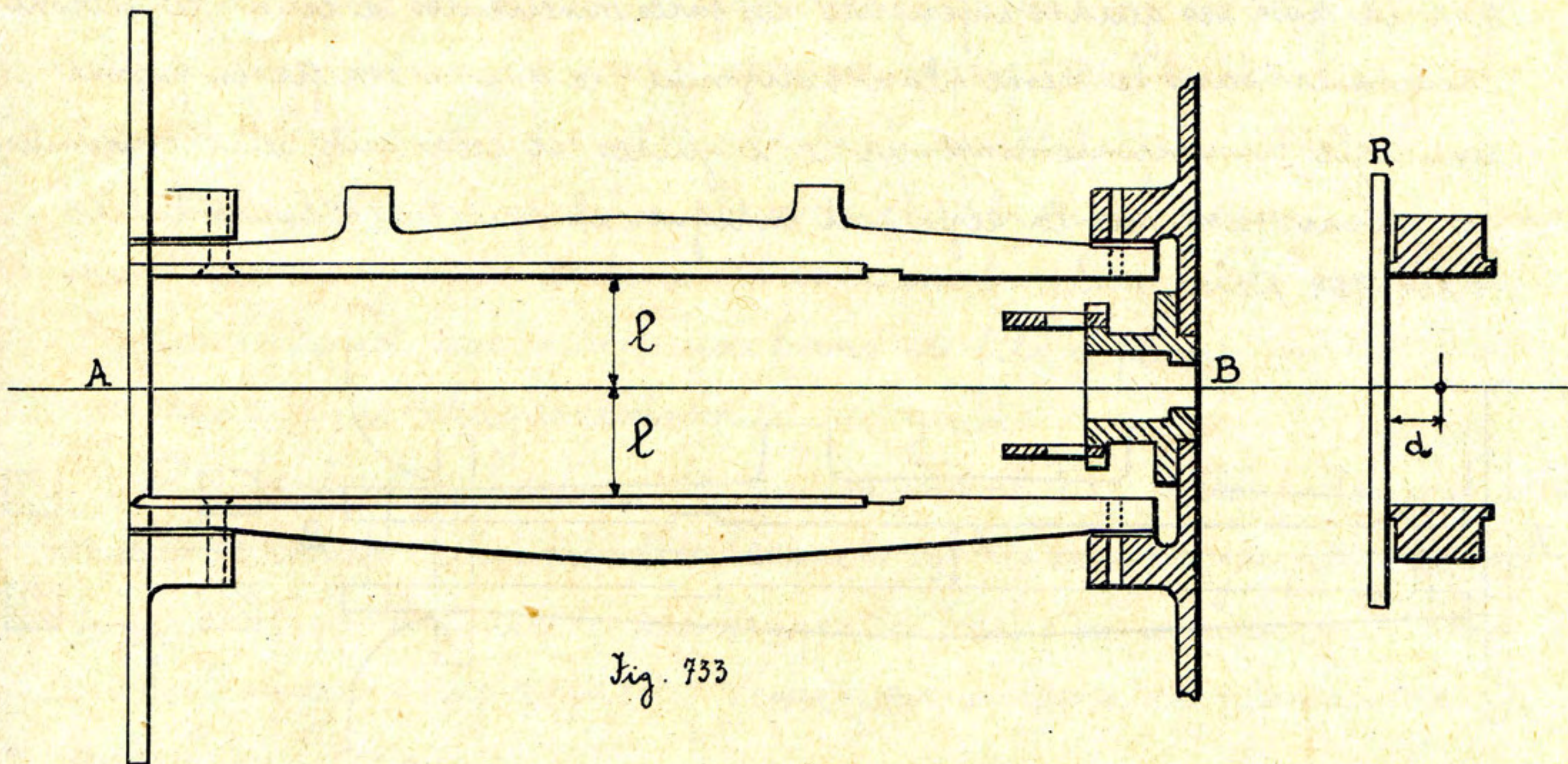


Fig. 733

On s'assure que la distance l à cet axe est celle prévue au plan. Les différences relevées sont rachetées par l'interposition de cales, d'épaisseur appropriée et régulière entre les extrémités du guide et des supports. Si les faces de pose des supports n'étaient pas régulières, on encore s'il était fait emploi de cales d'épaisseur irrégulière, le serrage des boulons de fixation du guide produirait le faussage de celui-ci.

Le guide supérieur est alors placé parallèlement au premier et à la distance convenable du fil, de la même façon que ci-dessus.

C'est alors seulement qu'on s'assure que les 2 guides sont bien parallèles à l'axe du cylindre et que leur plan médian se trouve exactement au-dessus de celui-ci. On applique une règle R sur les faces latérales correspondantes (qui viennent d'être rectifiées) perpendiculairement aux faces horizontales de glissement; on mesure la distance d

entre la règle et l'axe du cylindre, cette règle étant placée à une extrémité des guides, puis présentée à l'autre extrémité. Les distances obtenues doivent être les mêmes.

Plaçant la règle sur les 2 autres faces latérales, les distances de la règle à l'axe du cylindre doivent être les mêmes que celles que l'on vient de trouver.

Cas du montage à 4 guides. Comme dans le cas précédent, on commence par la pose des guides inférieurs. Les faces supérieures de ceux-ci devront se trouver dans le même plan horizontal, ce qui se vérifie en posant une règle transversalement sur les 2 guides, et cela aux deux extrémités; le niveau posé sur la règle doit indiquer chaque fois l'horizontalité (fig. 734).

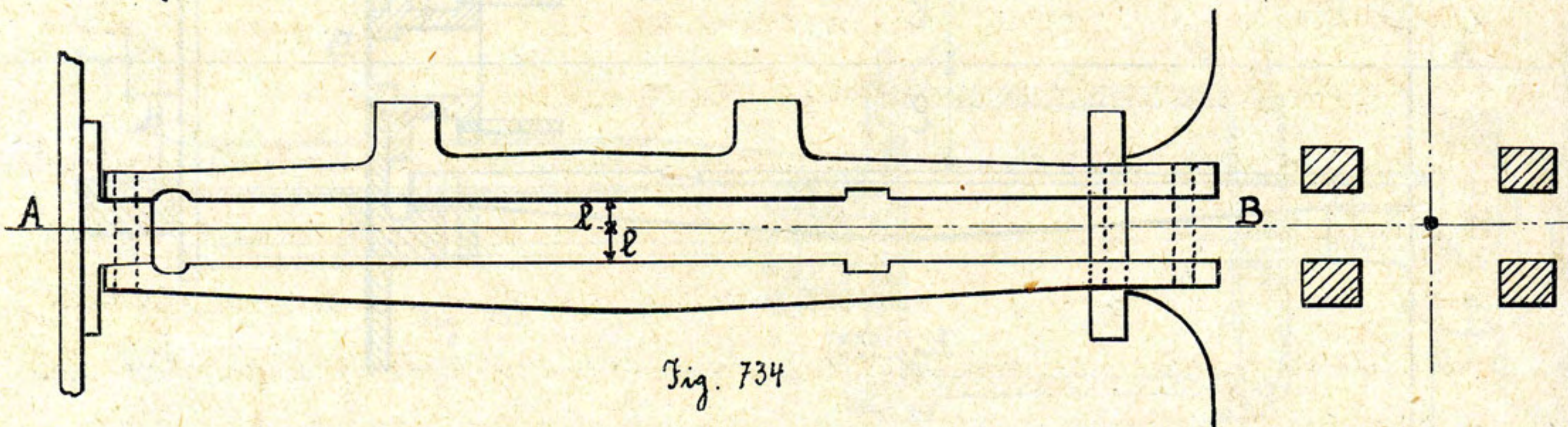


Fig. 734

Rappelons qu'à ce moment, le châssis de la locomotive se trouve de niveau, du moins transversalement.

Les guides doivent se trouver à la même distance l au-dessous du fil d'axe AB, ce qui se vérifie à l'aide de la règle, placée dans les 2 mêmes positions que ci-dessus, et du maître de danse.

On place alors les 2 guides supérieurs parallèlement aux premiers, ce qu'on vérifie à la règle (pour l'horizontalité, il faut que la règle, placée transversalement, soit en contact avec les faces de glissement sur toute leur largeur) et au maître de danse (pour l'écartement vertical).

Enfin, il reste à vérifier si les guides sont bien parallèles à l'axe du cylindre et si ceux de droite sont situés à la même distance de cet axe que ceux de gauche; il suffit pour cela, au point où l'on en est, qu'une règle, appliquée contre les faces internes des deux guides

superposés, 1°) soit également écartée à l'avant et à l'arrière de l'axe du cylindre, 2°) soit également écartée du même axe lorsqu'elle sera posée sur les faces internes des deux autres guides.

Montage à un seul guide. On vérifie d'abord que les faces de glissement supérieure et inférieure sont bien de niveau dans le sens transversal, à l'aide du niveau d'eau. Sa position exacte en hauteur au-dessus du fil représentant l'axe du cylindre, se vérifie au maître-de-danse; si, pour représenter l'axe, on fait usage d'un tube en fer, elle se vérifie au trusquin, comme le montre la fig. 732; les hauteurs doivent être les mêmes aux extrémités avant et arrière.

Enfin, plaçant un fil à plomb à cheval sur le guide, on s'assure que l'axe du cylindre se trouve bien dans le plan médian du guide. Les écarts de cet axe aux deux bords du fil à plomb doivent être les mêmes pour chaque extrémité du guide.

Les boulons de fixation des guides doivent être serrés fortement et munis de contre-écrous contre lesquels on place une goupille à serrage, de façon à éviter le desserrage des écrous en service. Au besoin, on fait usage d'une rondelle d'épaisseur convenable placée entre le guide et l'écrou.

Là où il n'est pas fait usage de contre-écrous, des griffes de sûreté servent à assurer la fixité de l'écrou.

159. Crosse de piston. Le déclavetage se fait ainsi qu'il a été dit à propos de la tige de piston.

Réparation de la crosse. La visite peut déceler les anomalies ci-après:

a) une fissuration de la douille dans le prolongement des mortaises; cette avarie résulte du mode d'assemblage à la tige: le serrage de celle-ci tend à ouvrir la douille. La réparation consiste dans le frettage en bout; on recommande de poser la frette avec un serrage de 1 1/2 mm.; la surface de contact de la frette et de la crosse doit être légèrement conique, et le métal de la crosse doit être rabattu sur tout le pourtour pour former rainure. (fig. 735).

b) le piston de crosse a grippé ou battu dans les deux flasques de

de la crosse, ou bien le logement est ovalisé.

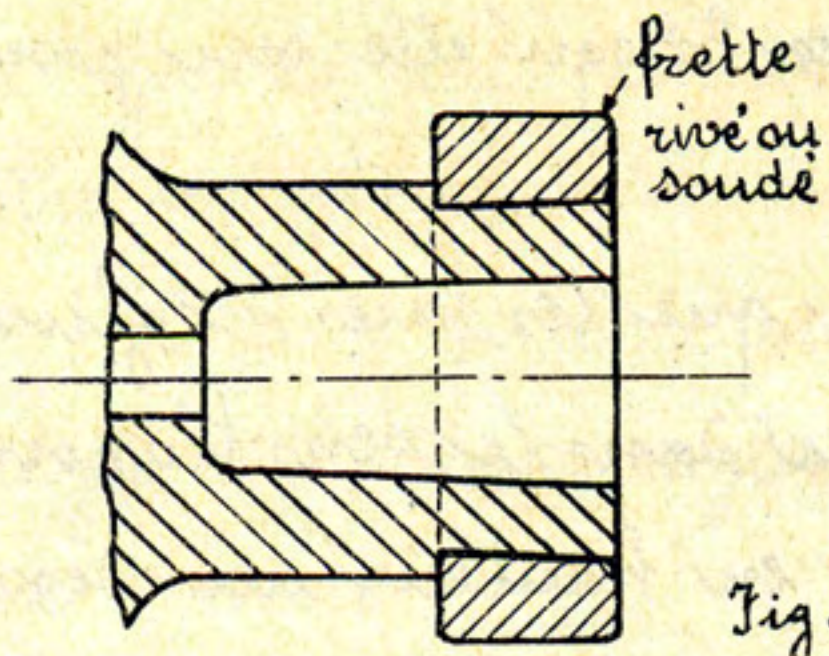


Fig. 735

On rectifie les deux portées coniques de la crosse sur le tour; on on fait le travail à la main, à l'aide de deux fraises de forme montées sur le même axe; l'une des fraises est fixée à demeure sur l'axe; l'autre peut coulisser sur celui-ci, mais tourne avec lui; elles sont maintenues écartées par un ressort de forte section; le réglage du serrage par l'écrin est ainsi facilité; si les deux conicités du logement ont une orientation inverse, le taillant de l'une des fraises est à droite, celui de l'autre, à gauche; si les deux conicités sont orientées dans le même sens, la direction du taillant doit être la même aux deux fraises.

Nous avons dit précédemment que l'axe du pivot de crosse doit être parallèle à l'axe de l'essieu, ou perpendiculaire au plan d'oscillation de la bielle motrice; les faces latérales des guides sont parallèles à ce plan d'oscillation; il en est de même des faces latérales de la crosse, les jones de celle-ci étant d'égale épaisseur sur toute leur longueur; il faut ainsi, en fin de compte, que l'axe du pivot de crosse soit perpendiculaire aux faces latérales de la crosse.

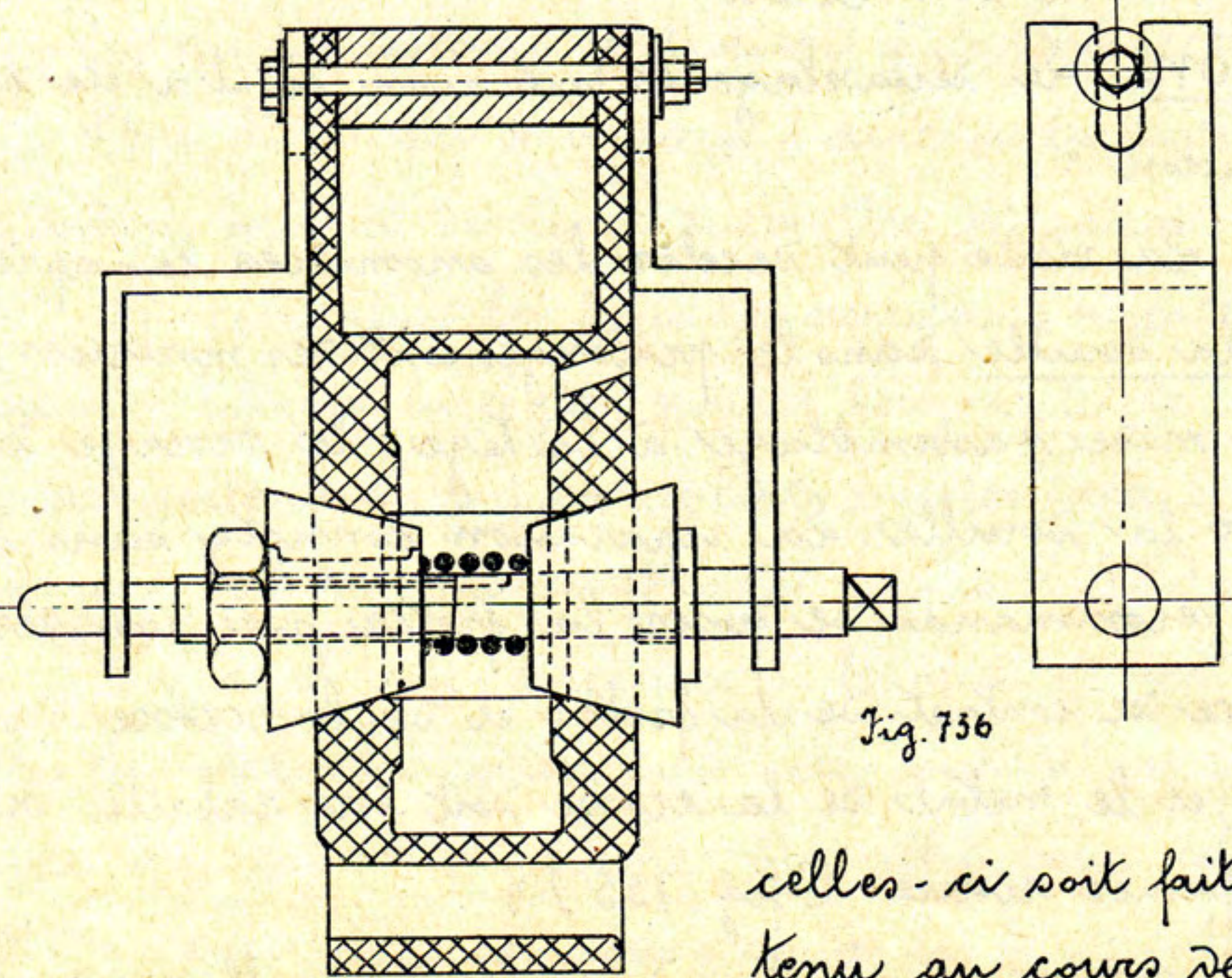


Fig. 736

La rectification du logement du pivot doit être conduite de façon à maintenir cette perpendicularité; lorsque, pour ce travail, on fait usage de fraises, il importe que le montage de celles-ci soit fait correctement et soit maintenu au cours de la rectification; le dis-

positif représenté fig 736 s'applique aux crosses pour guide unique une règle appliquée sur le plat de la fraise, dans deux directions rectangulaires, doit chaque fois se trouver parallèle aux faces latérales de la crosse.

Le pivot est éventuellement rechargé par soudure à l'arc sur ses deux cônes, qui sont ensuite mis à dimensions au tour; la pièce est cimentée et trempée; la partie cylindrique, rendue rugueuse par la cémentation, est rectifiée soit à la machine à rectifier, soit à la meule sur tour. On fait aussi cette rectification alors même qu'on ne recharge pas les cônes, quand on constate que le pivot est légèrement ovalisé.

Il importe que le pivot soit parfaitement ajusté dans sa crosse; aucun jeu ne peut être toléré; le pivot ne peut tourner, il est maintenu en place par un ergot. Le goupillage de l'écrou de fixation devra être fait avec soin afin d'éviter le desserrage de l'écrou en service; un desserrage provoquerait le battage du pivot dans son logement, qui s'ovaliserait rapidement.

Dans les crosses à quatre guides, le pivot est complètement cylindrique et terminé à ses extrémités par des tourillons portant les patins; si la partie en contact avec le coussinet de bielle est ovalisée, on en fait la rectification au tour, à la petite meule; les portées de calage du pivot ne doivent pas être touchées au cours de cette rectification; si le pivot avait du jeu dans ses logements dans la crosse, il devrait être remplacé et les trous dans la crosse seraient rectifiés. Le pivot doit être monté à frottement dur dans les flasques; sa fixation doit être complétée par deux cales.

c) Le bout de la tige de piston a battu légèrement dans son logement, qui présente une surface grippée; cette avarie peut provenir du faussage de la clavette.

Il faut alors rectifier la douille en lui gardant la conicité presue et en ayant soin de maintenir son axe initial; on sait que celui-ci, qui est l'axe de la tige de piston, doit coïncider avec l'axe du cylindre; l'axe de la douille doit donc être parallèle au guide et se trouver dans le plan médian longitudinal de ce dernier; en d'autres termes, on vérifie

ra donc que, sur toute sa longueur, l'axe de la douille est 1° à égale distance des deux faces latérales ($a = a$) et 2° bien parallèle à la surface de pose des appliques ($b = b$) (fig. 737).

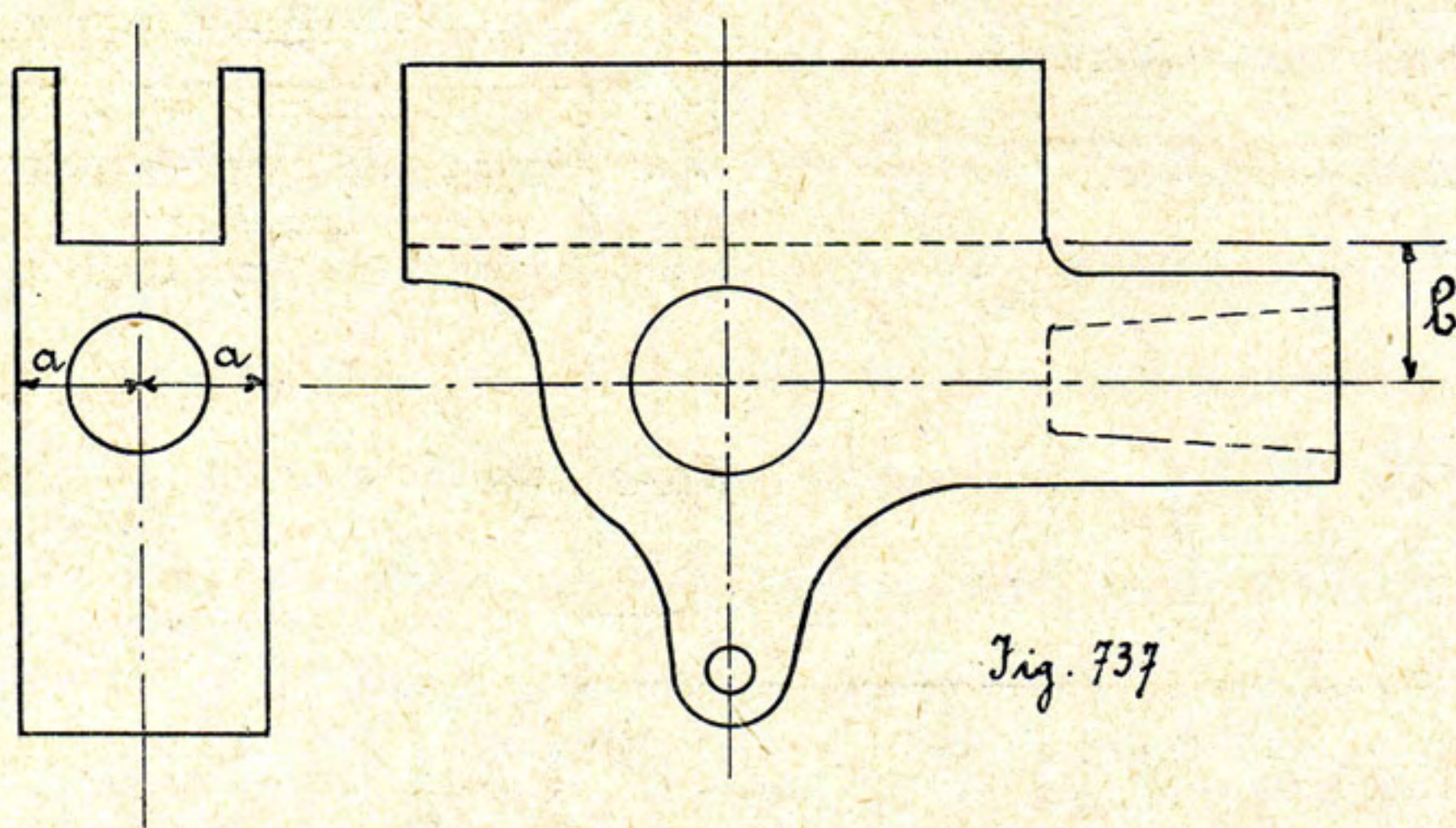


Fig. 737

Il faut, pour ce travail, soigner spécialement le montage sur le tour, car on a affaire à une pièce de forme irrégulière; la fixation sur le plateau du tour se fait au moyen d'une équerre

de montage dont une face est placée contre le plateau; sur l'autre face de l'équerre est appliquée l'une des faces latérales, dressées, de la crosse; on s'assure, au moyen d'une équerre d'ajusteur, placée perpendiculairement à la première, que la face de pose des patins sur la crosse est perpendiculaire au plateau du tour; on réalise ainsi l'égalité des cotes b ; quand la pièce est fixée dans ces conditions, il faut encore que l'axe de la douille se trouve dans l'axe de la poupée, c'est-à-dire que la douille tourne bien rond; on obtient ainsi l'égalité des cotes a (fig. 738)

Quand la pièce revient du tour, l'ajusteur de la brigade de mouvement a soin de s'assurer, comme il est dit ci-dessous, de la correction du travail.

Vérification d'une crosse. Alors même qu'aucune avarie n'est constatée au logement du pivot ni à la douille, il est indispensable de vérifier la correction de leurs axes; cette correction est à la base d'un bon montage du mécanisme moteur.

On place d'abord dans la crosse une fausse tige (fig. 739). On pose une règle en B sur la surface d'appui du patin; on vérifie que $b' = b'$. On la pose ensuite en A sur les faces latérales; on s'assure que, pour les deux extrémités de la fausse tige, $a' = a'$.

On place alors dans la crosse un faux pivot à faces d'about

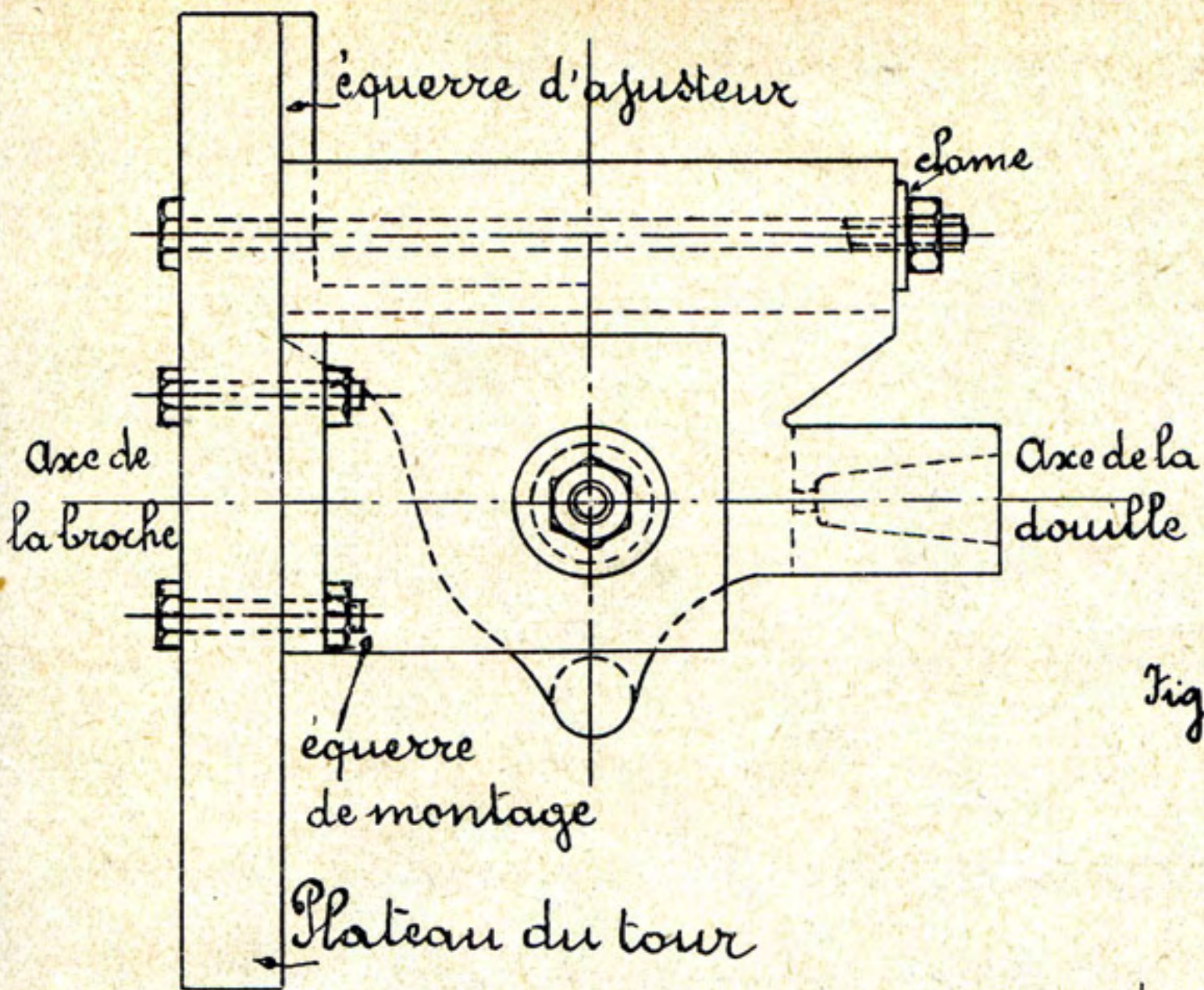


Fig. 738

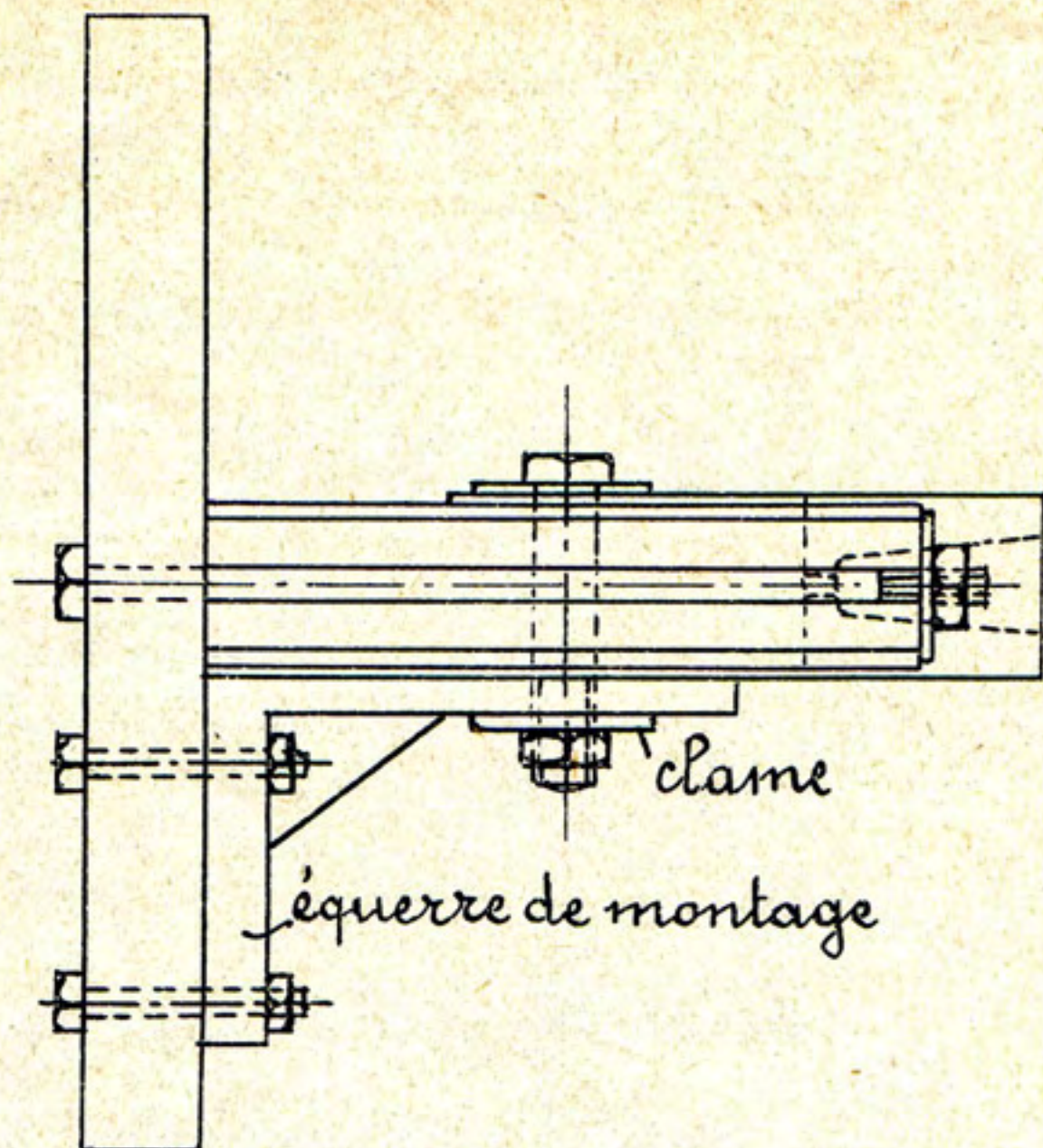


Fig. 739

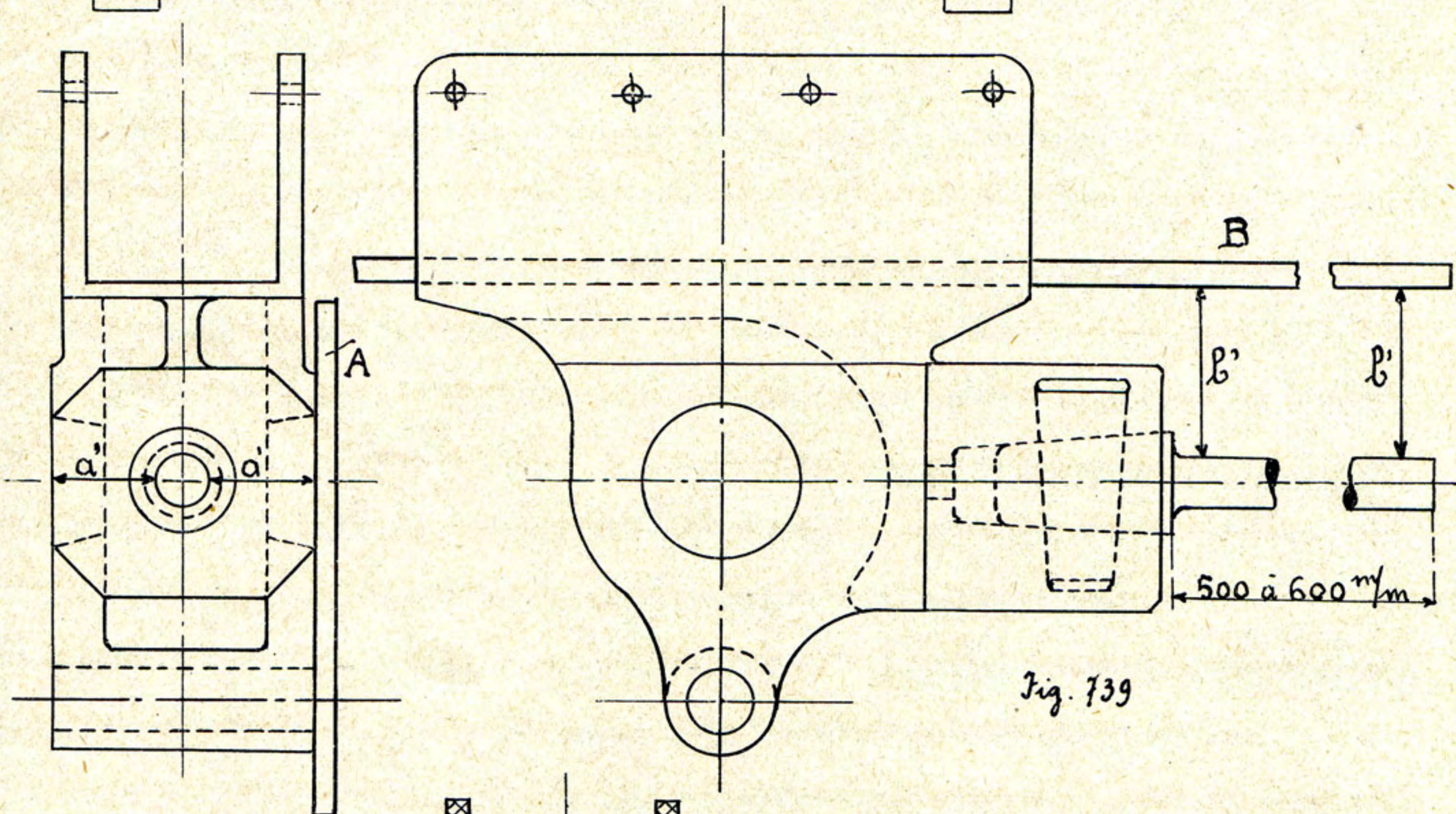
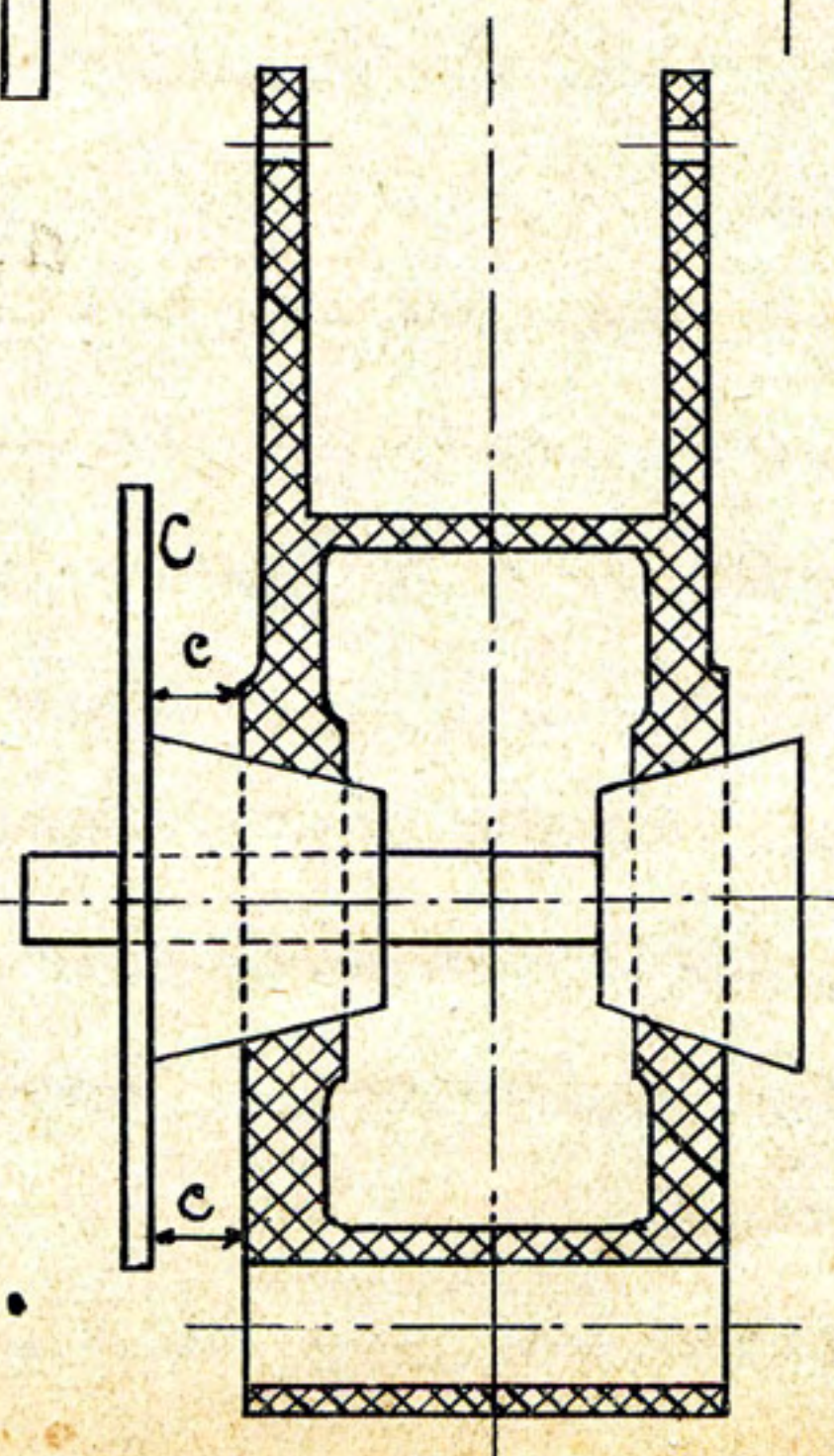


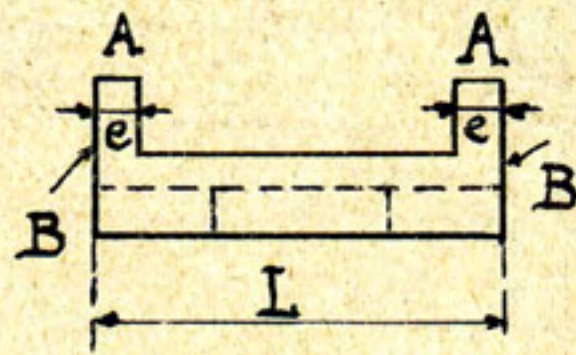
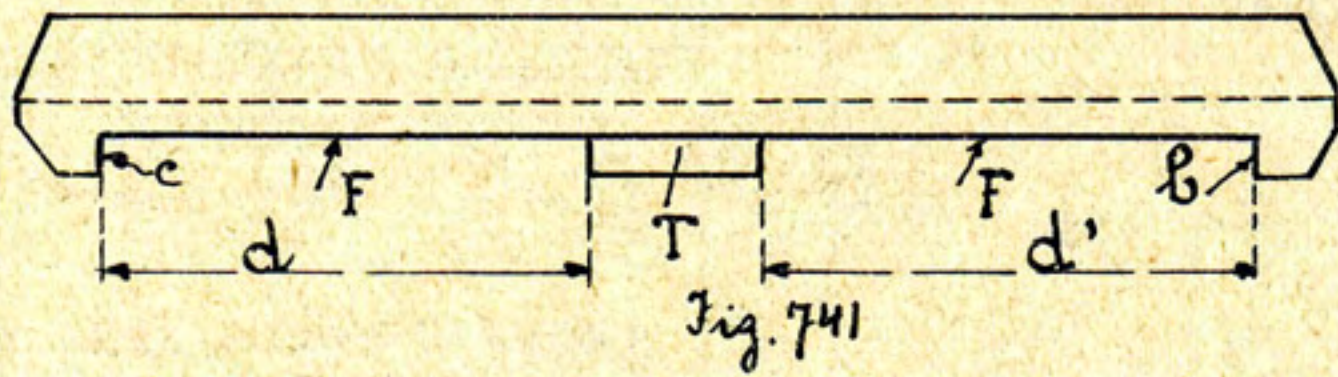
fig. 740



dressées ; on pose la règle en C, suivant deux directions rectangulaires ; les distances c doivent être les mêmes en quatre points (fig. 740).
Remplacement des appliques.
 (patins). 1^{er} cas. Montage à un seul guide. La crosse est munie de 2 appliques en

bronze fixées généralement par simple encastrement ; parfois cependant cette fixation est complétée par des boulons ou des vis dont la tête est noyée dans l'épaisseur de l'applique .

L'ajustage de l'encastrement (bords b et c et tenon T (fig. 741) doit être tout particulièrement soigné pour éviter la pro-



duction rapide de jeu par battage à chaque changement de sens du mouvement ; le rachat de ce jeu, au cours du service de la machine, nécessiterait un travail assez important ; il faut donc faire en sorte, par un ajustage soigné lors de la réparation, que ce jeu ne se produise rapidement.

Le rappel du jeu vertical qui provient de l'usure des patins a lieu, en service, par l'interposition de tôles entre crosse et appliques. Mais en réparation, les appliques sont systématiquement remplacées.

Usinage des appliques neuves. On dresse d'abord les faces A en enlevant le minimum de métal, puis, perpendiculairement à celles-ci, on dresse les faces B de façon que la largeur I de l'applique soit égale à l'écartement des deux ailes de la crosse et que l'épaisseur e des ailes de l'applique soit approximativement la même de chaque côté. Ces travaux se font sur la limeuse, la raboteuse ou la fraiseuse.

L'applique passe ensuite au tour pour l'usinage du tenon T et le surfacage de la face F . L'applique est posée sur le plateau du tour par ses faces A et y est maintenue par des griffes ; le centrage se fait d'après les quatre faces extérieures de l'applique ; le tenon usiné devra avoir une longueur suffisante pour offrir une bonne surface d'appui entre applique et crosse ; cette condition étant réalisée, on doit prendre le minimum de matière lors de l'usinage de la surface F ; celle-ci doit simplement être bien plane et ne doit présenter aucune tache non touchée par l'outil.

Le diamètre du tenon doit être inférieur de $1/10$ mm. à celui de son

logement dans la crosse. L'applique passe alors à la fraiseuse verticale ou à la limeuse pour l'usinage des rebords b et c et le parachèvement de la face F, dont les 4 angles n'ont pu être atteints au tour; les distances d et d' sont celles relevées sur la crosse de part et d'autre du logement du tenon.

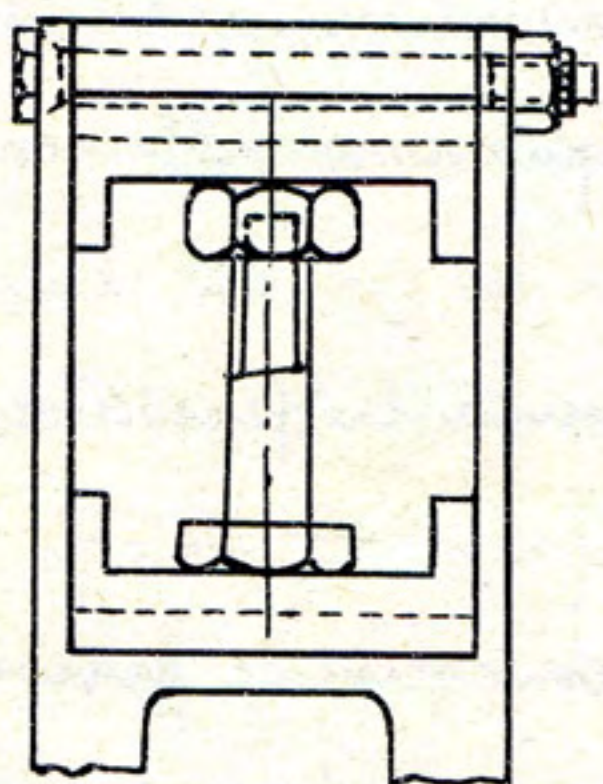


Fig. 742

Les appliques ainsi préparées sont ajustées à leur emplacement respectif; l'entretoise supérieure de la crosse est mise en place et fixée à l'aide des boulons d'assemblage. Pour maintenir les deux appliques en place, en vue du traçage, on se sert de deux boulons (un à chaque extrémité) de longueur convenable (fig. 742); en agissant sur les écrous, on maintient

les appliques serrées sur leurs supports.

On procède alors au traçage des parties frottantes. Le traçage se fait d'après les cotes relevées sur la locomotive et fournies par la brigade de montage, après rectification et remontage du guide. Le fil d'axe du cylindre étant en place pour le remontage du guide (ou pour la vérification, si le démontage n'est pas nécessaire), on a relevé la distance de cet axe à la face inférieure du guide; on a mesuré ensuite l'épaisseur et la largeur du guide; ce sont ces trois mesures qu'on utilise pour le traçage.

On dispose la crosse, renversée, sur la table à tracer; comme, d'une part, la douille de la tige de piston et le logement du pivot de crosse ont leurs axes tous deux parallèles à la surface de pose du patin dans la crosse; et que, d'autre part, cette surface est elle-même, par construction, parallèle à la surface d'appui de la crosse sur la table à tracer, il faudra que ces deux axes soient parallèles à la table, ce qu'on vérifie à l'aide d'une fausse tige et d'un faux pivot. Si une différence était constatée, il faudrait en rechercher la cause.

On procède alors au traçage des parties frottantes des appliques au moyen du trusquin et de l'équerre, d'après les trois cotes dont nous venons de parler. On fait en sorte que les rebords latéraux aient la même épaisseur.

En ce qui concerne les dimensions du guide, on prévoit aux appli-

ques un jeu de 1/4 mm. sur la largeur et sur la hauteur pour parer à l'échauffement éventuel lors du rodage.

L'utilisation de la fausse tige et du faux pivot se justifie, même quand les logements n'ont pas été rectifiés; les axes de ceux-ci peuvent avoir été légèrement déviés antérieurement; l'effet de cette déviation serait que, après montage, les patins de crosse ne s'appliqueraient pas convenablement, sur toute leur surface, contre le guide.

Après usinage des faces tracées, à la limeuse ou à la fraiseuse, il reste à effectuer les travaux suivants :

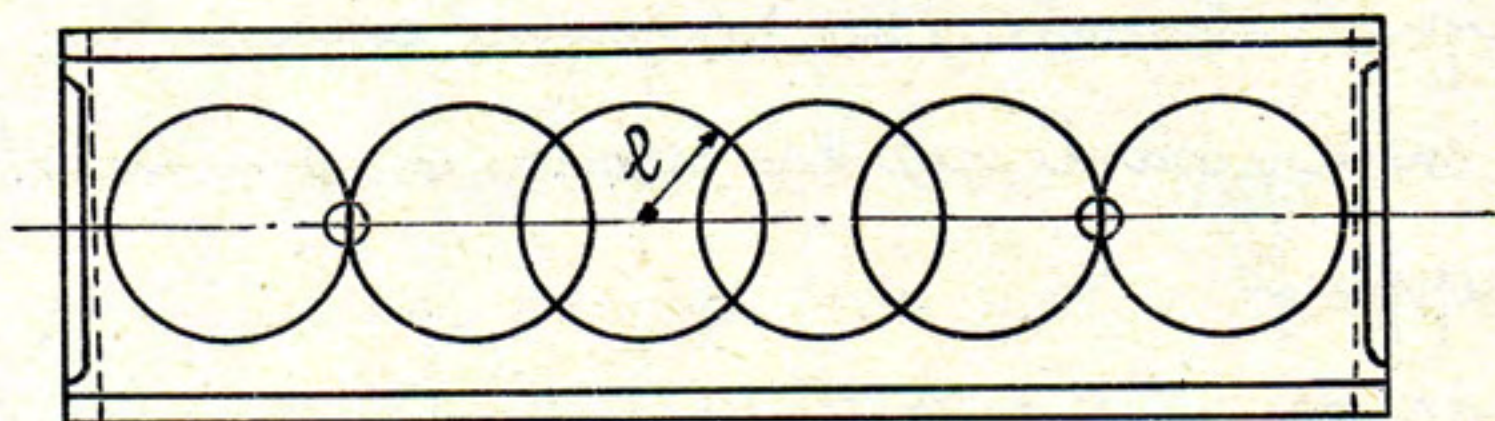
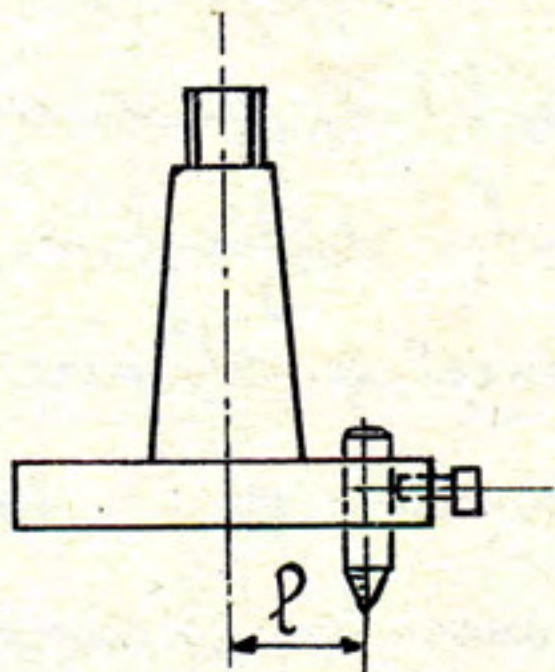


Fig. 743



1°) forage des trous de graissage, qui doivent concorder avec ceux du couvercle de crosse.

2°) confection des pattes d'araignée; on peut effectuer ce travail ra-

pidement à la fraiseuse verticale; on trace au moyen d'un porte-outil spécial (fig. 743) des rainures circulaires, dont deux au moins doivent passer par les trous de graissage;

3°) chanfreinage des deux extrémités du patin,

pour éviter le raclage d'huile; ces chanfreins ne peuvent évidemment atteindre les cercles extrêmes; il est bon, dans le même but, de donner un léger coup de lime pour rabattre les arêtes des cercles de graissage.

2^a cas. Montage à deux guides. La crosse est généralement munie de deux patins, d'assez forte épaisseur, en fonte, pourvus chacun d'un trou cylindrique, dans lequel vient s'introduire le tenon de la crosse; c'est le seul encastrement qui relie le patin à la crosse.

Le rappel du jeu, au cours du service, se fait, comme dans le cas précédent, par l'interposition de tôles entre les patins et la crosse.

Lors de la réparation de la locomotive, on pourrait à la rigueur maintenir ces tôles, en raison de l'épaisseur plus forte des patins en fonte, à condition cependant que cette épaisseur n'ait pas été trop affaiblie par l'usure (la résistance deviendrait alors insuffisante) et que

le jeu latéral entre coulisseau et guide ne soit pas trop sensible. Dans l'estimation de l'importance du jeu latéral admissible, on doit tenir compte du mode de confection du bourrage; on peut admettre un chiffre plus fort avec le bourrage en corde d'amiante, surtout si le piston n'est pas muni de contre-tige.

Nous ne sommes pas partisans de reprendre le jeu par recharge de métal blanc; celui-ci adhère moins bien à la fonte qu'au bronze; d'ailleurs, il se détache facilement sous les chocs qui se produisent en service dès qu'il y a un peu de jeu dans les guides. Dans les cas où les tôles ne peuvent être maintenues, nous estimons qu'il convient de remplacer les patins; ce sont des pièces en fonte peu compliquées et par conséquent peu coûteuses.

Usinage des patins neufs. Cet usinage comporte les opérations ci-après:

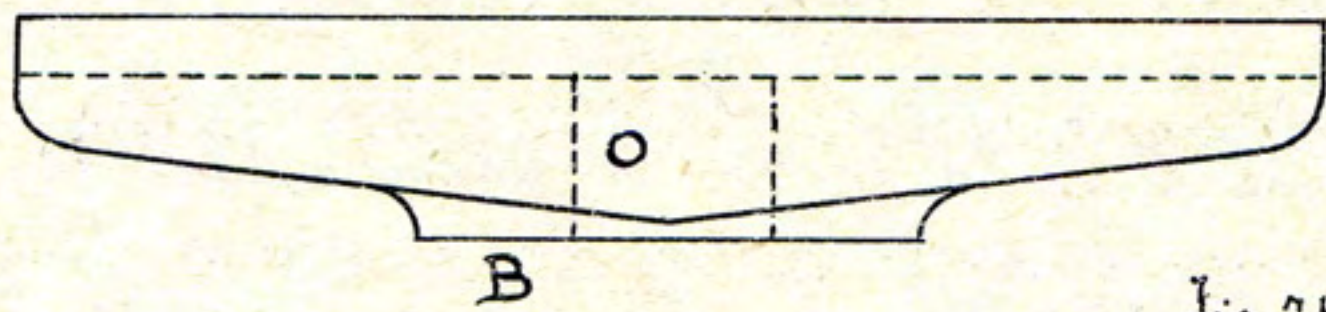
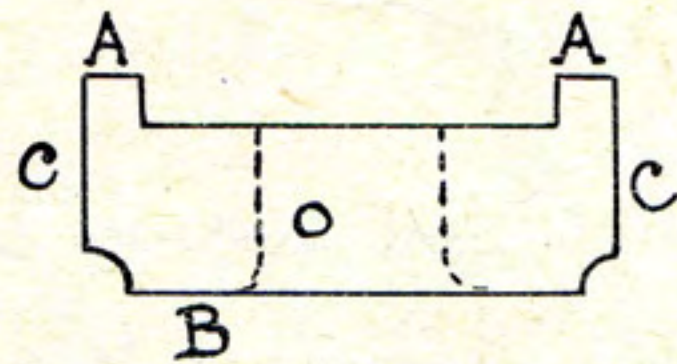


Fig. 744



1) dressage, à la lime ou à la raboteuse,

des faces A (fig. 744); en même temps, pour ne pas les laisser brutes, on prend une légère passe sur les faces latérales C;

2) dressage au tour de la face B et alésage du trou O; l'alésage doit être tel que le pivot y pénètre à frottement dur;

3) traçage des faces glissantes, les patins étant montés à frottement dur sur la crosse; cette opération s'inspire de ce que nous avons dit à propos du guide unique;

4) usinage de ces faces;

5) forage des trous de graissage, confection des pattes d'araignée, chanfreinage des extrémités.

3^e cas. Montage à quatre guides. On rencontre deux types de crosse: celles qui sont fixées par douille et clavette sur le cône de la tige de piston (fig. 745) et celles venues de forge avec cette tige (fig. 746).

Les coulisseaux, toujours en fonte, affectent l'une des deux formes

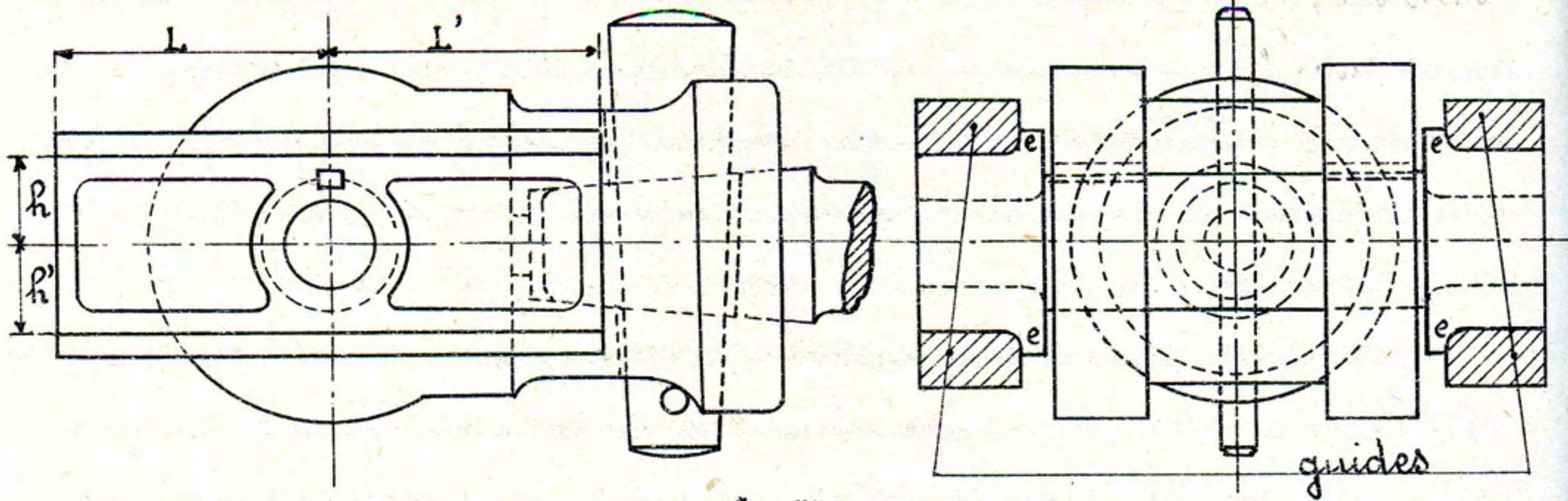


Fig. 745

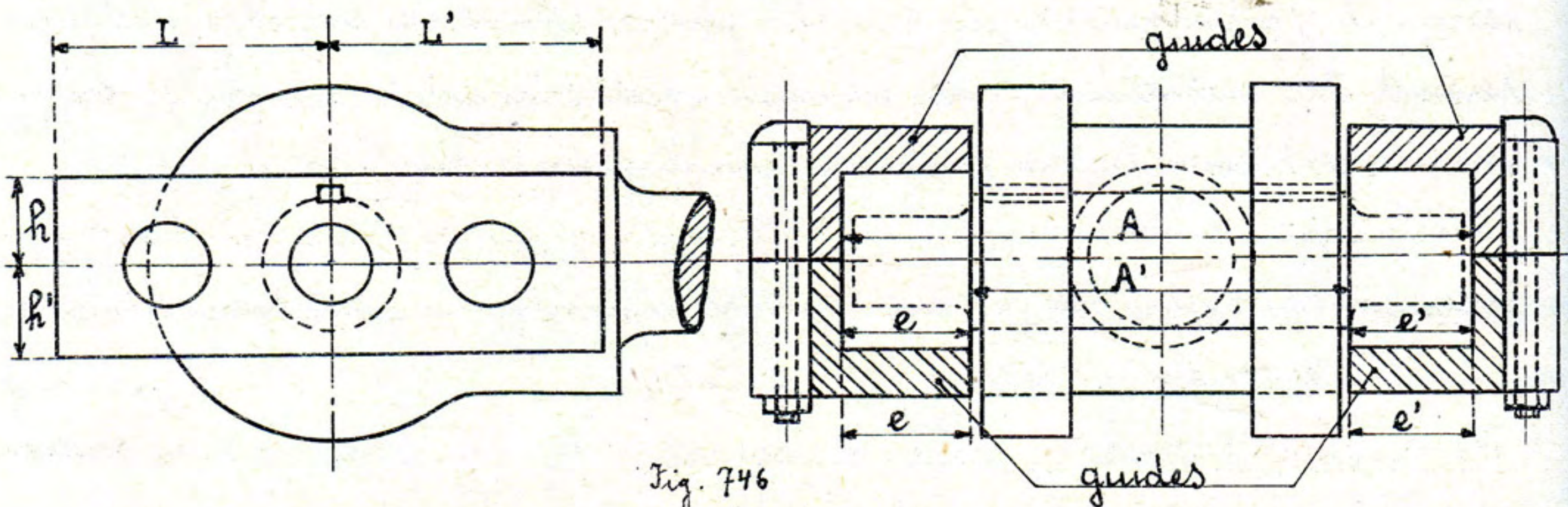


Fig. 746

représentées; ils sont disposés latéralement à la crosse et retenus par les deux manivelles qui terminent le pivot de crosse.

Dans le premier type, les coulisseaux doivent être munis de rebords e pour limiter le déplacement latéral; les guides sont en acier.

Dans le second type, le déplacement latéral est limité par le fond du creux en Γ que forme chaque couple de guides; ceux-ci sont en fonte.

Quand les pistons moteurs reposent sur le fond du cylindre, le montage des coulisseaux sur les manivelles doit se faire sans jeu, mais à frottement doux; dans ce cas, en effet, la direction de la tige n'est pas, en cours de service, maintenue rigoureusement dans l'axe du cylindre, par suite notamment de l'usure des cercles de piston et des bouchages, et la crosse doit pouvoir s'incliner légèrement par rapport aux coulisseaux; en d'autres termes, le manivelle doit pouvoir tourner légèrement dans son logement.

Au contraire, avec les pistons flottants, c'est-à-dire munis de

contretiges, il n'est pas nécessaire que le tourillon tourne dans son logement creusé dans le coulisseau; il est désirable, par contre, au point de vue de l'usure, qu'il soit calé dans son logement; c'est pourquoi, dans ce cas, le coulisseau est monté à frottement très dur sur l'axe de la crosse.

Dans le premier montage, représenté fig. 745, on interpose entre les guides et leurs supports des tôles de 3/4 mm. jusqu'à obtenir un tirage de 3 à 4 mm. Le retrait du jeu qui s'est produit entre guides et coulisseaux s'effectue donc, lors de la réparation, en enlevant les épaisseurs nécessaires. Les coulisseaux ne se remplacent pas quand il n'y a pas de jeu latéral; on se borne à redresser la partie frottante tant aux guides qu'aux coulisseaux; dans le cas contraire, ceux-ci sont remplacés.

Dans le second montage, la suppression du jeu des coulisseaux dans leurs guides n'est pas possible; les coulisseaux, pièces d'ailleurs peu coûteuses, doivent être remplacés à chaque réparation.

Remplacement des coulisseaux. L'usinage de ces pièces ne présente aucune difficulté; il suffit de respecter les règles ci-après:

- 1) le montage des guides ayant été fait comme il a été indiqué précédemment, le centre d'alésage du logement du tourillon se trouve exactement au milieu du coulisseau: $h = h'$; $L = L'$; l'axe d'alésage doit être perpendiculaire à la direction du glissement;
- 2) la largeur des épaulements e (premier montage) doit être la même pour les deux coulisseaux d'une même crosse; la crosse, munie de ses coulisseaux doit avoir un jeu latéral maximum de 1/2 mm. dans ses guides.

Dans le second type, c'est la largeur l du coulisseau qui sera déterminée pour obtenir ce même jeu; on se guidera sur l'écartement A des faces internes des guides et la longueur A' du pivot de crosse, tourillons non compris. A noter que, dans ce type, l'extrémité des tourillons doit être en retrait de 2 mm. environ sur la face externe du coulisseau, afin qu'il ne puisse venir frotter sur la surface verticale du guide;

- 3) les extrémités avant et arrière des parties frottantes des coulisseaux doivent être chanfreinées pour éviter le raclage de l'huile.

Les surfaces frottantes des coulisseaux du premier type (en fonte, avec guides en acier) sont garnis avantageusement de macarons en métal blanc (trous de 18 à 20 mm. de diamètre sur 10 à 12 mm. de profondeur); dans ceux du second type, les trous sont simplement garnis de laine qui, s'imbibant d'huile, constitue une réserve de graissage.

160. Bielle motrice. La bielle motrice, avons-nous dit, doit osciller sans forçage, dans un plan passant par l'axe du cylindre et perpendiculaire à l'axe de l'essieu. Sa section doit être symétrique par rapport à ce plan d'oscillation; le plan de symétrie doit être le plan médian commun du coussinet et du tourillon.

La direction de l'axe de l'essieu sera représentée, dans la bielle, par les axes d'alésage des coussinets; cet alésage se faisant avec machines-outils, perpendiculairement aux faces latérales des têtes de bielles, ces faces seront parallèles au plan d'oscillation et c'est de ces faces, rendues préalablement correctes, qu'on partira pour effectuer la réparation de la bielle.

Les coussinets s'usent par frottement sur les tourillons et se battent dans leur chape qui, elle aussi, se déforme.

A. - Bielles à têtes fermées. Vérification de la bielle. Les faces des têtes doivent être parfaitement parallèles entre elles et la bielle doit être symétrique par rapport à un plan médian, parallèle à ces faces. On vérifie que ces conditions sont réalisées à l'aide de règles, en deux opérations, comme l'indiquent les figures 747 et 748.

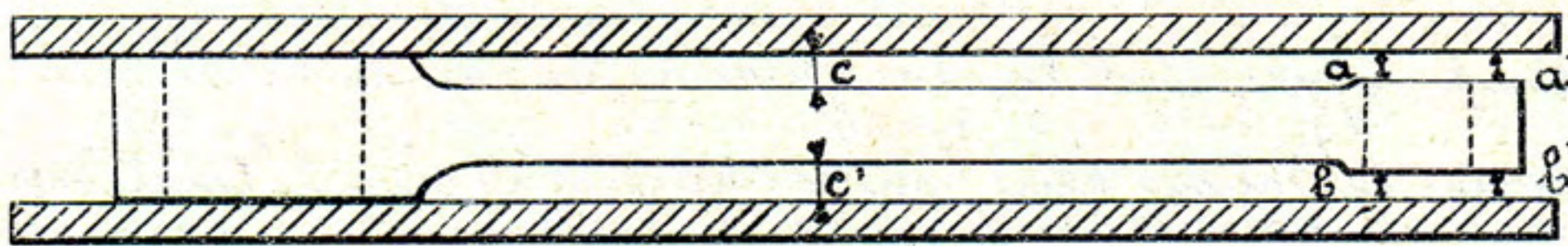


Fig. 747

1°) les règles étant appliquées dans le plan médian de la bielle, sur

les faces latérales de la grosse tête, on devra avoir: $a = a' = b = b'$; $c = c'$ (fig. 747).

2°) les règles étant posées transversalement sur chacune des têtes, on se rend compte en visant la 2^e règle par-dessus la 1^{ère} que les plans supérieurs de ces règles sont parallèles; on s'assure de la même façon que le

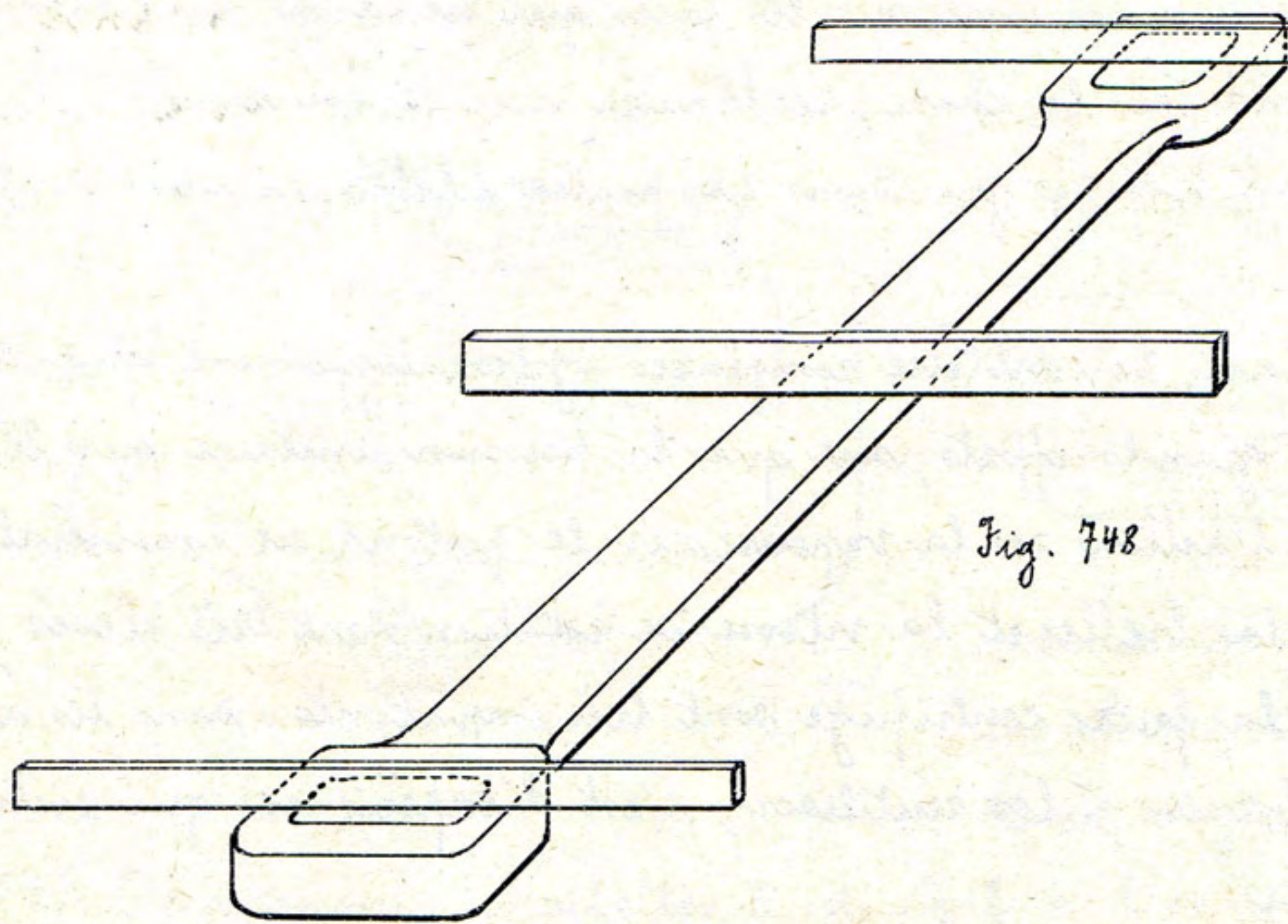


Fig. 748

corps
de bielle
n'est

pas tordu en plaçant
la 2^e règle sur celui-
ci (fig. 748).

Mise en ordre de la
bielle. Lorsque les
cousinets ont battu
latéralement, l'em-
preinte des ailettes est

parfois fortement marquée sur les faces latérales des têtes de bielles (partie hachurée de la fig. 749). On rachète ces

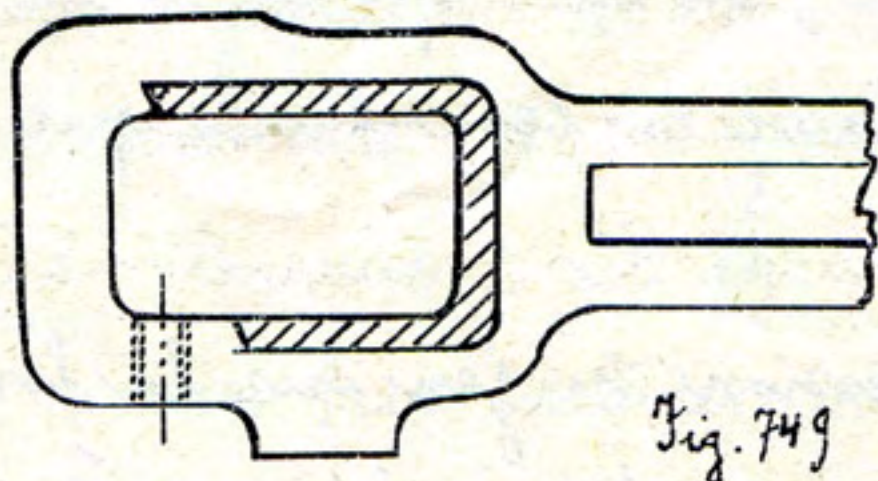


Fig. 749

empreintes à la soudure électrique ; les
faces rechargées doivent alors être redressées,
à la limeuse ou à la fraiseuse, d'après
les parties environnantes, en même temps

qu'on fait la rectification des faces internes de la chape, dont nous
allons parler.

Ces faces internes ont été battues par leur contact avec les cousinets
et avec le coin ; on doit les rétablir parfaitement équarries entre elles et
avec les faces latérales des têtes.

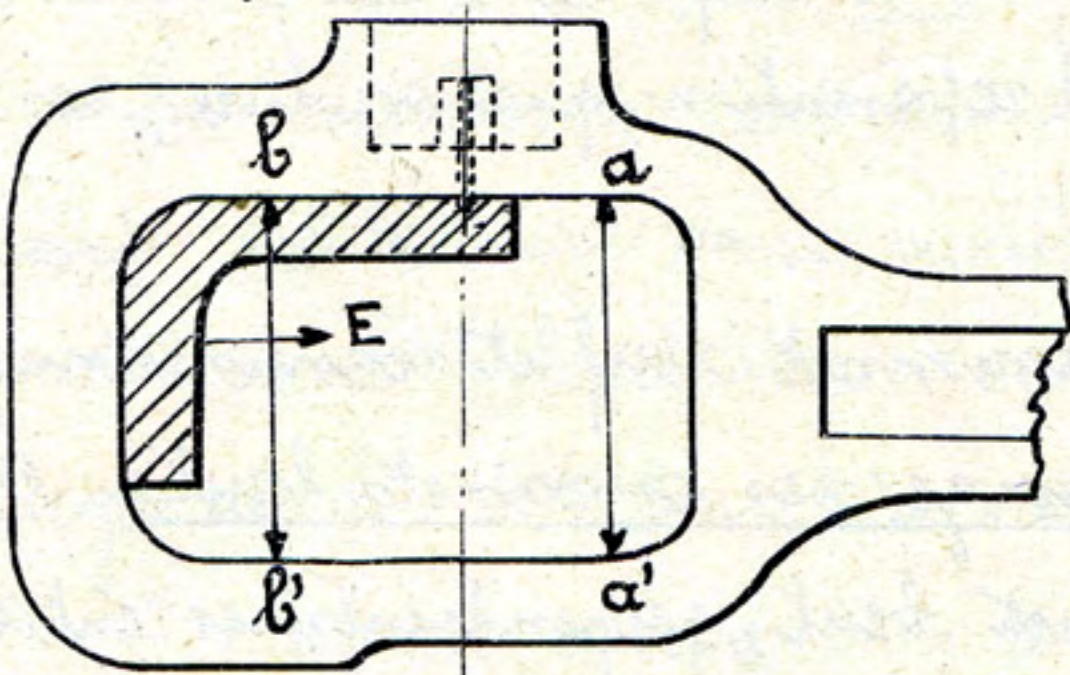


Fig. 750

Les coins de la cage étant arrondis,
on fait usage d'une équerre spéciale
E pour vérifier la perpendicularité
des faces internes. On examine, au
compas, si les distances a a', b b' sont
égales (fig. 750). On emploie une
équerre à chapeau T pour exami-
ner leur position vis-à-vis des faces
latérales de la tête (fig. 751).

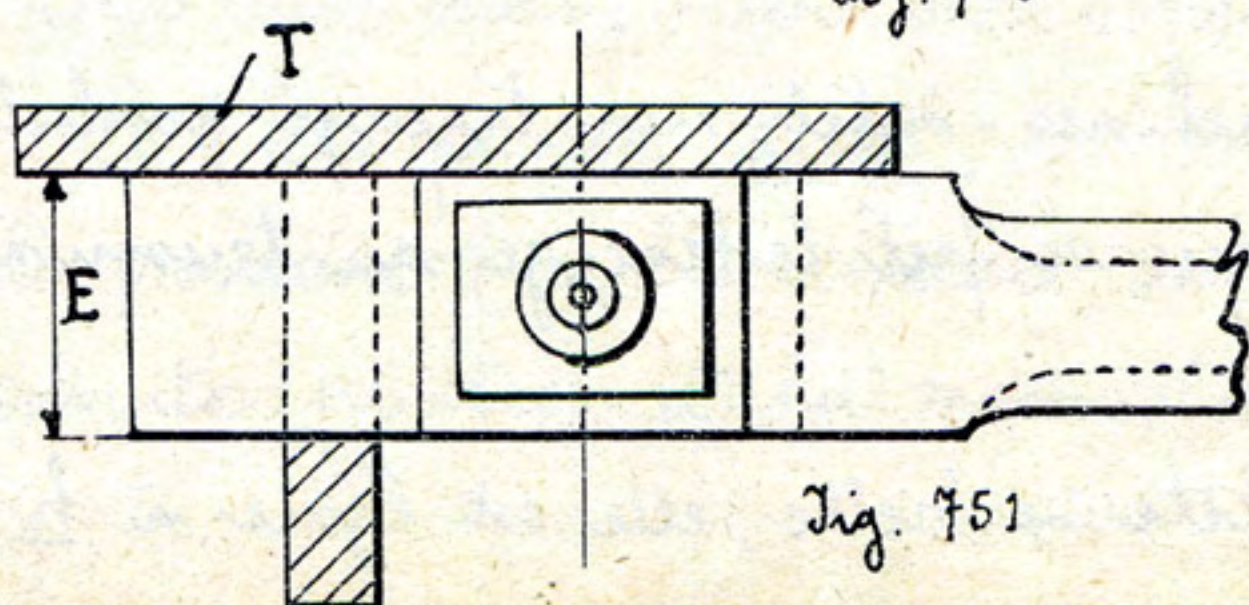


Fig. 751

Mise en ordre des coins. Eventuelle

ment le coin est réajusté à la lime sur les faces qui viendront en contact, d'une part avec le fond de la chape, de l'autre avec le coussinet.

Les vis présentant trop de jeu dans la partie fileté du coin sont remplacées.

Coussinets. Les coussinets doivent être remplacés systématiquement quand ils sont exposés à de grands efforts, soit que la pression unitaire sur le tourillon, du fait de l'action de la vapeur sur le piston, est considérable; soit que le poids de la bielle et la vitesse de rotation sont très élevés et qu'ainsi les effets de la force centrifuge sont très importants; dans les autres cas, on peut se borner à les réutiliser; c'est l'expérience qui dicte la solution adéquate.

Réutilisation des coussinets. Elle comporte les opérations ci-après :

1°) recharge des coupes à la soudure autogène; on sait qu'au cours du service de la machine, c'est en prenant une passe en ces endroits que le jeu sur le tourillon a été racheté.

2°) recharge des faces latérales pour la suppression du jeu sur la longueur du tourillon; le métal blanc ne convient pas pour cette recharge; il se détache trop facilement sous les chocs; on emploie donc la soudure autogène.

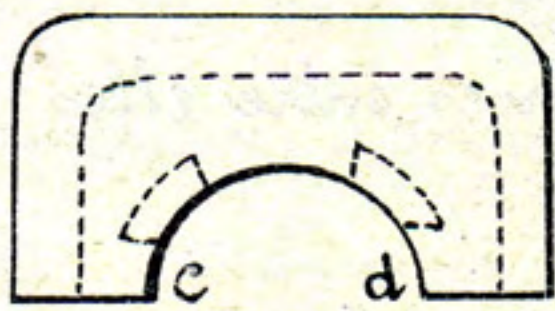
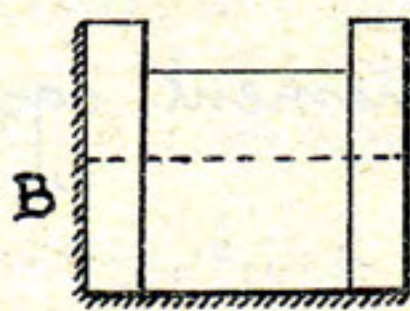


Fig. 752



A Fig. 753

3°) recharge de l'une des faces entre ailettes pour rachat du jeu vertical dans la chape.

4°) reformation, par soudure, des barrettes,

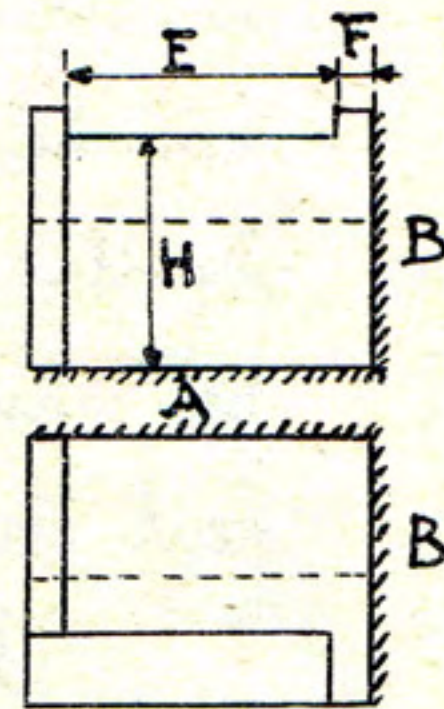
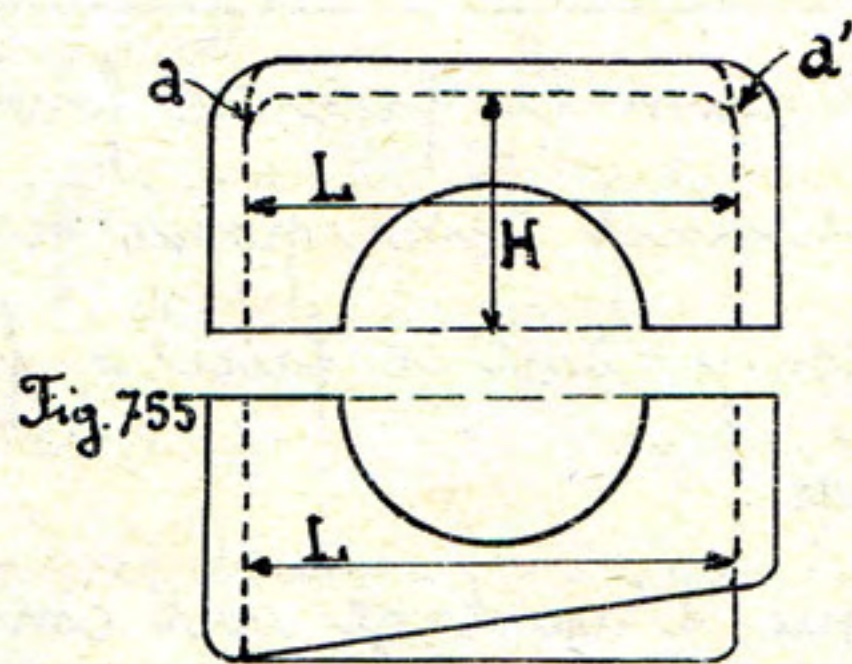
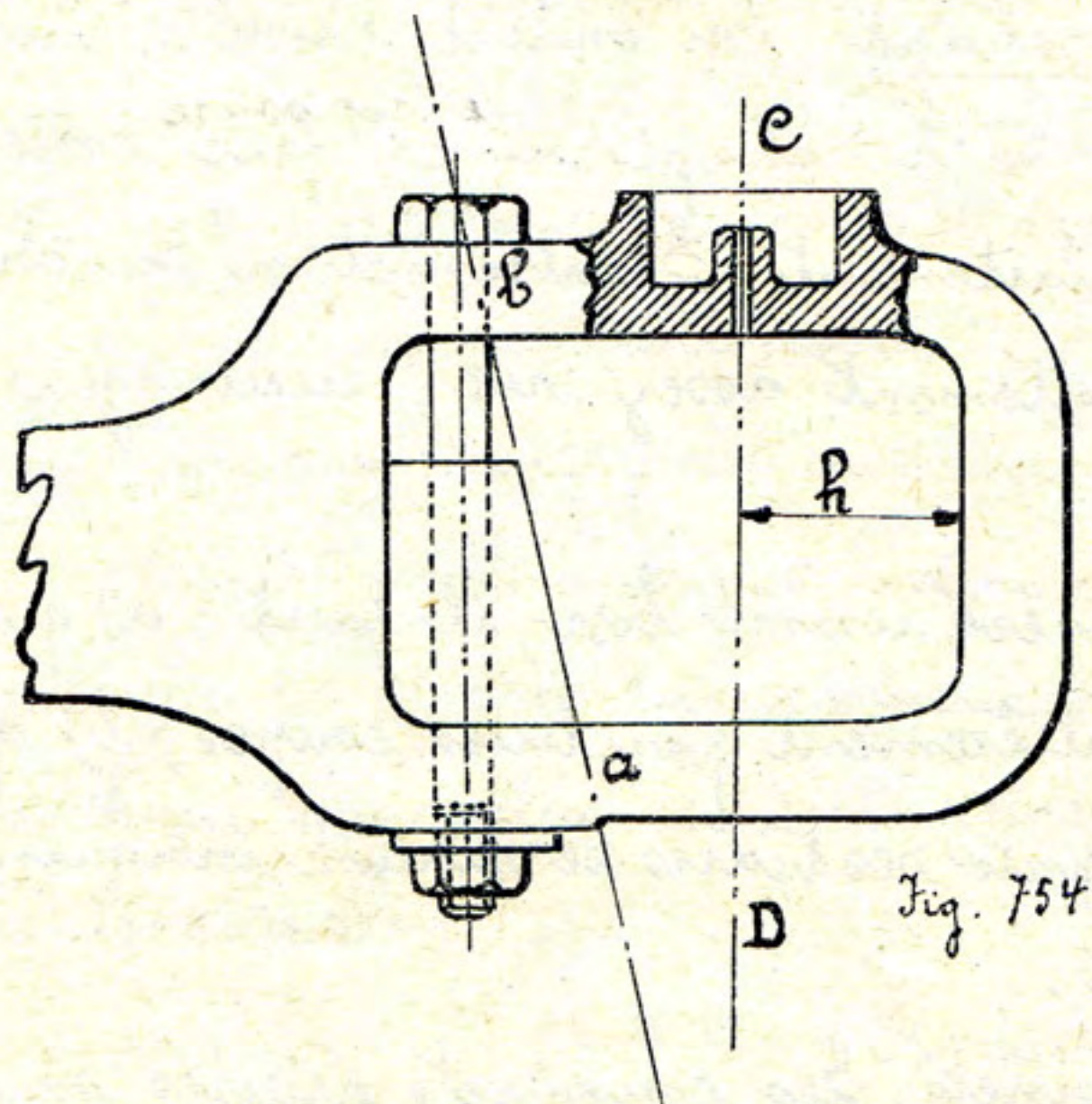
en c et d (fig. 752).

5°) réajustage comme dans le cas du coussinet neuf et réantimoinage.

Remplacement des coussinets. a) Usinage des coussinets bruts. On dresse d'abord deux faces A et B du coussinet brut, perpendiculaires entre elles (parties liserées, fig. 753).

Cet usinage se fait aux machines-outils sans traçage préalable. C'est d'après ces deux faces usinées que se fait le traçage au trusquin (fig. 754 et 755):

1) la hauteur H est relevée sur la tête de bielle; elle est égale à h



distance de l'axe CD au fond de la chape; CD passe par l'axe du trou de graissage.

- 2) l'écartement des ailettes E est égal à l'épaisseur de la tête de bielle.
- 3) l'épaisseur des ailettes F se déduit de la longueur du tourillon et du jeu longitudinal (2 mm. à la grosse tête, 1 mm. à la petite tête), que doit avoir le coussinet. $F = \frac{l - 2 - E}{2}$ (grosse tête) $F = \frac{l - 1 - E}{2}$ (petite tête).
- 4) la largeur L est égale à la distance des faces correspondantes de la chape.

La face inclinée du coussinet qui vient en contact avec le coin ne peut se tracer qu'après ajustage des coussinets dans la chape; on tracera alors, sur la face latérale de la tête, le trait a b au droit de la face inclinée du coin (fig. 754), celui-ci étant placé dans sa position de tirage maximum, moins 3 mm.; les coussinets étant montés correctement dans la chape (voir ci-dessous), on trace la face inclinée du demi-coussinet d'après le trait a b porté sur la tête de bielle.

Les coussinets sont usinés à la limeuse et à la fraiseuse; ils doivent s'introduire sans aucun jeu dans la chape; le moindre jeu permettrait à l'huile de s'écouler sans avoir graissé; en outre le battage aurait tôt fait d'accroître le jeu.

On prend aussi une passe légère sur les champs des ailettes pour leur donner un bon aspect.

Les parties a, a', qui doivent être arrondies, sont dégrossies à la machine (à la limeuse, on y fait simplement un plat); elles sont ensuite ajustées à la main d'après calibre.

b) Ajustage des coussinets dans la chape. On enduit d'une mince couche de minium la face de fond de la chape ou la face correspondante du coussinet devra poser parfaitement. L'introduction du coussinet dans la cage doit se faire à frottement assez dur; aucun jeu ne peut être toléré.

Pour que l'ajustage soit considéré comme bon, il faut : a) que les deux demi-coussinets se touchent entièrement par leurs coupes; b) qu'après démontage, le coussinet de fond porte des traces de minium indiquant que le contact est suffisamment parfait.

c) Antimainage et alésage des coussinets. Les coussinets ajustés sont garnis de métal blanc coulé dans les alvéoles; cette opération a été décrite à propos des boîtes à huile.

On les place alors dans leur chape; on met en place les coins de serrage.

Le centre d'alésage est tracé sur un simbleau en plomb, introduit dans l'ouverture du coussinet; ce centre doit se trouver dans le plan des coupes, c'est-à-dire sur l'axe du trou de graissage, et l'épaisseur des coupes doit être la même de part et d'autre de l'alésage.

On relève la distance des centres ainsi tracés des deux têtes de bielle; on vérifie qu'elle concorde avec la longueur de la bielle donnée par la brigade de montage (nous allons voir comment cette longueur se détermine); s'il existait une différence (ce qui n'arrivera généralement pas si la position de l'essieu moteur est repérée sur le longeron), il faudrait désaxer les centres trouvés pour obtenir entre eux la distance nécessaire. Cette nécessité de vérifier la distance des centres fait que l'alésage doit être reporté après la réparation et le remontage des pistons, guides et crosses.

D'après ces centres, on décrit une circonférence sur la face du coussinet restée brute (la face usinée doit venir s'appliquer sur le plateau du tour); cette circonférence doit simplement servir de guide au tourneur pour son centrage.

Si l'atelier disposait d'une aléseuse double pour bielles, les coussinets seraient alésés, montés dans leur bielle; dans le cas contraire,

on les assemble dans une chape spéciale, constituée ordinairement d'une tête de bielle hors d'usage; s'il s'agissait d'une bielle à chape rapportée, celle-ci serait utilisée pour l'alésage sur le tour.

Le coussinet doit avoir 1/2 mm. de jeu diamétral sur les tourillons (2/10 mm. suffisent pour la petite tête).

En même temps que l'alésage, le tourneur dresse la face latérale encore brute, d'après la longueur nécessaire du coussinet (nous avons dit plus haut que celui-ci doit avoir un jeu longitudinal de 2 ou 1 mm. sur le tourillon).

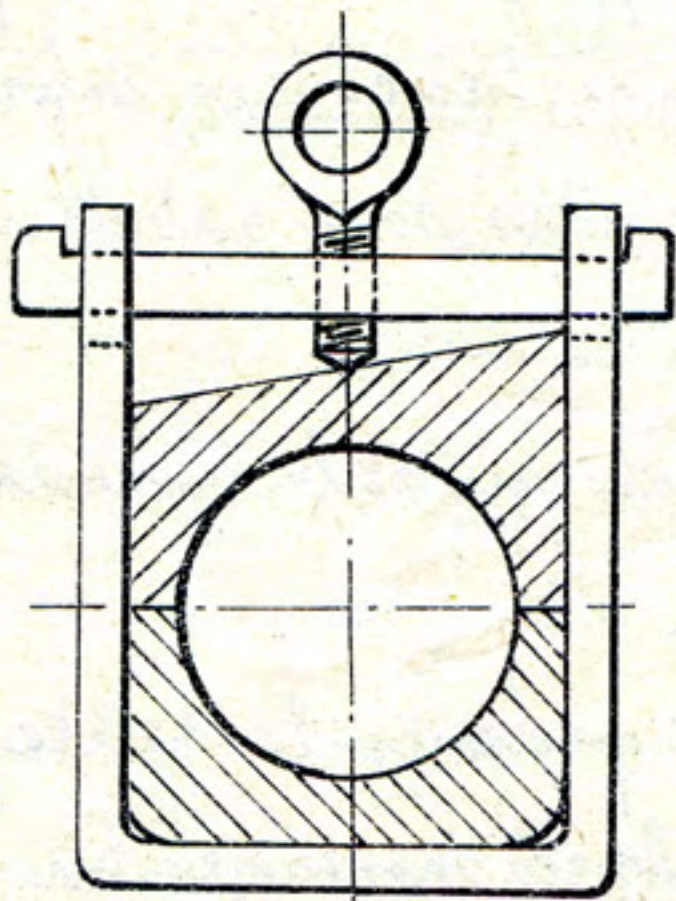


Fig. 756

Il fait les congés d'après calibre: il est nécessaire que ces congés ne viennent jamais porter contre les épaulements des tourillons; l'ajusteur possède des calibres mâles au moyen desquels il relève les rayons des épaulements; le tourneur possède des calibres femelles, le rayon du congé du coussinet doit être supérieur de 2 mm. à celui de l'épaulement des tourillons.

d) Ajustage des coussinets sur les tourillons. Les demi-coussinets sont présentés séparément sur les tourillons préalablement enduits d'une légère couche de minium; on termine l'ajustage en présentant les deux demi-coussinets assemblés dans une fausse chape (fig. 756); les retouches nécessaires à l'obtention d'une bonne pose se font sur le coussinet au grattoir; il doit être interdit de faire usage d'émeri, sous quelque forme que ce soit, pour frotter les coussinets antimoisés; les grains d'émeri, détachés, s'incrusteront dans le métal blanc et entraîneront par la suite, le grippage du tourillon. On ajuste donc au grattoir, les coupes étant en contact, jusqu'à ce que les coussinets tournent sans forçage autour du tourillon.

e) Conduits et rainures de graissage. Les demi-conduits supérieurs et les rainures de graissage sont creusés dans les coussinets à une profondeur de 4 mm. au moyen d'un grain-d'orge bien affûté. Il est important que ces divers conduits soient conformes au plan et n'atteignent pas les congés, sinon l'huile s'écoulerait par ceux-ci sans avoir

graisse (fig. 757).

-956-

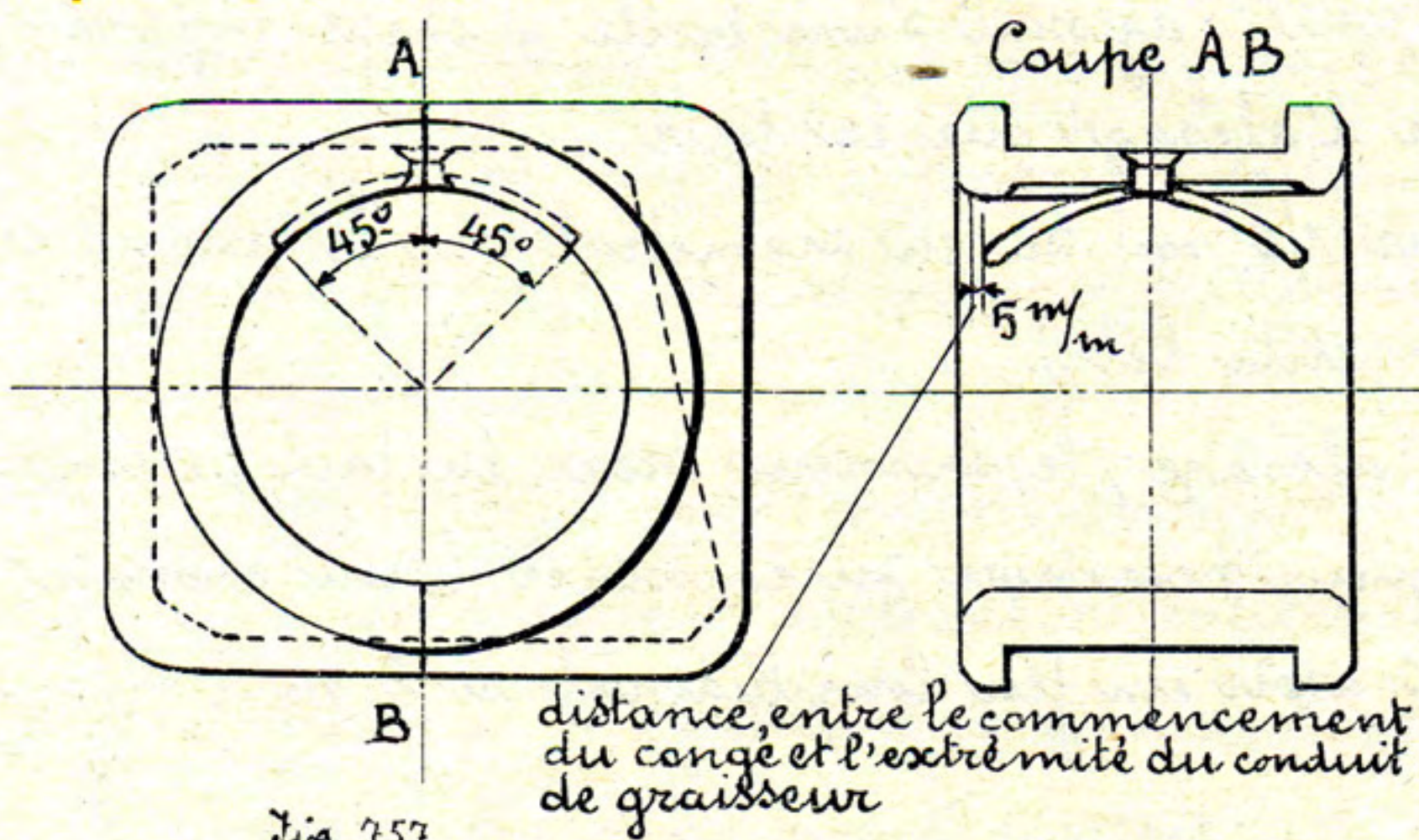


Fig. 757

distance, entre le commencement du congé et l'extrémité du conduit de graisseur

Les demi-conduits supérieurs servent en même temps de dépanille pour le coussinet, évitant que celui-ci ne vienne pincer sur le tourillon, ce qui pourrait occasionner un chauffage; il faut, pour

la même raison, dégager sur 5 à 6 mm. le voisinage des coupes inférieures.

Les bases des conduits sont enlées et les arêtes sont rabattues pour éviter le raclage d'huile.

Montage de la bielle. Le montage ne peut se faire qu'à la fin de la réparation de la locomotive.

La grosse tête étant montée sur l'essieu, on présente la petite tête à la crosse: elle doit s'y introduire sans forçage. Après montage du pistolet de crosse, on enlève les coussinets de la grosse tête et on s'assure, en déplaçant celle-ci latéralement, qu'elle ne tend pas à se maintenir plutôt contre l'un des épaulements du tourillon.

Après remontage complet de la locomotive, on vérifie lors du déplacement de celle-ci, par l'examen des repères tracés sur les guides (voir paragraphe suivant) que les espaces morts sont bien ceux qui sont prescrits. Comment on détermine la longueur à donner à une bielle motrice. Cette opération ne peut se faire que lorsque la locomotive est remise sur roues, et que le montage des pistons, couvercles de cylindres, guides, crosses et appliques est terminé.

Le piston, attaché par sa tige à la crosse, est poussé successivement à fond contre les couvercles avant et arrière du cylindre; pour chacune de ces deux positions, on trace, sur le guide supérieur de crosse, un trait correspondant à une même extrémité du coulisseau. En comparant la distance des deux traits avec la course du piston (valeur connue), on détermine la longueur totale des espaces morts. Si, par exemple, à

une machine ayant 600 mm. de course de piston, on trouve 625 mm. entre les deux traits, la longueur totale des espaces morts sera de 25 mm. Pour répartir ces 25 mm., on doit tenir compte du mode de construction de la bielle; si le rappel du jeu a pour effet d'allonger la bielle, il faudra prévoir, vers l'avant, l'espace nécessaire à ce rappel; l'espace mort y aura 3 ou 4 mm. de plus qu'à l'arrière; dans l'exemple cité, il faudrait admettre à l'avant $\frac{25+3}{2} = 14$ mm. et à l'arrière $\frac{25-3}{2} = 11$ mm. Ce serait l'inverse si la bielle se raccourcissait par le rappel du jeu.

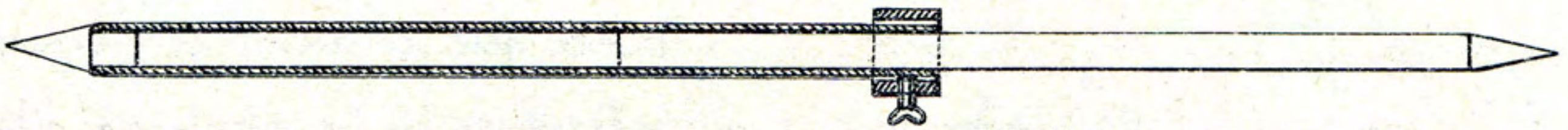


Fig. 758

Le piston étant placé dans sa position normale de fond de course arrière, c'est-à-dire, reprenant l'exemple cité, la crosse étant avancée de 11 mm. à partir du trait marqué à l'arrière du guide, on place le pivot de crosse; on dispose l'essieu moteur de façon que sa manivelle soit à son point mort arrière; on relève alors au moyen d'une jauge coulissante (fig. 758) la distance exacte entre les deux tourillons; cette distance, augmentée des rayons du tourillon de manivelle et du pivot de crosse, est la longueur théorique de la bielle motrice, c'est-à-dire la distance entre les axes d'alésage des deux têtes; c'est cette longueur qui est donnée par la brigade de montage à la brigade spéciale des bielles et d'après laquelle devra se faire l'alésage des coussinets.

B. - Bielles à chape ouverte.

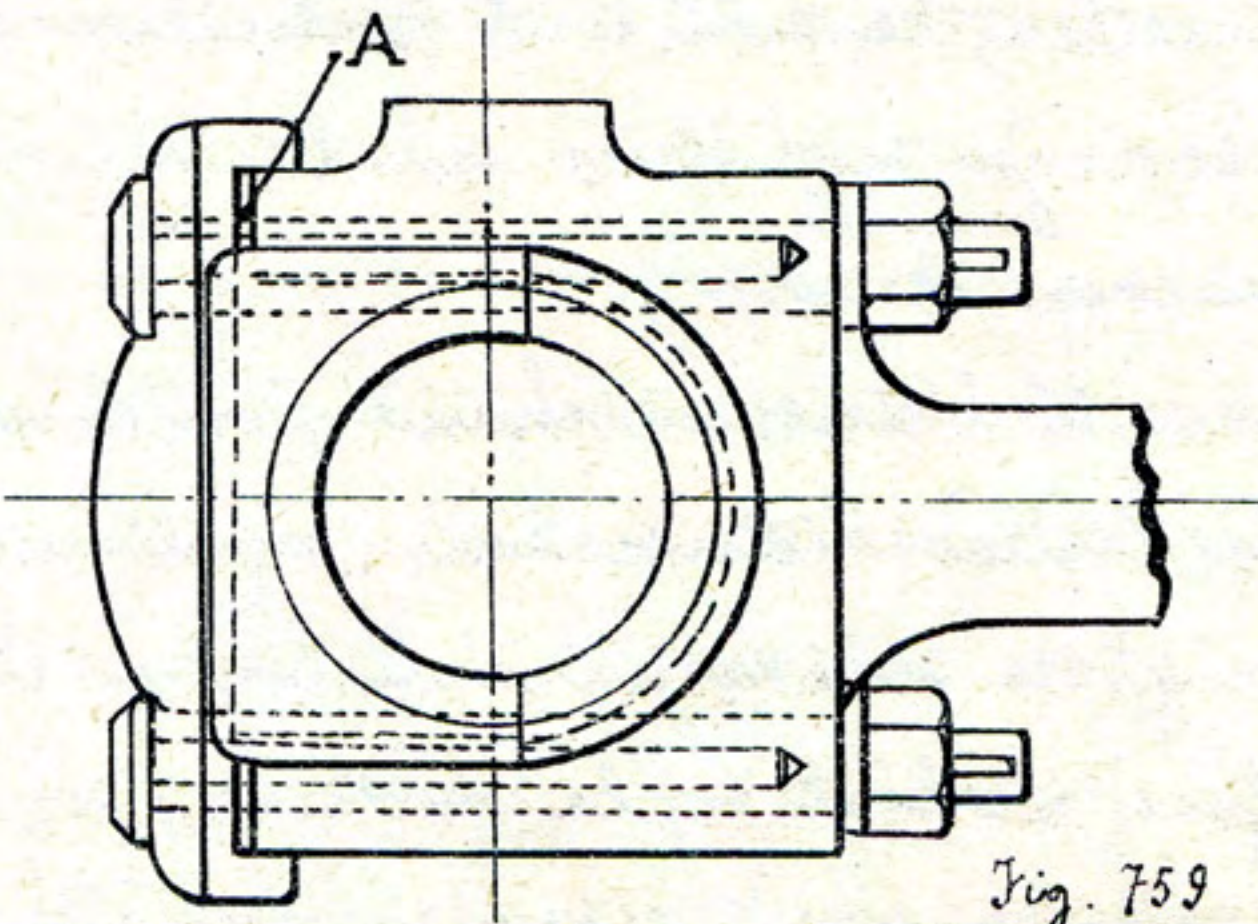


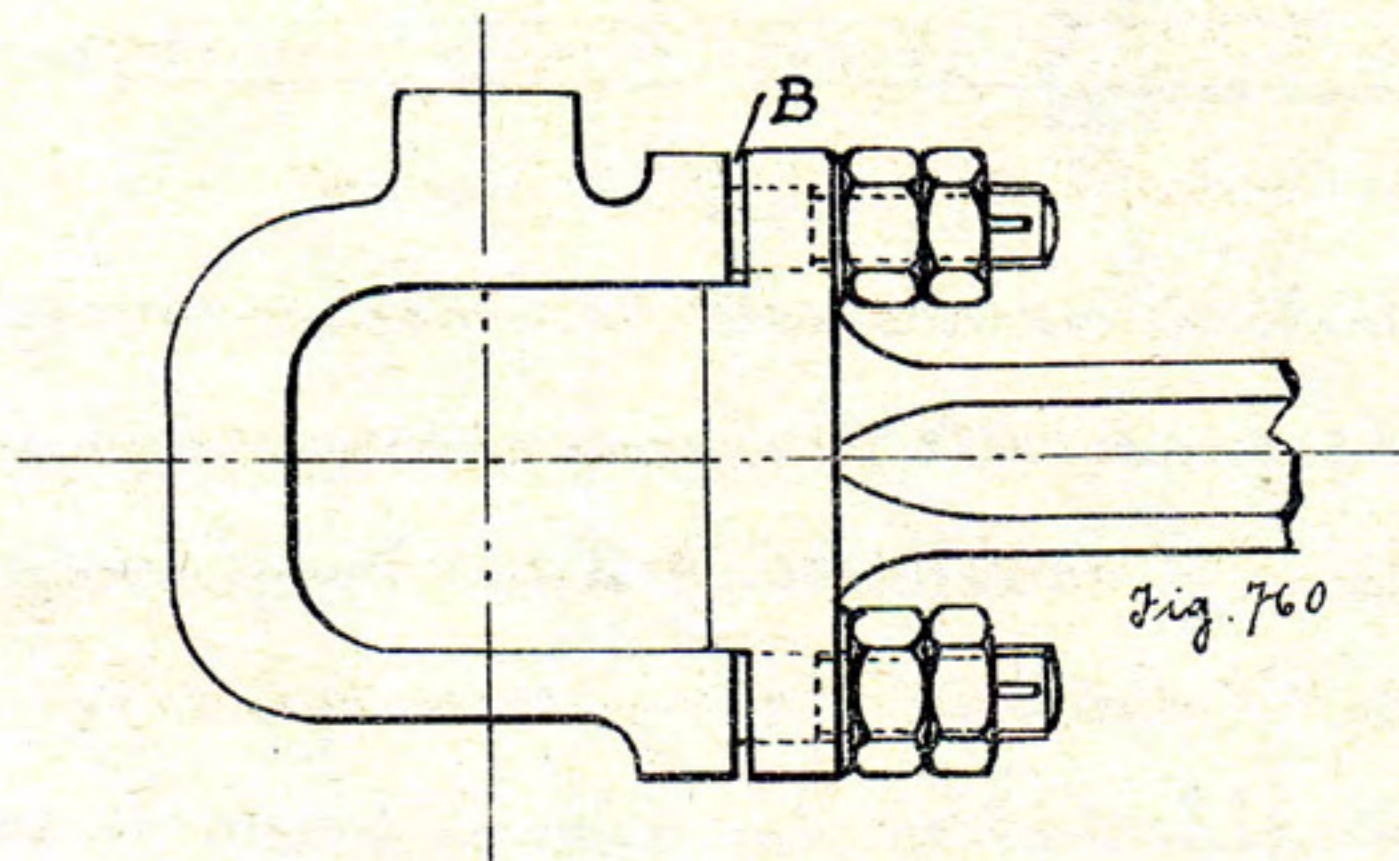
Fig. 759

Les faces internes de la chape et de la clame doivent être réajustées; le fond de la chape étant de forme semi-circulaire, les faces de contact correspondantes du coussinet de fond sont façonnées au tour. Pour le reste, l'ajustage des coussinets

s'inspire des mêmes principes que ceux déjà énoncés. Au montage,

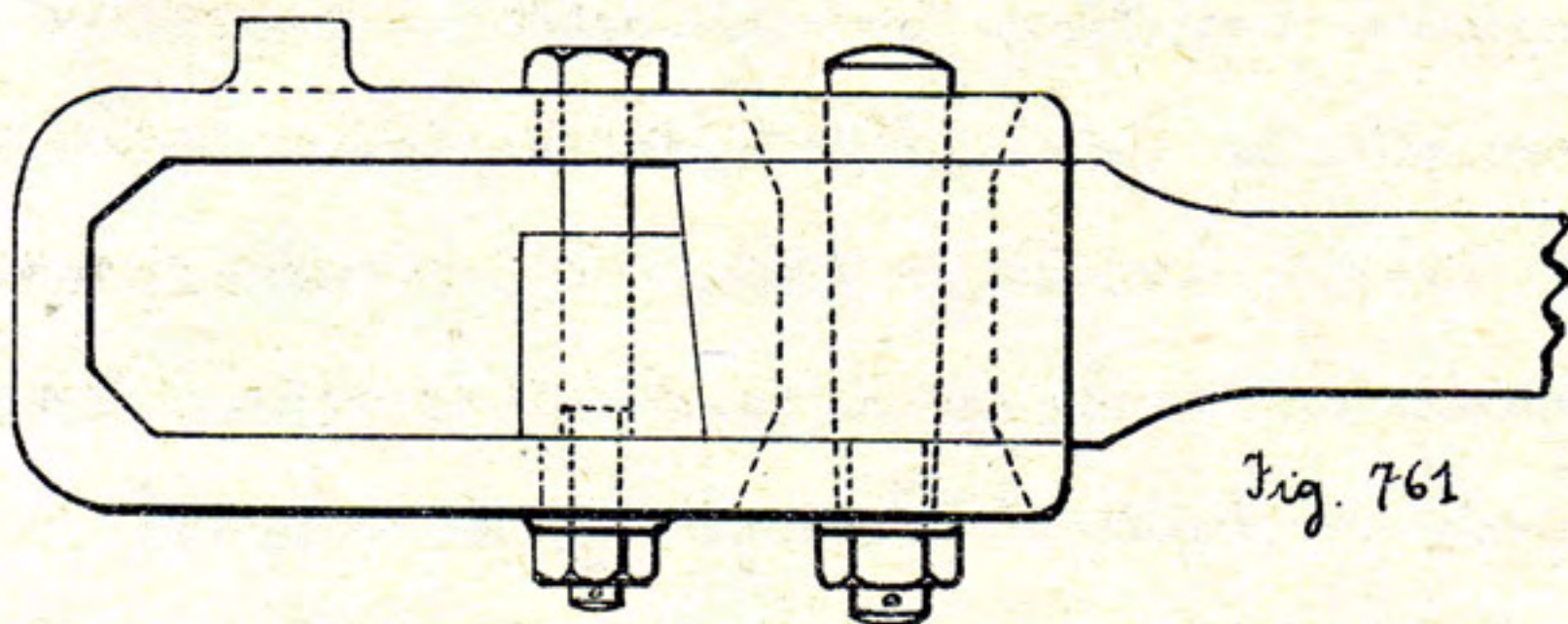
les coussinets sont serrés à bloc; pour éviter le desserrage des écrous des boulons d'assemblage, on chasse, à serrage contre l'écrou, une clavette qu'on goupille ensuite. Le serrage doit être maintenu en service et en cas de rachat de jeu aux coussinets sur le tourillon; on y arrive en intercalant, entre l'écrou et sa face d'appui, une rondelle d'épaisseur appropriée. Les coussinets étant bloqués dans la chape, il doit rester en A un tirage de 8 mm. permettant le retrait du jeu aux coussinets en service (fig. 759).

C. - Bielles à chape rapportée. Mêmes considérations que ci-dessus



en ce qui concerne le réajustage intérieur de la chape et l'ajustage des coussinets. Ici, le tirage pour le rappel du jeu se trouve en B (fig. 760). Comme dans le type précédent, le desserrage des écrous est empêché par la présence d'une clavette.

sence d'une clavette.



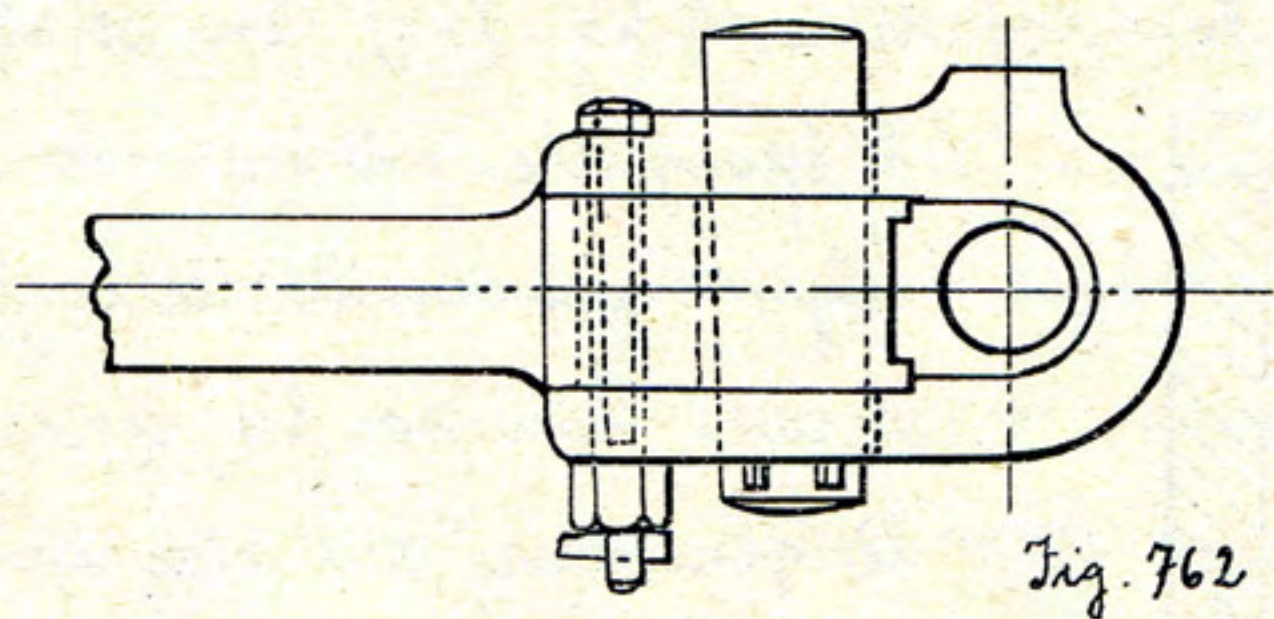
Dans le type représenté (fig. 761) la chape affecte la forme d'un étrier; elle est fixée invariablement au corps de bielle par un clouage composé d'une clavette centrale et de deux contre-clavettes; ce sont tout particulièrement ces dernières qui assurent un bon serrage de l'étrier sur la tête; leur ajustage doit donc se faire avec beaucoup de soin.

Après avoir, éventuellement, resserré l'étrier à chaud, on redresse les faces intérieures de l'étrier et de la bielle; l'étrier doit s'appliquer sans jeu sur la tête; on le fixe en place au moyen d'un boulon et, dans cette position, on réajuste les faces d'about de la mortaise; on ajuste alors les contre-clavettes de façon qu'elles puissent s'appliquer parfaitement contre les faces d'about de la mortaise, ce qu'on vérifie en endui-

Après avoir, éventuellement, resserré l'étrier à chaud, on redresse les faces intérieures de l'étrier et de la bielle; l'étrier doit s'appliquer sans jeu sur la tête; on le fixe en place au moyen d'un boulon et, dans cette position, on réajuste les faces d'about de la mortaise; on ajuste alors les contre-clavettes de façon qu'elles puissent s'appliquer parfaitement contre les faces d'about de la mortaise, ce qu'on vérifie en endui-

sant ces dernières d'une mince couche de minium. Le clavetage étant terminé, l'étrier doit faire bloc avec le corps de bielle; on s'assure du fini du travail par le sondage au marteau. La clavette centrale doit toujours être remplacée par le fait du réajustage des contre-clavettes. L'écrin de la clavette doit être goupillé.

Le type de tête de bielle se rencontre à la généralité des anciennes locomotives des chemins de fer belges, c'est-à-dire à des machines de faible puissance; les coussinets ne sont pas serrés à bloc l'un contre l'autre, ils présentent entre eux un espace vide qui constitue le tirage; le rachat du jeu en service se fait simplement par le coin de réglage, sans qu'il soit nécessaire de démonter l'étrier ni les coussinets. Ceux-ci n'étant pas serrés à bloc, leur ajustage extérieur doit être particulièrement soigné de façon à leur assurer un bon guidage. Quant au réglage du coin, il demande un certain doigté pour donner le jeu voulu aux coussinets sur le tourillon. Ce dispositif n'est pas recommandable.



Dans la disposition ci-contre (fig. 762) l'assemblage de l'étrier au corps de bielle est réalisé de façon différente; le rachat du jeu se fait aussi différemment.

Les coussinets sont nécessairement serrés à bloc puisqu'ils interviennent dans l'assemblage de l'étrier au corps de bielle. Le trou du boulon d'assemblage présente du jeu dans le corps de bielle; ce jeu doit permettre le glissement de l'étrier lors du rappel du jeu par enfoncement de la clavette; celle-ci est goupillée. Comme l'enfoncement de la clavette est limité par sa longueur et par le tirage que présentent les mortaises et le logement du boulon, on est amené, au cours du service, pour rendre du tirage, à interposer une tôle, dont on rabat les extrémités entre le coussinet et la face d'about du corps de bielle.

La chape représentée (fig. 763) est rendue solidaire du corps de bielle simplement par trois boulons; ceux-ci doivent, par leur serrage, produire entre l'étrier et la bielle un frottement suffisant pour éviter

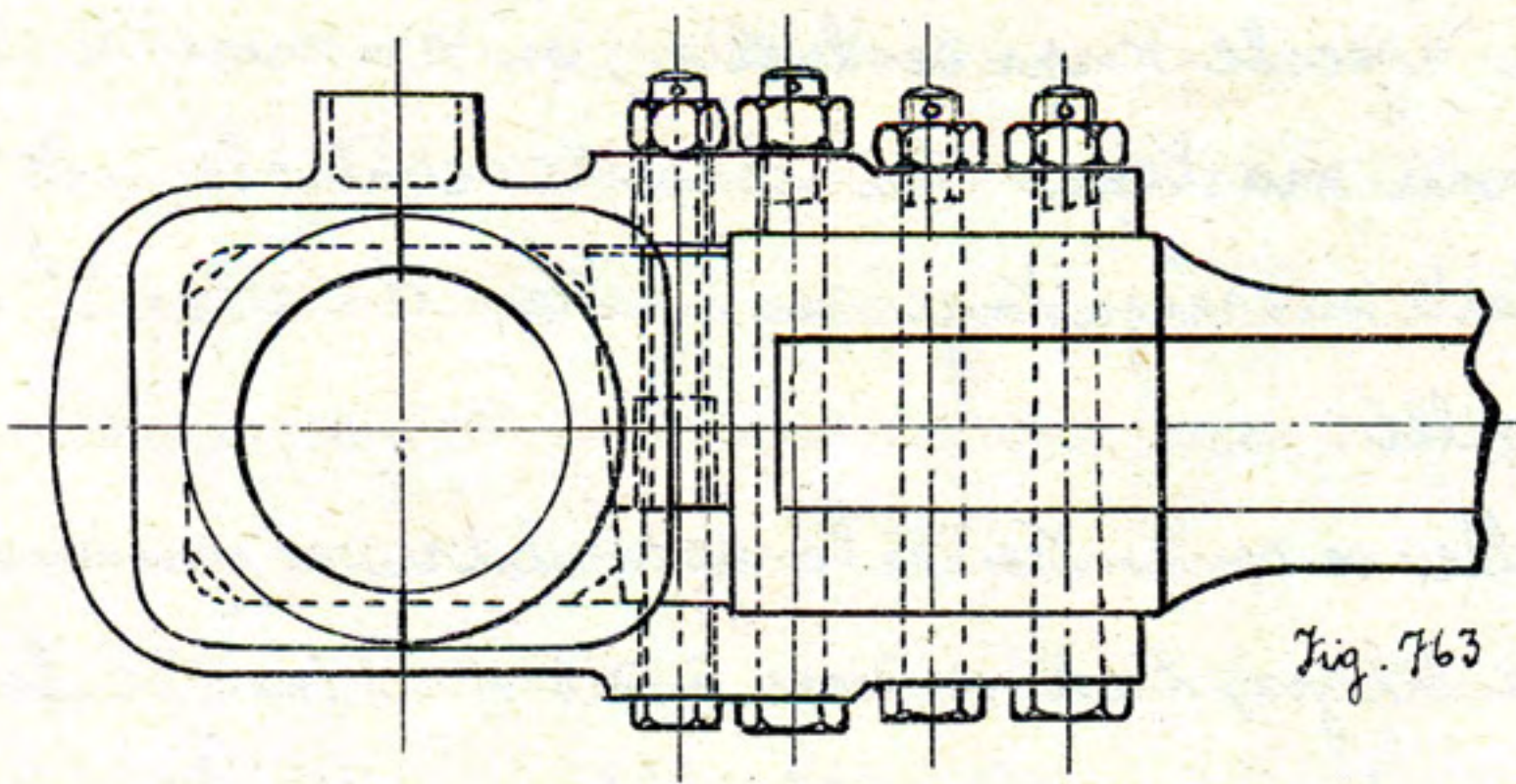


Fig. 763

leur sollicitation au cisaillement; lors du démontage, on doit les examiner soigneusement et les remplacer si on remarque des traces de cisaillement ou de battage; dans ce cas les trous doivent être réalisés, car

il ne peut exister aucun jeu des boulons dans leurs logements, le type de bielle est employé aux locomotives type 38, de grande puissance; bien qu'il y ait un coin de rappel, il est donc nécessaire que les coussinets soient serrés à bloc.

Graisseurs de bielles. C'est le type à épinglette qui tend à se généraliser tant aux bielles d'accouplement qu'aux bielles motrices (fig. 764). En service,

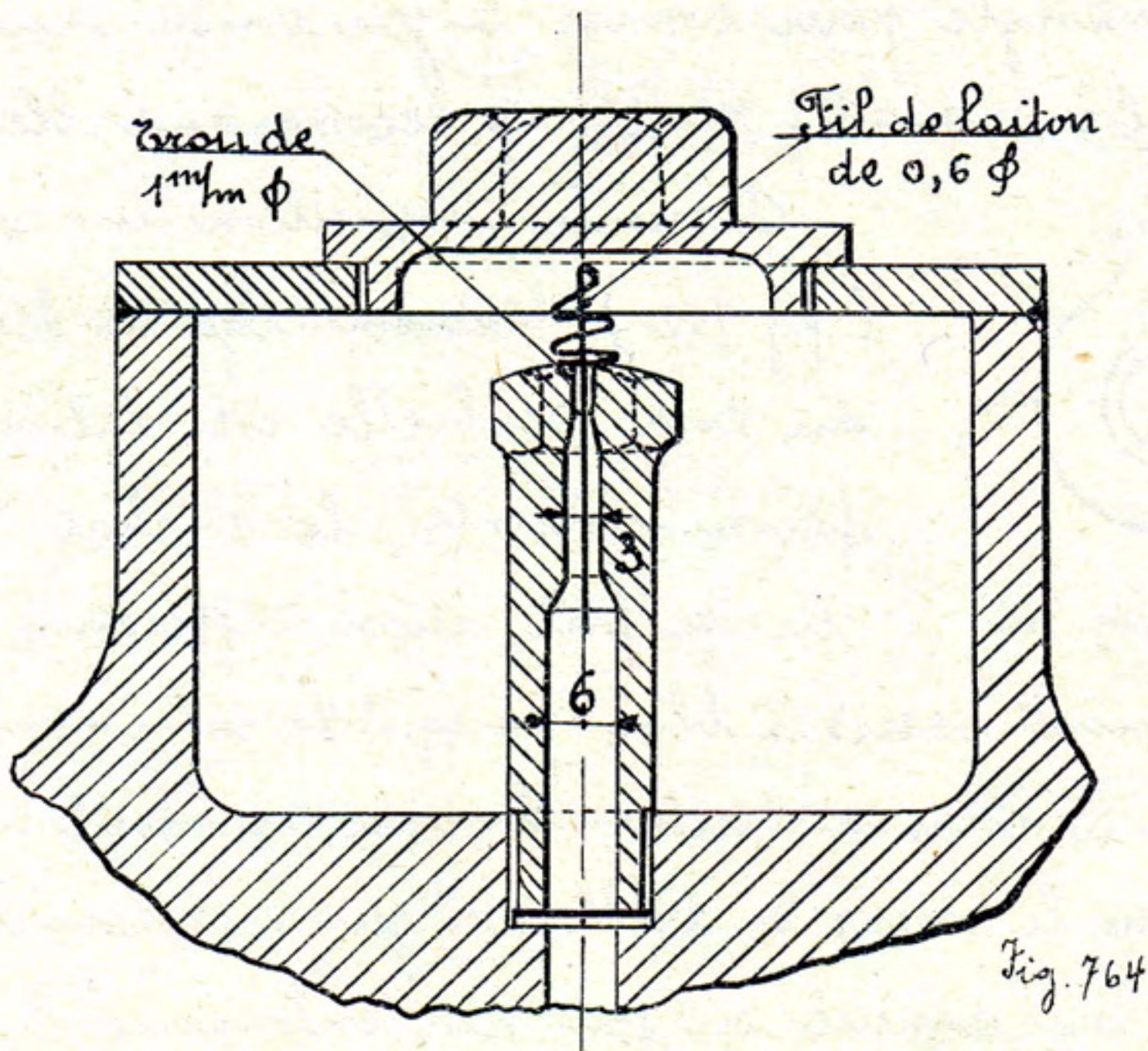


Fig. 764

l'épinglette est animée d'un léger mouvement vertical et s'use. Lors de la réparation, le graisseur doit être complètement nettoyé et l'épinglette doit être remplacée; il importe que celle-ci ne présente, dans la buselure, qu'un jeu de 0^{mm},4; la forme de la tête de l'épin-

glette est donnée à l'aide de la pince représentée fig. 765.



Fig. 765

Remarque. La méthode de réparation exposée ci-dessus prévoit la mise à longueur de la bielle motrice par simple désaxage, toujours très faible, des coussinets dans leur chape; c'est la méthode normale, consécutive au repérage des essieux sur les longerons; très généralement, ce désaxage ne sera même pas nécessaire; il ne pourra

être que le fait du reclasage du piston sur sa tige ou de la tige dans la crosse; mais la variation de longueur sera toujours faible et le désasage des coussinets sera toujours possible sans inconvénient. Ce n'est pas le cas quand les essieux ne sont pas repérés; maintes fois, on est alors forcé de modifier la longueur de la bielle à la forge; ce travail se fait généralement dans des conditions défectueuses: le métal de la bielle est dénaturé et, trop souvent, l'aspect de la pièce, après le travail, est déplorable.

C. Le mécanisme de distribution.

Conditions à réaliser. La distribution de vapeur aux cylindres fait l'objet, lors de l'établissement du projet d'un type de locomotive, d'une étude approfondie justifiée par l'influence de cette partie de la machine sur le fonctionnement en général et spécialement sur la consommation de vapeur. La moindre modification aux éléments de la distribution peut apporter de grandes perturbations dans le fonctionnement de la locomotive. Il est donc nécessaire que les cotes du plan soient maintenues autant que possible aux locomotives en service.

Or, en pratique, par suite de la reprise du jeu aux articulations du petit mécanisme et aux diverses surfaces frottantes, soit en service, soit lors des réparations successives, la distribution peut s'écarter assez notablement de celle prévue au plan.

Pour réduire au minimum les inconvénients qui en résultent, on doit s'imposer les règles suivantes:

- 1°) De par sa fonction, le distributeur doit être étanche; il ne faut pas que la vapeur puisse s'échapper sans avoir travaillé.
- 2°) Les recouvrements extérieur et intérieur doivent être conformes aux plans et être maintenus tels, car ils jouent dans la distribution un rôle essentiel.
- 3°) L'égalité des avances, à l'avant et à l'arrière du tiroir, doit pouvoir être obtenue pour tous les crans de marche. Il faut pour cela:
 - a) dans les distributions Walschaerts, Stephenson et Gooch, que la coulisse ait un rayon de courbure convenable; ce rayon doit être,