

## CHAPITRE XI

### CROSSES DE PISTON ET GLISSIÈRES DE CROSSES

#### 1° Généralités.

Les crosses ont pour but d'assurer le mouvement rectiligne de la tige de piston, grâce à leur guidage par les glissières ; elles permettent, en outre, de relier facilement la tige de piston à la bielle motrice.

#### a) Effort supporté par les guides.

Soit (*fig. 198*) le mécanisme piston-bielle-manivelle représenté dans son ensemble. L'effort  $P$  sur le piston se décompose en deux efforts (le frottement étant négligé) :

— l'un normal aux glissières :  $N = P \operatorname{tg} \alpha$

— l'autre suivant la bielle :  $Q = \frac{P}{\cos \alpha}$

L'effort normal aux glissières pour  $P$  constant (pendant la première moitié au moins de la course aller du piston) est maximum pour  $\alpha$  maximum, c'est-à-dire pour la position de la bielle correspondant à la manivelle verticale. L'usure de la glissière sera plus accentuée au milieu qu'aux extrémités et cette dernière tendra à s'arquer. Pour atténuer cet inconvénient, il faudra :

- prendre pour la glissière un métal plus dur que celui de la partie frottante de la crosse.
- donner à ces parties frottantes une surface suffisamment grande pour réduire la pression unitaire à 3 ou 4 kg. par  $\text{cm}^2$  et prévoir un bon graissage.

Pendant la marche avant et pendant les deux courses aller et retour du piston, la force  $N$  est toujours dirigée vers le haut sauf un peu avant les fonds de course où elle est dirigée vers le bas lorsque l'effort  $P$  change de sens (effort  $X$  de la *figure 1 ter* du tome II). Le diagramme de la *figure 199* montre les variations de  $N$  dans le cas d'un cylindre HP de 141 P pour des admissions de 0,20 et 0,60. Pendant la marche arrière un raisonnement analogue montrerait que  $N$  est toujours dirigé vers le bas. La marche à contre-vapeur produit des efforts inverses de ceux qui existent pendant la marche normale. Enfin, à régulateur ouvert ou fermé la crosse est soumise à son propre poids et à ceux des organes qui lui sont reliés.

#### b) Forme et nature des surfaces frottantes.

La crosse étant sollicitée vers le haut ou vers le bas, il est nécessaire de prévoir deux guides superposés.

Les formes habituelles des guides, celle en V qui donne un guidage parfait mais difficile à usiner et celle cylindrique de grande facilité d'exécution mais ne s'opposant pas aux mouvements de torsion de la bielle ne sont pas employées sur les locomotives ; on utilise exclusivement la forme plane à rebords.

La fonte est le métal qui conviendrait le mieux pour les glissières parce qu'elle donne le meilleur

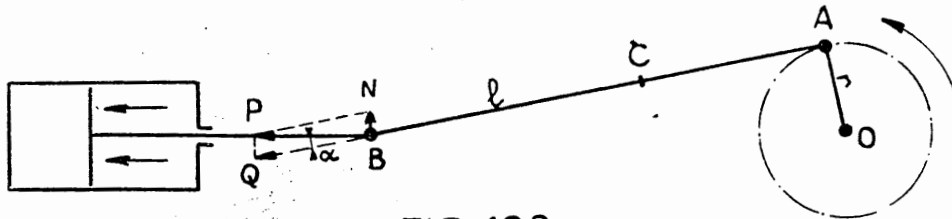


FIG. 198

$$141 P \text{ cyl. HP. } \left\{ \begin{array}{l} P = \frac{\pi \times 41^2}{4} \times 20 = 26.360 \text{ kg} \\ N_{\text{maxi}} = 26.360 \text{ tg} \alpha = 2730 \text{ kg} \\ \text{Pression unitaire} : \frac{2730}{612} = 4,4 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

Effort (P. 12) entonnes

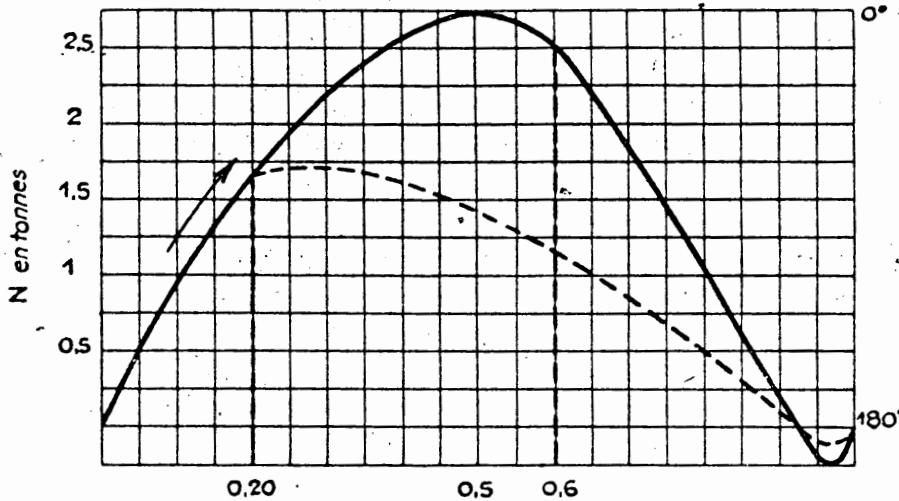


FIG. 199

leur frottement ; on l'écarte toutefois à cause de sa fragilité et du poids trop grand qu'on serait obligé de donner aux pièces et l'on utilise l'acier cémenté et trempé. La fonte ou le bronze conviendraient le mieux pour les patins parce qu'ils donnent si l'on en a parfaitement soin, un beau poli et l'usure minimum, on préfère cependant l'antifriction à cause des conséquences bien moins graves lorsqu'il y a chauffage.

Les glissières se rattachent à trois types principaux :

— celui comportant deux glissières placées dans le plan d'oscillation de la bielle de chaque côté de la tige, c'est le type le plus employé (fig. 200 B).

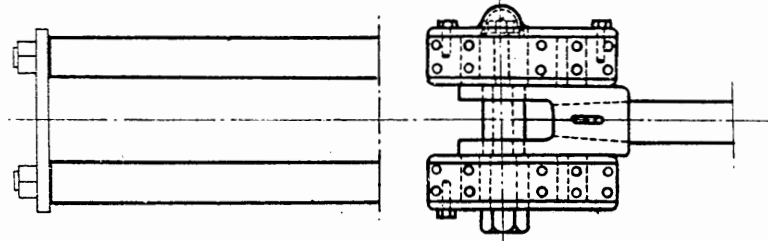
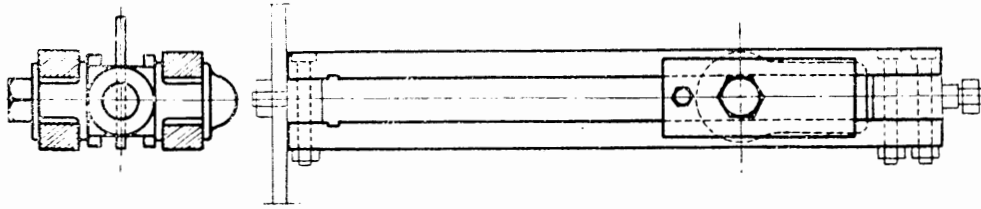


FIG. 200 A

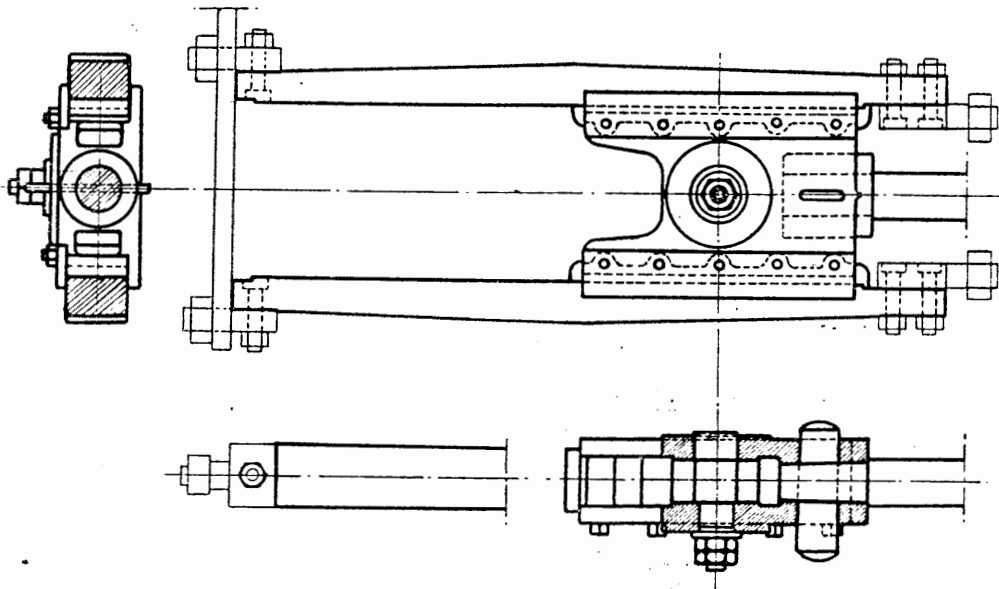


FIG. 200 B

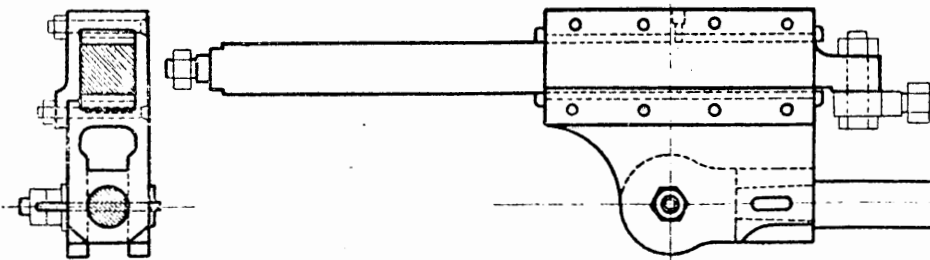


FIG. 200 C

— celui comportant quatre petites glissières latérales groupées 2 à 2 de part et d'autre de la tige. Ce type de crosse compact, de construction facile, convient lorsque l'emplacement disponible en hauteur est insuffisant pour donner aux glissières l'écartement nécessité par le jeu de la bielle (*fig. 200 A*).

— celui comportant une glissière unique dans le plan d'oscillation de la bielle, la crosse forme alors un fourreau coulissant. La face inférieure sert pour la marche avant et la face supérieure pour la marche arrière (*fig. 200 C et D*).

## 2° Crosses.

### a) Crosse à 2 glissières (*fig. 201*).

Ces crosses sont en acier forgé ou en acier moulé, la partie avant de la crosse reçoit l'extrémité

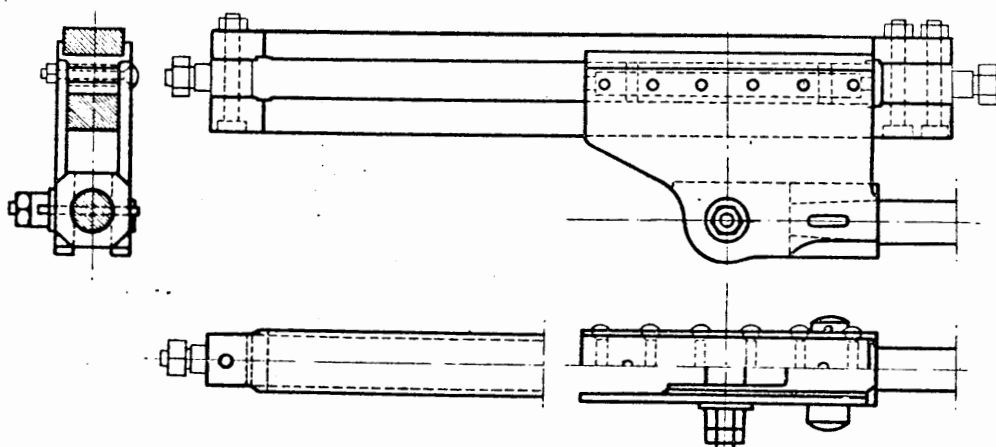


FIG. 200 D

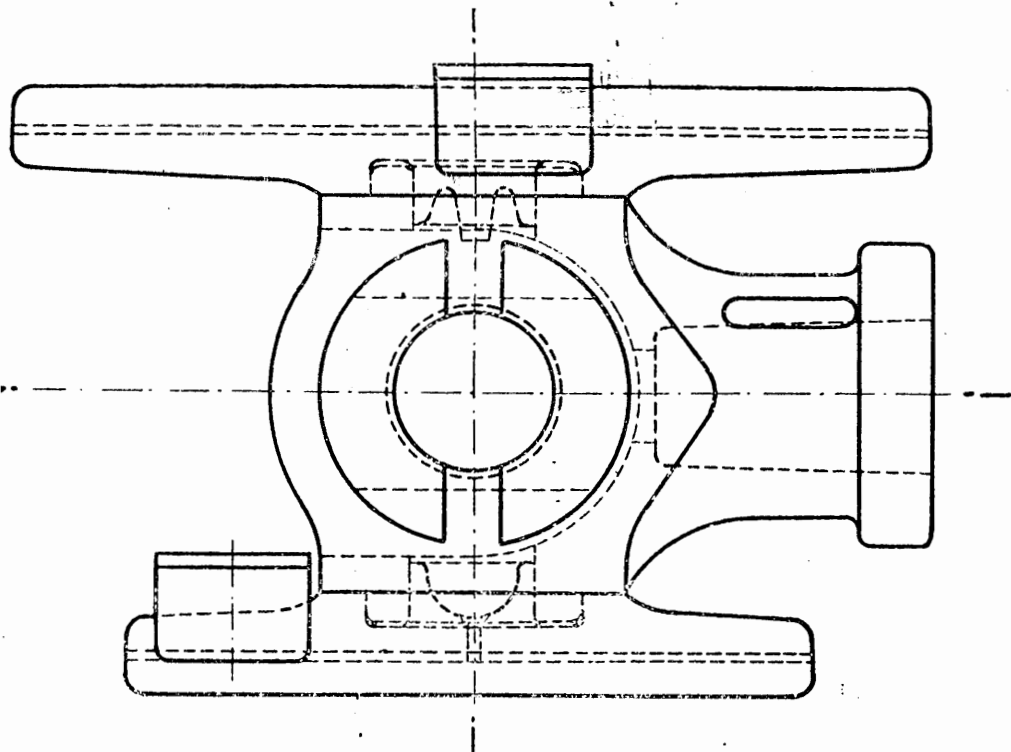
conique de la tige et son clavetage, (la mortaise de ce clavetage est inclinée à  $45^\circ$  pour faciliter le montage et le démontage) ; la partie arrière forme une fourche entre les branches (ou les deux flasques verticaux) de laquelle pénètre la petite tête de bielle motrice, l'axe de crosse étant maintenu solidaire des deux branches. En dessus et en dessous se trouvent les patins en fonte ou en acier moulé ou en bronze, garnis sur leur surface de contact avec les glissières de métal blanc.

Les patins peuvent n'être pas fixés. Ils sont alors placés sur un épaulement circulaire, de préférence double, de la crosse qui pénètre dans un évidement correspondant des patins ; ils peuvent tourner autour de l'axe de l'épaulement de la crosse, mais ne peuvent se démonter qu'après l'enlèvement d'une glissière. Dans cette disposition, le patin est entraîné par la crosse par l'épaulement central. Il s'ensuit que cet épaulement prend du jeu en service qui doit être supprimé au moment du levage ou de la révision.

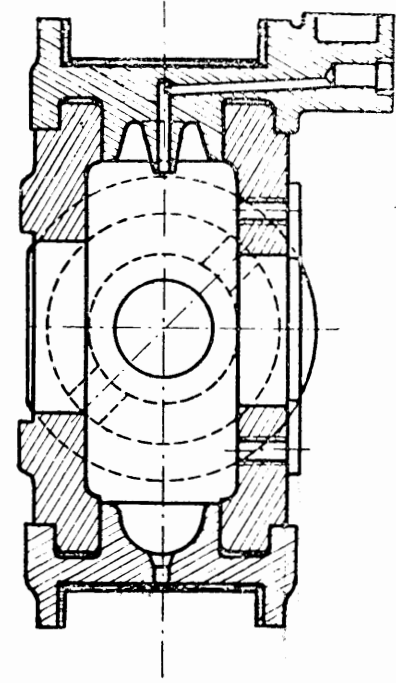
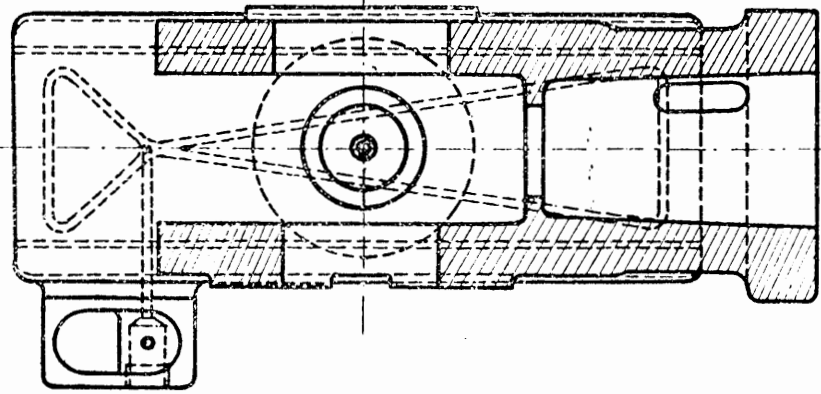
Dans d'autres types de crosses, celles des machines américaines types A et B, les patins ont deux nervures longitudinales qui s'emboîtent entre les flasques latéraux de la crosse. Ils sont assemblés à la crosse par des boulons transversaux (*fig. 202*). On peut, dans cette disposition sortir les patins sans démontage des glissières, ce qui est un avantage pour l'entretien courant.

Les crosses de pistons à deux glissières sont employées sur un grand nombre de machines de la Région notamment pour les cylindres extérieurs.

Généralement, chaque patin est muni d'un godet graisseur, celui du patin supérieur graisse le boulon de crosse, et le godet inférieur graisse le patin inférieur. Le siphon du godet supérieur alimente un canal qui débouche au-dessus d'un évidement en entonnoir, ménagé dans la partie



B



10  
7

FIG. 201

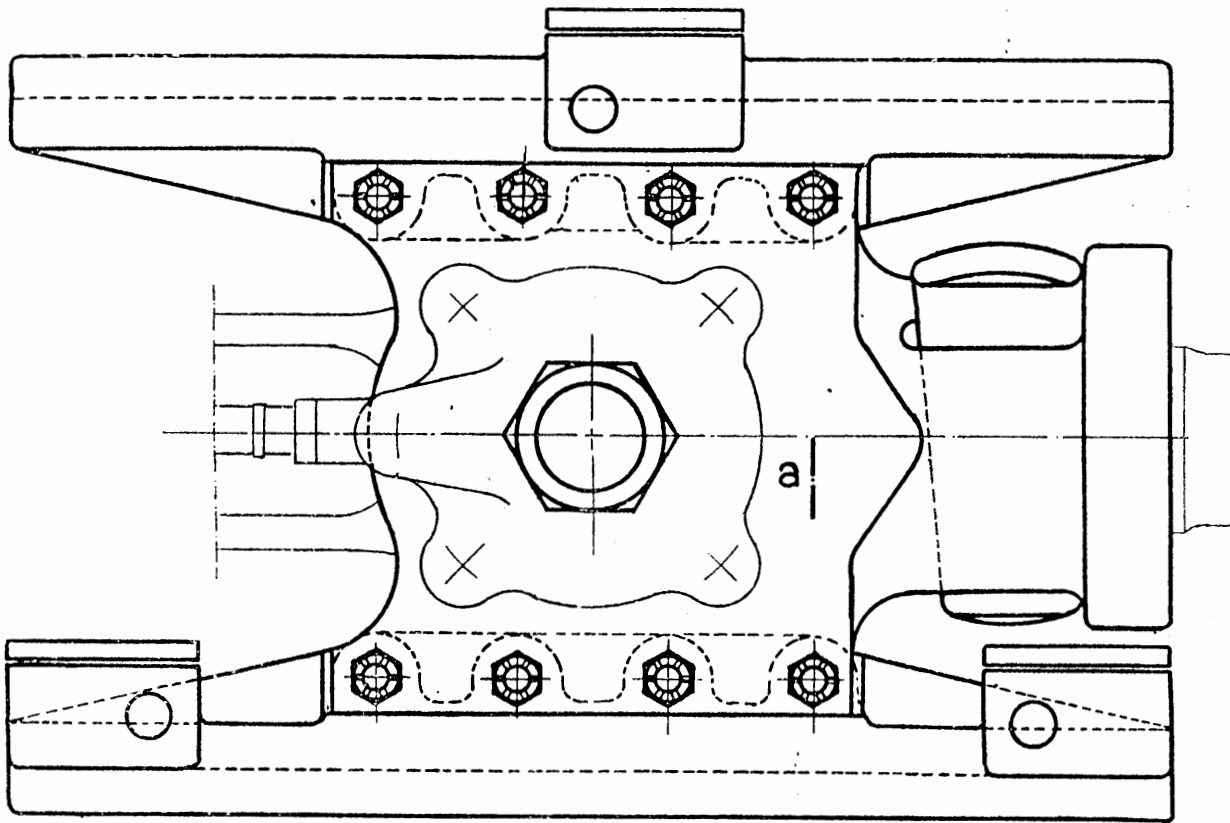
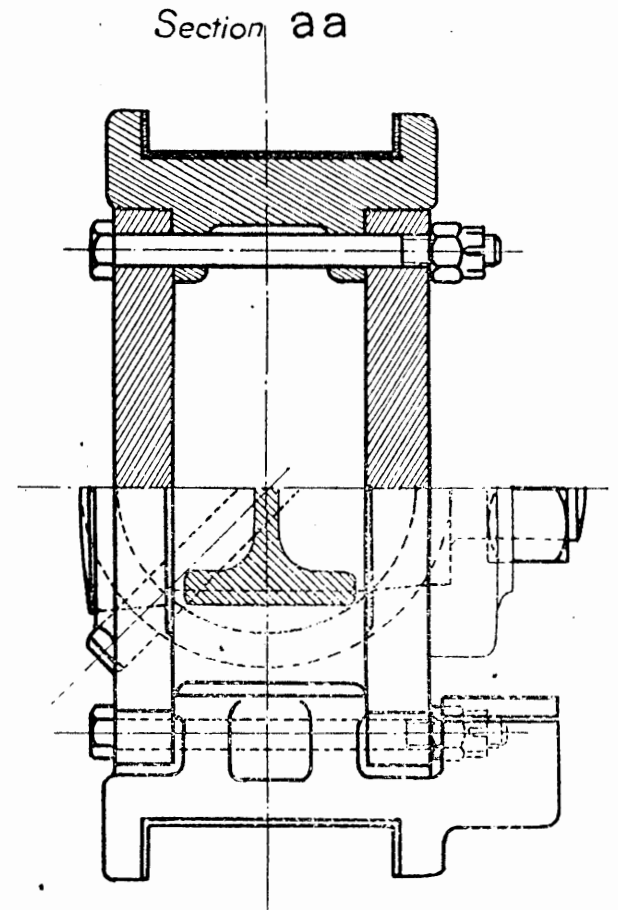


FIG 202



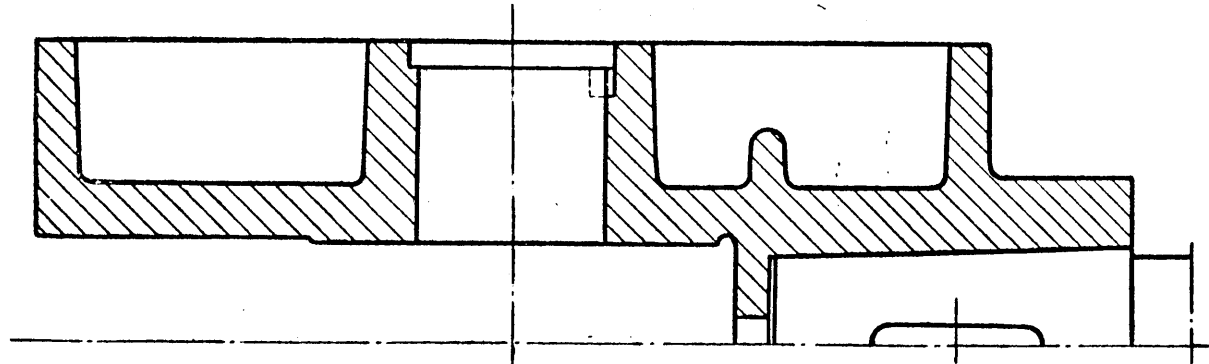
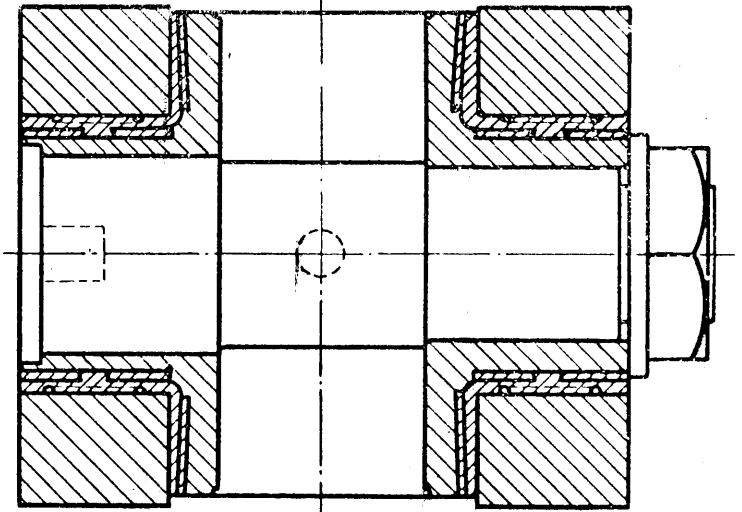
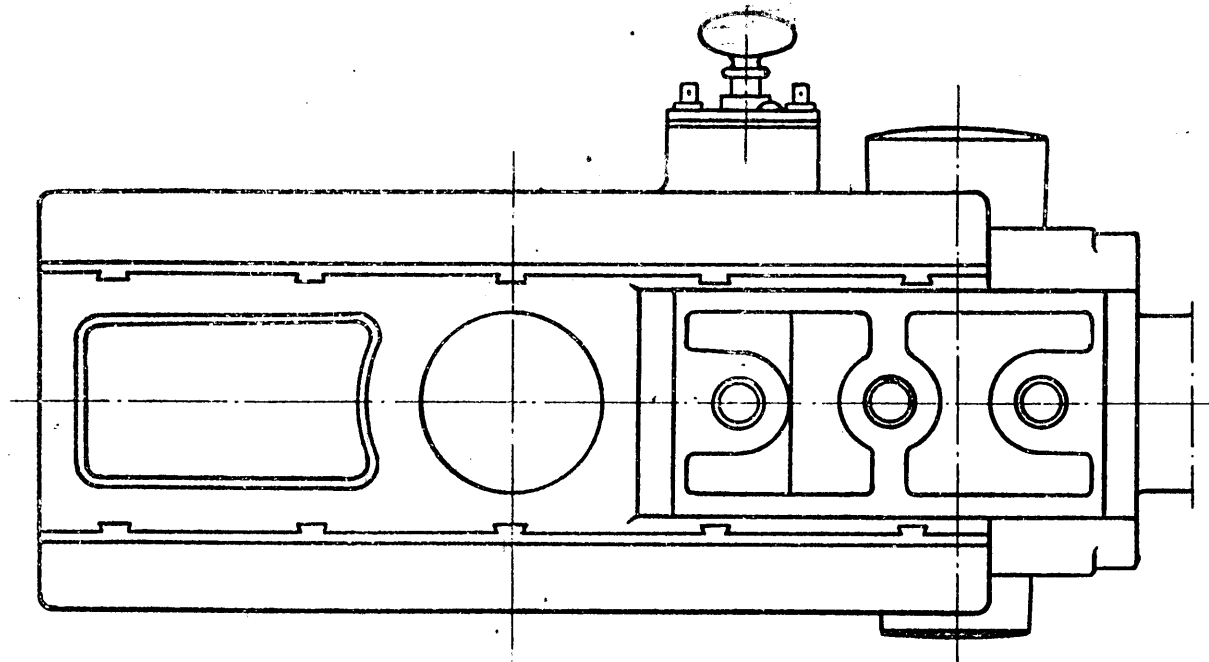


FIG. 203

supérieure de la petite tête de la bielle motrice. Le graissage du patin supérieur est effectué à travers la glissière qui est munie d'un graisseur à pointeau, à mèche ou d'une boîte à billes dans le cas du graissage sous pression.

b) **Crosse à 4 glissières** (fig. 203).

La crosse d'une seule pièce est constituée par une fourche qui porte en son milieu une douille dans laquelle se fixe l'extrémité conique de la tige de piston, l'axe de la petite tête de bielle vient se placer entre les deux branches de la fourche. La crosse a un guidage parfait dans le sens vertical comme dans le sens horizontal entre quatre barres parallèles.

Cette crosse s'emploie surtout pour les cylindres intérieurs et est réglée sur ses faces de contact avec les quatre glissières (cylindres B. P. machines 131 TA). Les surfaces de frottement en forme d'équerre sont lubrifiées par des graisseurs montés sur les deux glissières supérieures.

c) **Crosse à glissière unique.**

Cette crosse en acier moulé comporte à sa partie supérieure une cage rectangulaire formant fourreau embrassant la glissière. Cette disposition est moins encombrante que celle à deux glissières. La figure 204 représente la crosse HP des 241-A. Le fourreau est fermé à sa partie supérieure par un chapeau rapporté boulonné. Le fourreau porte deux patins ou coulisseaux, un inférieur et un supérieur garnis d'antifricition. Pour rendre la crosse plus légère, le chapeau et le patin supérieur peuvent être en alliage d'aluminium (le patin inférieur en bronze) et les joues de faible épaisseur.

d) **Crosse à patins multiples.**

L'usure des patins dépend du graissage, mais aussi des pressions unitaires, c'est-à-dire de leur surface. C'est ainsi qu'on constate par exemple sur les 141-001 à 250 des usures anormales du patin inférieur correspondant à la marche arrière parce qu'on en a trop diminué la longueur pour réduire le poids. Le type de crosse à patins multiples permet d'obtenir des pressions unitaires très faibles (inférieures à 2 kg.) tout en réalisant une économie importante de poids par rapport à la construction courante, mais l'usinage doit être précis afin d'obtenir une portée simultanée sur tous les plans de guidage.

Un second avantage de ce type de crosse est que les surfaces de frottement sont mieux abritées des projections de poussière qui, en venant s'interposer entre elles contribuent beaucoup à l'usure. La figure 205 représente a crosse montée à l'origine sur la 241-101 et 231-523 (cylindre intérieur).

e) **Crosse américaine à glissière unique type Laird.**

La figure 206 représente le type de crosse très répandu en Amérique qui est appliqué aux 141-R. La crosse en une seule pièce comporte deux joues parallèles venues de fonte, à leur partie inférieure avec le bossage recevant l'extrémité arrière de la tige. Ces deux joues sont réunies à leur partie supérieure par une pièce transversale formant patin qui est pincée entre deux glissières parallèles au moyen de boulons transversaux. C'est donc la glissière qui embrasse la crosse au lieu que ce soit celle-ci qui vienne l'entourer comme dans la figure 204. Les surfaces frottantes horizontales et les parties intérieures des joues frottant sur la glissière inférieure sont garnies d'antifricition ou de bronze. Les crosses de ce type sont relativement légères.

### 3° Assemblage de la crosse et de la tige de piston.

Plusieurs modes de fixation de la tige dans la crosse ont été essayés sur les locomotives mais l'extrémité de la tige se termine toujours par une portée conique. L'emmanchement a été complété soit par un écrou vissé sur un filetage en bout de la tige et prenant appui sur la crosse, soit par un coin enfoncé entre la crosse et l'extrémité de la tige (grande base du cône). Dans ce dernier cas l'emmanchement dans la crosse nécessitait après pénétration de la tige dans son logement, la mise en place de deux coquilles. La seule disposition couramment employée aujourd'hui est celle de la figure 207.



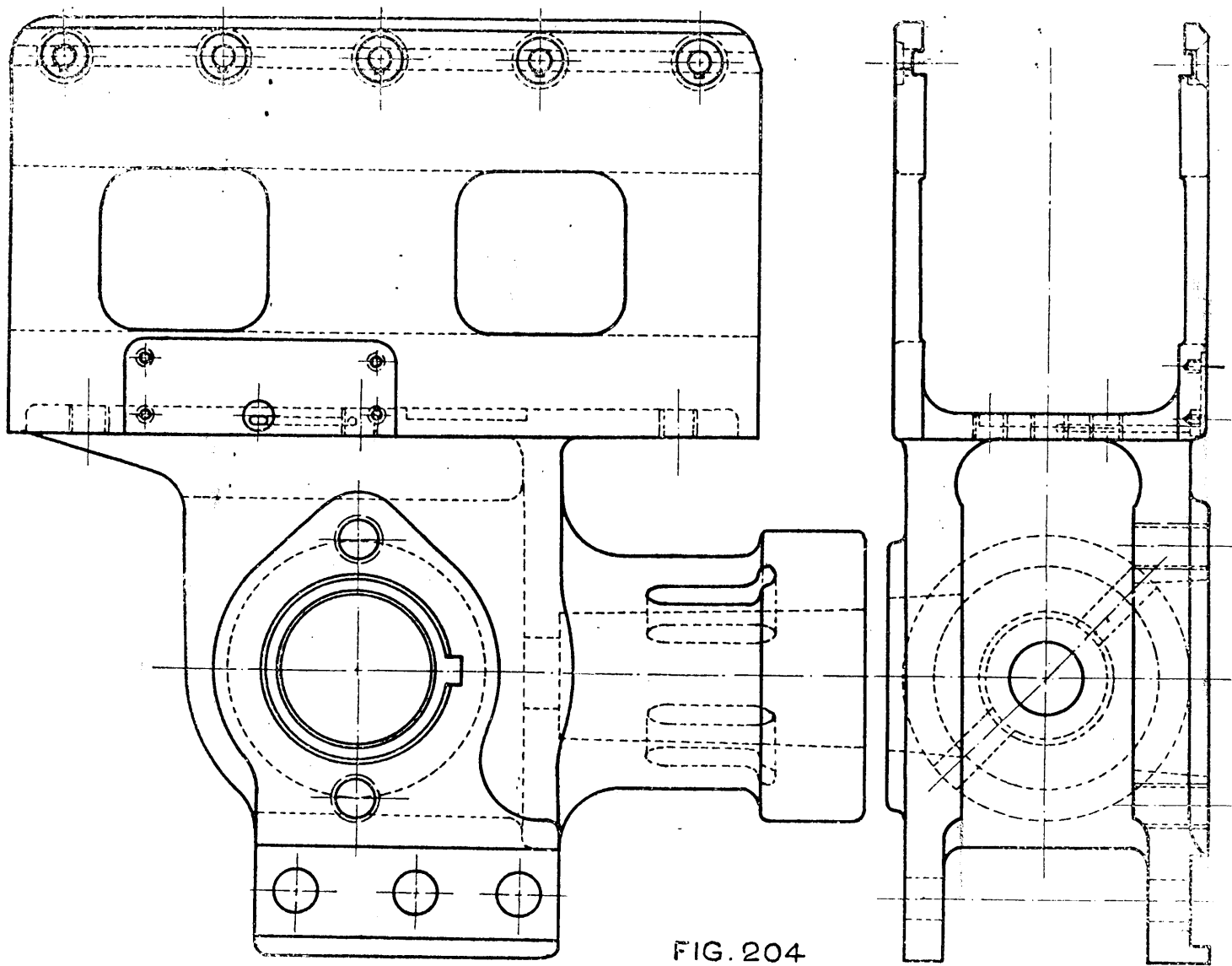


FIG. 204

a) **Assemblage à clavette transversale.**

La tige se termine par une partie conique dont le petit diamètre est à son extrémité et qui s'emmanche juste dans l'alésage correspondant du renflement de la crosse. Elle est assujettie par une clavette inclinée sur un ou deux champs et ajustée dans une mortaise pratiquée à la fois dans la crosse et la tige. Les arêtes des mortaises de la crosse et de la tige ne correspondent pas exactement, de telle sorte que l'assemblage étant réalisé, la clavette porte à l'arrière sur la tige de piston et à l'avant sur la crosse. L'emmanchement de la clavette dans la crosse se fait jusqu'à

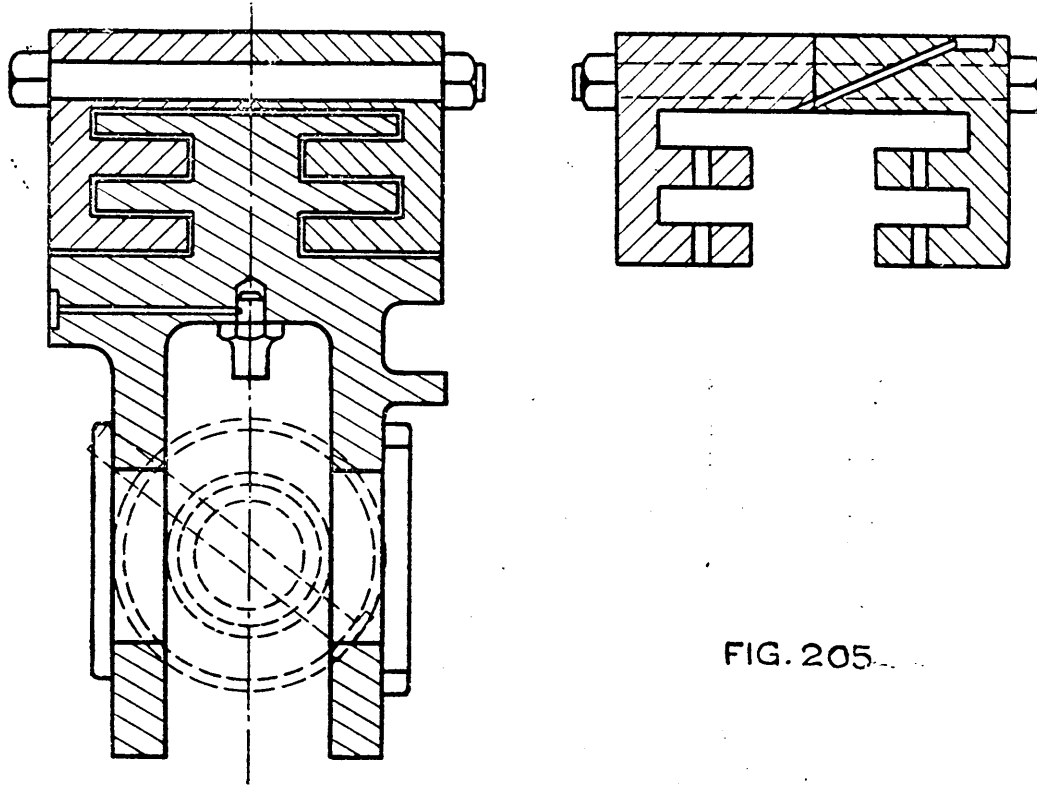


FIG. 205

refus et le jeu qui subsiste entre les parties non en contact s'appelle le serrage de la clavette. Il doit être de 3 m/m minimum.

Désignons par  $\alpha$  le demi-angle au sommet du cône et par  $f = \operatorname{tg} \varphi = 0,10$ , le coefficient de frottement. Sous l'effort axial  $P$ , ayant produit le coincement des deux cônes, les deux parties en contact ont subi une déformation élastique, la pénétration s'est faite, malgré le frottement, au-delà du contact géométrique. Pour que les cônes ne puissent se désassembler sous un effort axial  $P'$  de sens contraire à  $P$ , c'est-à-dire pour que le cône mâle puisse entraîner par adhérence le cône femelle, il faut :

$$P' \leq 2 R \sin (\alpha - \varphi)$$

$R$  étant la réaction totale appliquée sur les faces en contact.

On réalisera cette condition en ayant  $P'$  nul ou négatif, c'est-à-dire avec  $\alpha \leq \varphi$  ou une conicité faible et inférieure à 10 % (on prend généralement 5 à 10 %). Si cependant  $\alpha > \varphi$  il faut que la pression des surfaces en contact, c'est-à-dire  $R$  soit suffisante. Or, on avait au montage :

$$P = 2 R \sin (\alpha + \varphi)$$

d'où l'on tire :

$$P' \leq P \frac{\sin (\alpha - \varphi)}{\sin (\alpha + \varphi)}$$

Il faut donc exercer un effort  $P$  suffisant au montage. Cet effort  $P$  peut s'exercer de deux façons différentes, soit en poussant avec une presse le cône de crosse sur le cône de tige maintenu fixe, soit en exerçant un effort de traction sur l'extrémité du cône de la tige par une clavette. Cette dernière méthode est la seule couramment

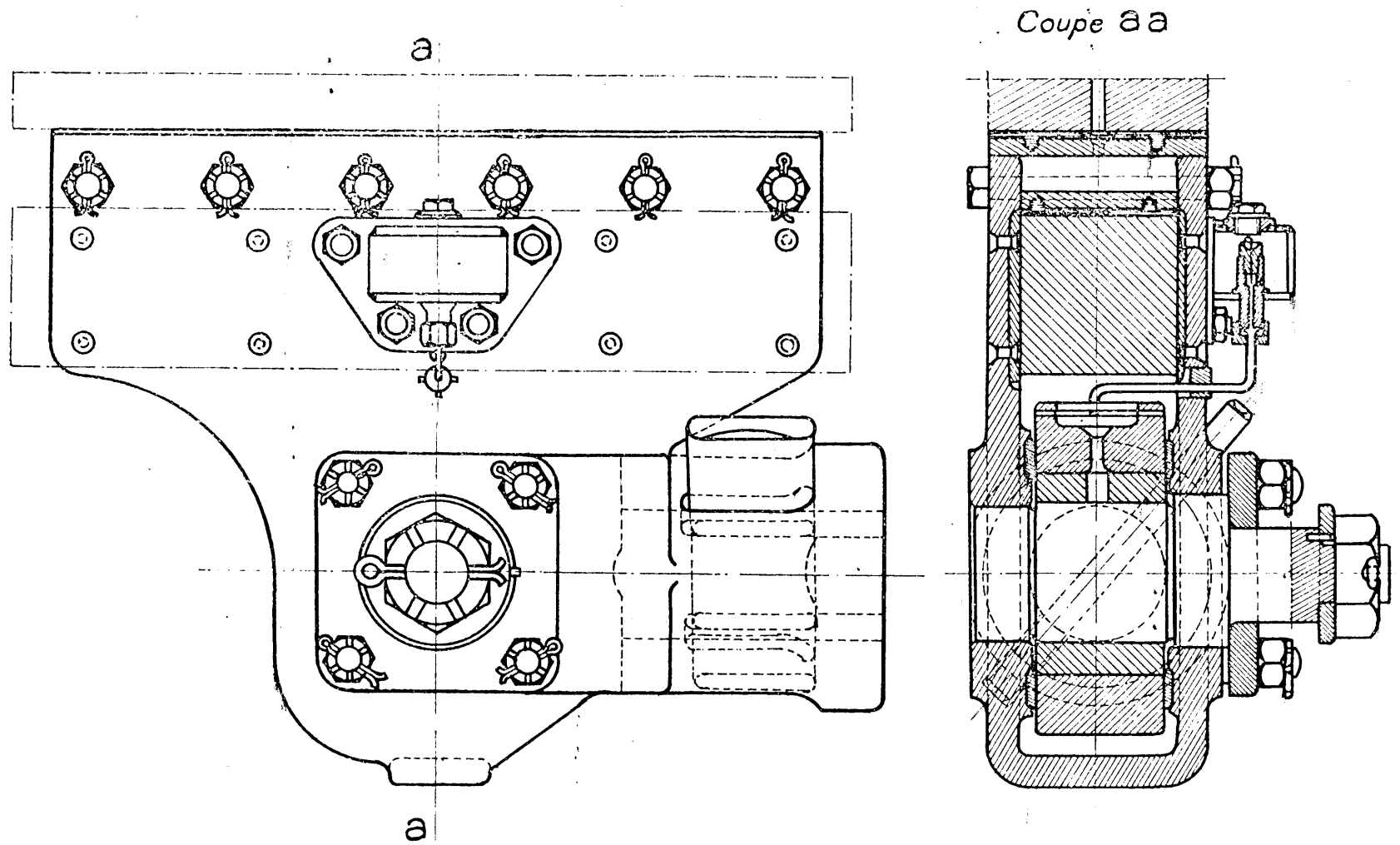


FIG. 206

employée. Elle présente cependant un inconvénient : en frappant sur la clavette, on développe une certaine tension du métal du cône de la tige qui croît depuis A jusqu'à B (fig. 207) ; cette tension est donc maximum dans la section où se trouve la mortaise parce qu'elle est plus faible que celle d'entrée et qu'elle s'en éloigne. Ce mode d'assemblage nécessite donc une augmentation du diamètre de la tige par rapport au diamètre strictement nécessaire à la résistance. D'autre part, en marche, l'effort de traction exercé par le piston a, pour effet dans une des courses d'allonger la tige ; il en résulte une fatigue de la matière plus grande à cet endroit qui peut dans certains cas, amener la rupture de la tige.

Pour résister sans se déformer aux chocs auxquels elle est soumise, la clavette est confectionnée en acier très résistant ( $R = 70 \text{ kg/mm}^2$ ). Ses champs sont arrondis pour diminuer le risque

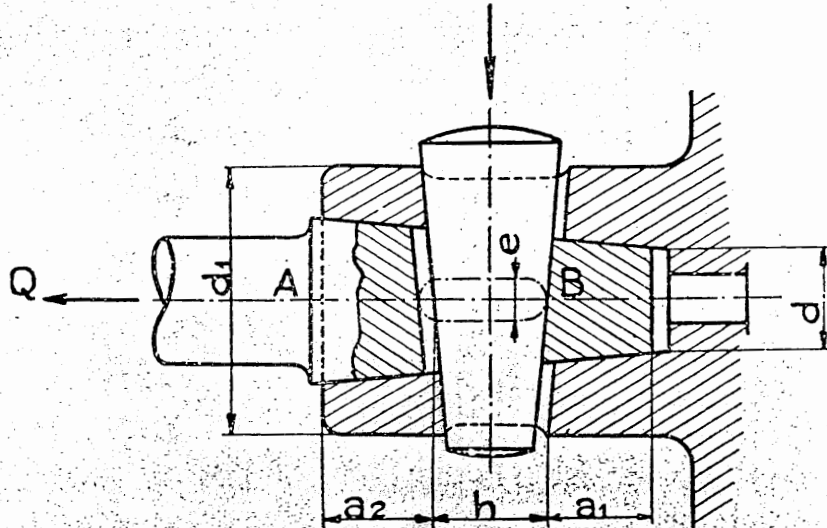


FIG. 207

de grippage à l'assemblage. On y ajoute un dispositif de sécurité qui s'oppose au démontage.

b) Dimensions des pièces.

Désignons par  $Q$  l'effort transmis par le piston ;  $d$  le diamètre en bout de la tige ;  $e$  l'épaisseur de la clavette (fig. 207)  $R$  la charge unitaire de rupture.

On tire la valeur de  $d$  de l'équation :

$$\left( \frac{\pi d^2}{4} - ed \right) R = Q$$

soit en choisissant  $e = \frac{d}{4}$

$$d = \sqrt{\frac{2Q}{R}} \text{ approximativement.}$$

La pression  $p$  sur la surface d'appui de la mortaise de la tige est égale à :

$$p = \frac{Q}{ed}$$

soit en remplaçant  $e$  et  $d$  par leurs valeurs ci-dessus.

$$p = 2 R \text{ approximativement,}$$

et en admettant cette même pression  $p$  pour la crosse, on aura :

$$d_1 = 2 d$$

Pour les dimensions  $a_1$ ,  $a_2$  et  $h$ , on doit prendre :

$$a_1 = a_2 = 0,67 \text{ à } 0,75 h.$$

c) **Emmanchement ou crossage.**

Il est réalisé suivant deux principes différents :

*Premier cas.* — La résistance de la crosse à la pénétration de la tige est jugée suffisante. L'emmanchement de la tige se fait jusqu'au refus de la crosse et, dans ce cas, on est fixé sur la valeur de la pénétration. En exagérant l'effort qui tend à ouvrir la crosse et qu'il est difficile de régler, on s'expose cependant à la fissurer ce qui se produit généralement à l'avant dans le prolongement des mortaises d'où la consolidation de l'assemblage prévue soit par renflement, soit par frette rapportée. On s'expose aussi ainsi qu'il a été dit, à créer des tensions internes trop élevées dans le cône de la tige. La fatigue de la clavette dans le sens où l'effort  $Q$  du piston tend au décrochage est faible puisqu'elle n'a à résister qu'à l'effort  $Q - P'$ . Avec un crossage à refus  $P'$  est supérieur à  $Q$  et la clavette ne supporte aucun effort. S'il y a une surpression face arrière du piston,  $Q$  devient supérieur à  $P'$  et la clavette résiste à son tour pour s'opposer au décrochage. S'il y a une surpres-

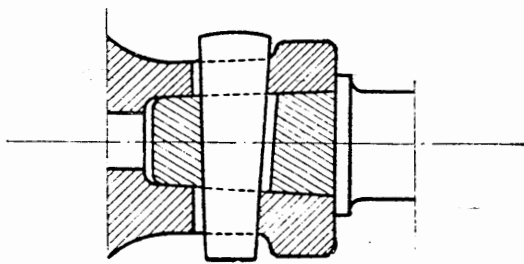


FIG. 208 a

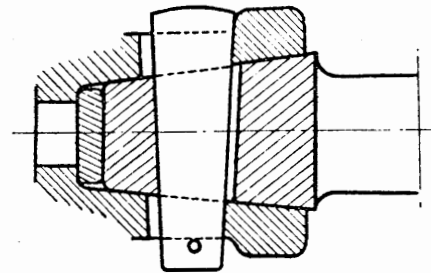


FIG. 208 b

sion face avant du piston la tige peut s'enfoncer encore davantage dans la crosse en risquant de la fissurer et en desserrant le clavetage.

*Deuxième cas.* — La résistance de la crosse à la pénétration de la tige n'est pas jugée suffisante pour assurer à elle seule une bonne liaison des deux pièces. On fait alors porter la tige après pénétration contre la crosse. Ce contact supplémentaire doit être prévu après la pénétration maximum que la crosse et la tige sont capables de supporter. On réduit ainsi au minimum la fatigue de la clavette, l'on évite à la crosse en service tout effort anormal d'extension perpendiculairement à la direction de son axe et à la tige au montage tout effort exagéré de mise en tension. Bien réalisé, cet emmanchement est le meilleur. Très mal réalisé, si le contact supplémentaire se produit avant toute pénétration ( $P$  et *a fortiori*  $P'$  nuls), tout effort  $Q$  du piston est reporté sur la clavette de crosse qui devra résister à cet effort. Pour un effort  $Q$  anormal (surpression face arrière du piston), la clavette risque d'être cisailée, tout au moins déformée, le clavetage prend du jeu et l'assemblage se disloque. Ce montage serait analogue à celui qu'on obtiendrait en employant un emmanchement cylindrique qui ne convient pas aux efforts alternés. Assez mal réalisé si le contact supplémentaire se produit avant une pénétration suffisamment poussée, l'assemblage présente les mêmes inconvénients mais à un degré moindre.

Pour faire porter la tige contre la crosse deux moyens sont employés soit qu'un collet vienne appuyer sur la face avant de la crosse (fig. 208 a) soit que son extrémité porte sur le fond de la crosse, au besoin par l'intermédiaire d'une rondelle (fig. 208 b).

Le crossage par portée conique, s'il présente l'avantage très d'être résistant, présente l'inconvénient d'un démontage difficile. Pour l'effectuer, on prévoit un trou en bout pour chasser la tige soit en frappant, soit avec la presse Chambon; on peut aussi employer deux contre-clavettes de forme spéciale et une clavette centrale sur laquelle on frappe.

#### 4 Assemblage de la crosse et de la bielle motrice.

Le boulon de crosse appelé aussi axe de petite tête de bielle motrice assure la liaison de la crosse avec la bielle motrice. Ce boulon est rendu solidaire de la crosse. La bielle n'a sur le boulon qu'un déplacement angulaire peu important, mais il ne faut pas que, dans ce déplacement, elle entraîne le boulon car si les portées encastrées du boulon dans les alésages de crosse sont suffisantes pour résister à l'effort du piston elles seraient insuffisantes pour éviter un échauffement par frottement.

Les différents modèles de boulons de crosse sont :

— celui de la *figure 209 A* à portées cylindriques. Le boulon est maintenu dans le sens longitudinal par un écrou qui sert aussi à l'attache du bras commandant le levier d'avance que deux goujons plus petits empêchent de tourner. Une clé et une goupille freinent l'écrou. Le boulon est empêché de tourner par un ergot ou par un ou deux méplats de sa tête qui s'engagent dans une cavité *ad hoc*.

— celui de la *figure 209 B* à portées coniques qui permettent le rattrapage de jeu et un meilleur ajustage.

— celui de la *figure 209 C* à portées coniques où le blocage longitudinal est obtenu par une bride qui s'oppose d'autre part à la perte de l'axe. Les deux portées coniques sont prises de préférence sur le même cône pour faciliter la correction de l'usinage et obtenir la simultanéité des deux portées, l'angle au sommet restant suffisamment petit pour permettre le coincement au montage.

Si l'axe est étagé, la portée cylindrique ayant un diamètre supérieur de 3 à 4 m/m à celui de la grande base du petit cône, il permet de faire plusieurs rafraichissements de sa portée cylindrique sans diminution de la largeur de la portée conique du petit cône dans la crosse, mais par contre, il est plus difficile d'obtenir la concordance des portées coniques, l'usinage nécessitant un déplacement de l'outil sur le tour. Cette difficulté d'usinage peut être éludée tout en conservant les portées coniques et la possibilité de rattraper les jeux par l'emploi de la bague bi-conique fendue de la *figure 209 B*.

— celui de la *figure 209 D* à portées cylindriques et clavette.

Les boulons de crosse sont en acier doux cémenté et trempé ou en acier G non trempé.

#### 5° Glissières de crosse et supports de glissières.

Les glissières sont des barres rectangulaires en acier D, D traité, E ou G forgé ou moulé présentant la forme approchée d'égale résistance (on peut les considérer comme reposant sur deux appuis et soumise en leur centre à l'effort maximum). Leur section doit donc être suffisante pour résister sans fléchir à l'effort  $N$  (*fig. 198*) ; c'est pour éviter toute déformation de ces pièces que certaines sont entretoisées vers le milieu de leur longueur. Leurs surfaces de frottement doivent être comme celles des patins de crosse rigoureusement parallèles à la direction de la tige de piston.

Les glissières sont fixées à l'avant au fond arrière du cylindre à des bossages venus de fonte à cet effet et à l'arrière à un support spécial solidaire du longeron. Ce montage se fait par l'intermédiaire de cales minces en laiton permettant d'opérer un certain réglage.

Quand les cylindres sont extérieurs, le support qui est en tôle ou en fer forgé ou plus couramment en acier moulé déborde le longeron sur lequel il est fixé et sert de support à l'axe de la coulisse.

Quand les cylindres sont intérieurs, les glissières sont fixées à l'arrière sur un caissonnement entretoisant les longerons qui porte également aussi les coulisses.

La forme de ces supports varie beaucoup suivant les types de machines, la disposition des cylindres, le nombre des glissières. Dans tous les cas, les glissières sont fixées sur leurs supports par des boulons emmanchés très durs, dans des trous préalablement alésés.

Parfois, les extrémités des glissières portent des talons ou des mortaises qui s'encastrent sur les supports et s'opposent d'une façon certaine à tout déplacement longitudinal, en soustrayant les boulons à tout effort de cisaillement si l'encastrement est sans jeu.

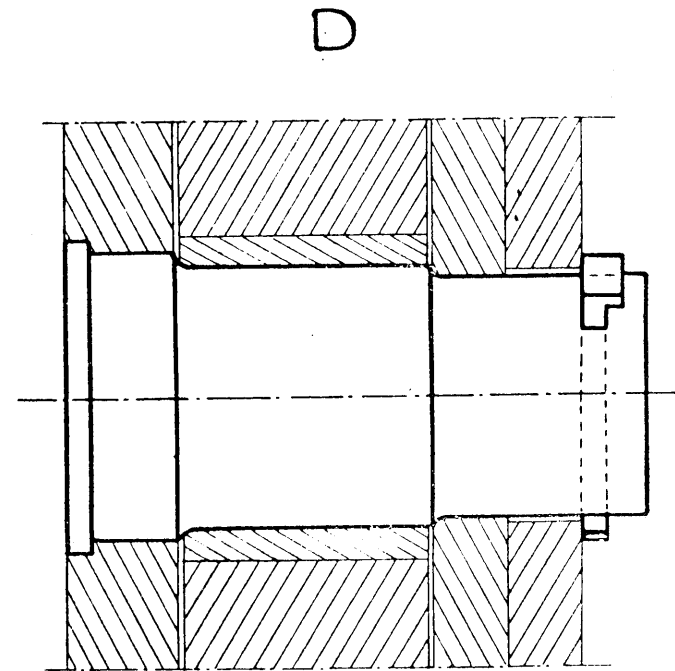
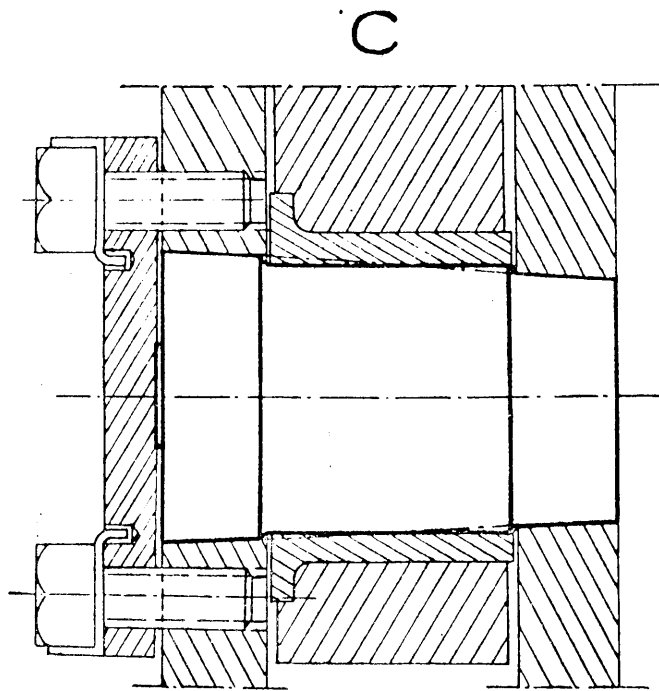
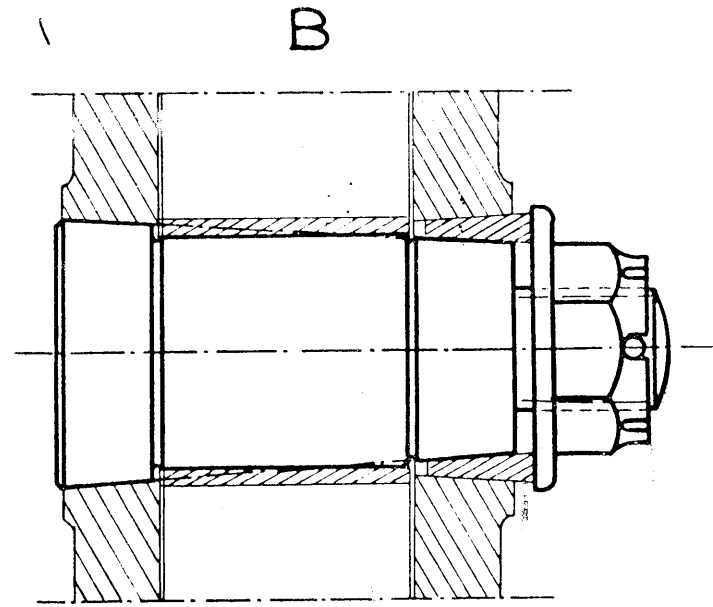
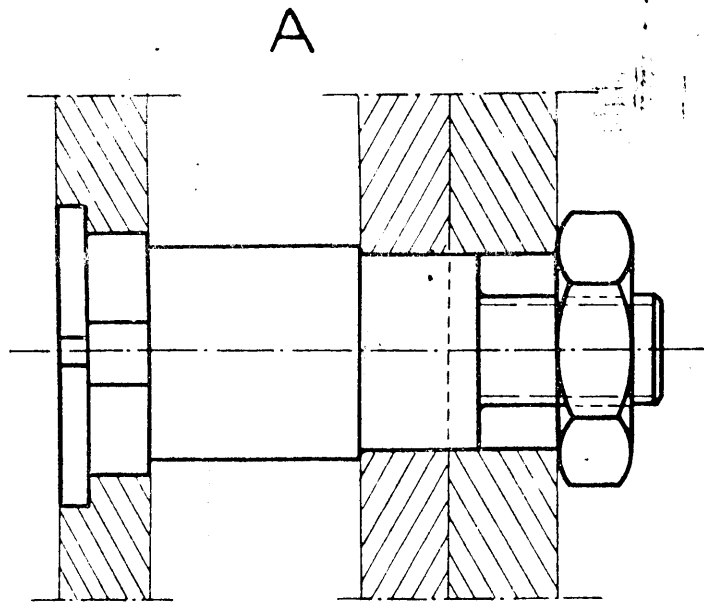
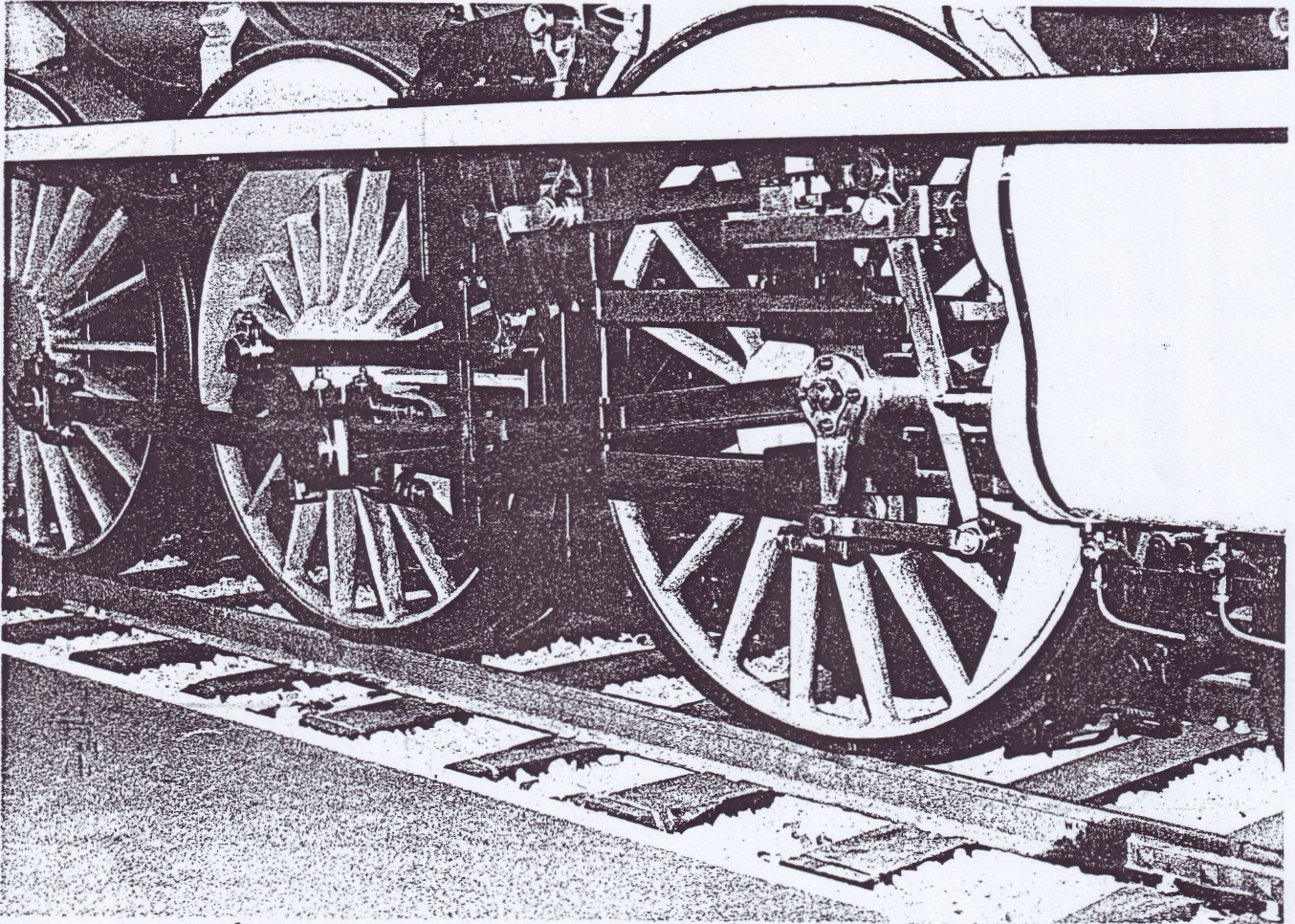


FIG. 209



Ph. Langier