

CHAPITRE IV

CHASSIS, SUSPENSION, ROUES

109. Châssis des locomotives. — Le châssis porte la chaudière et les cylindres, et repose sur les boîtes des essieux. Ce châssis doit résister en outre aux effets de la pression sur les fonds des cylindres et à la poussée transmise par les boîtes. Les attaches des cylindres au châssis sont soumises à de grands efforts, qui changent périodiquement de sens ; elles doivent être très solides.

En Europe, le châssis se compose de deux longerons en tôle découpée, réunis par une série de pièces transversales ou entretoises : on dit qu'il est intérieur lorsque les longerons sont placés entre les roues, extérieur lorsque les roues sont entre les longerons. Quelquefois le châssis est double, avec boîtes intérieures et extérieures ; mais on a renoncé généralement à cette disposition, qui complique la machine sans grand avantage.

Les longerons extérieurs laissent un peu plus de largeur disponible pour le foyer, qui n'est alors limité que par les roues ; mais ils s'entretoisent moins facilement que les longerons intérieurs, surtout lorsque les roues ont un grand diamètre.

Les longerons s'attachent, aux deux bouts, sur la traverse d'avant, parfois en bois, et sur celle d'arrière : les cylindres intérieurs les relient solidement ; une forte liaison transversale est nécessaire entre des cylindres extérieurs. En outre, les longerons sont entretoisés à l'endroit du support des glissières, ainsi qu'à l'avant et à l'arrière de la boîte à feu, qui empêche de les relier entre eux sur une longueur souvent assez grande. Les entretoises sont formées de tôles et de cornières rivées, ou de pièces fondues en acier.

On ne saurait prendre trop de soins, en faisant l'étude des locomotives et en les construisant, pour assurer la solidité du châssis, sans en exagérer le poids. Trop de locomotives pèchent par insuffisance du châssis et se disloquent rapidement. Les longerons sont affaiblis par les grandes découpures nécessaires pour recevoir les boîtes, et des cassures prennent parfois naissance dans les angles de ces découpures.

En Amérique, les longerons en tôle découpée ne sont pas employés, et le châssis est formé de grosses barres de fer à section carrée, forgées et soudées.

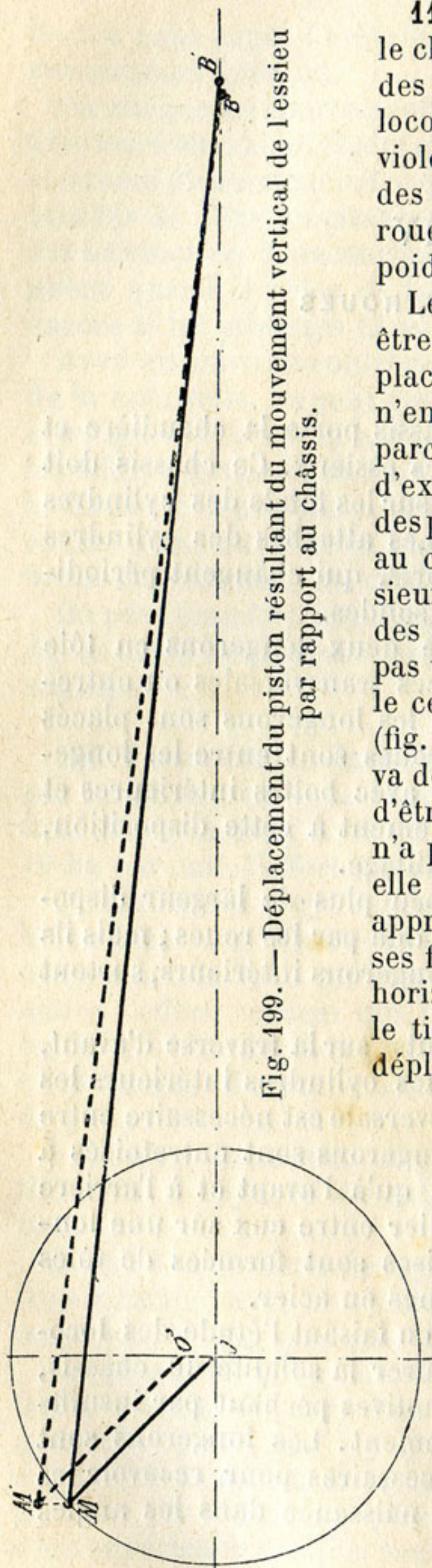


Fig. 199. — Déplacement du piston résultant du mouvement vertical de l'essieu par rapport au châssis.

110. Suspension. — Des ressorts séparent le châssis et les boîtes, qui sont guidées entre des glissières verticales. Sans ces ressorts, la locomotive et les rails recevraient des chocs violents et destructeurs. En outre, par suite des flexions et inégalités de la voie, certaines roues ne toucheraient pas le rail, et tout le poids se reporterait sur les autres.

Les ressorts des wagons et voitures peuvent être très flexibles et permettre de grands déplacements de la caisse sur les essieux : il n'en est pas de même pour la locomotive, parce que les bielles motrices et les barres d'excentriques rattachent l'essieu moteur à des pièces du mécanisme invariablement liées au châssis ; puis l'accouplement relie les essieux entre eux. Par suite du mouvement des ressorts, l'axe du cylindre ne rencontre pas toujours l'axe de l'essieu moteur. Quand le centre de l'essieu moteur passe de O en O' (fig. 199) par rapport au châssis, la manivelle va de OM en $O'M'$, et la tête du piston, au lieu d'être en B , se trouve en B' . Cette différence n'a pas grande importance pour le piston, car elle devient insignifiante quand la manivelle approche de ses points morts, et le piston de ses fonds de course, si l'axe du cylindre est horizontal. Mais le même effet se produit sur le tiroir et trouble la distribution quand le déplacement est trop grand. Avec des barres

longues de 1 180 mm et un rayon d'excentricité de 70 mm, un déplacement de 3 cm de l'essieu moteur correspond pour le tiroir à un écart de 2 mm environ.

Lorsque l'axe du cylindre est incliné, le relèvement ou l'abaissement de l'essieu moteur influe sur la position du piston aux fonds de course : avec une inclinaison de l'axe du cylindre de 12 cm par mètre, une bielle motrice longue de 1 500 mm, une course de 600 mm, le piston à fond de course peut être déplacé d'environ un centimètre, si le jeu des ressorts permet une oscillation de 4 centimètres en dessus

et en dessous de la position normale de l'essieu.

Lorsque deux essieux sont accouplés, si l'un d'eux se soulève, ce mouvement exige un peu de jeu sur le tourillon de la bielle d'accouplement, qui ne peut pas s'allonger : avec une bielle longue de 1200 mm, la distance d'axe en axe des tourillons augmente de 4 dixièmes de millimètre quand un essieu est soulevé ou abaissé de 31 mm.

Les ressorts de suspension des locomotives sont habituellement formés de lames d'acier, serrées par une bride : la lame supérieure,

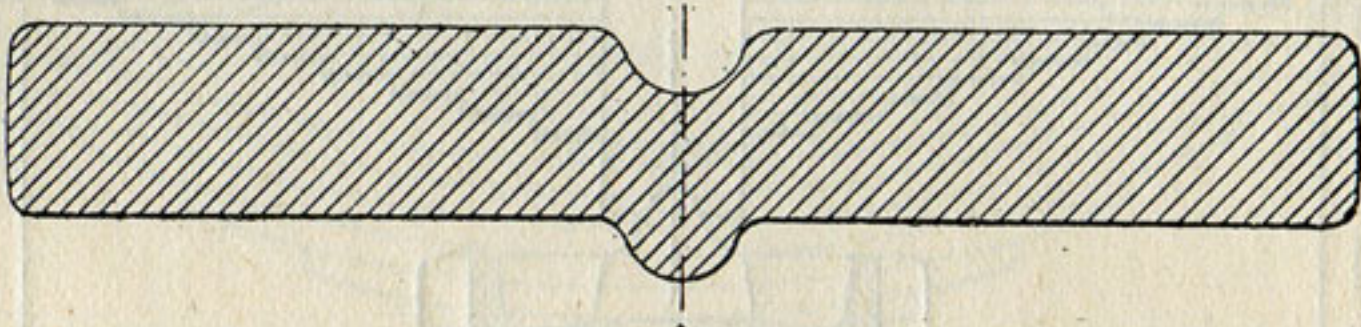


Fig. 200. — Acier rainé pour ressorts.

ou maîtresse feuille, est rattachée aux tiges de suspension. Les ressorts de locomotives ont plusieurs feuilles de même longueur que la première. Les feuilles d'acier sont souvent laminées avec une petite nervure sur une face et une gorge correspondante sur l'autre (fig. 200), de sorte que les lames du ressort ne peuvent se déplacer

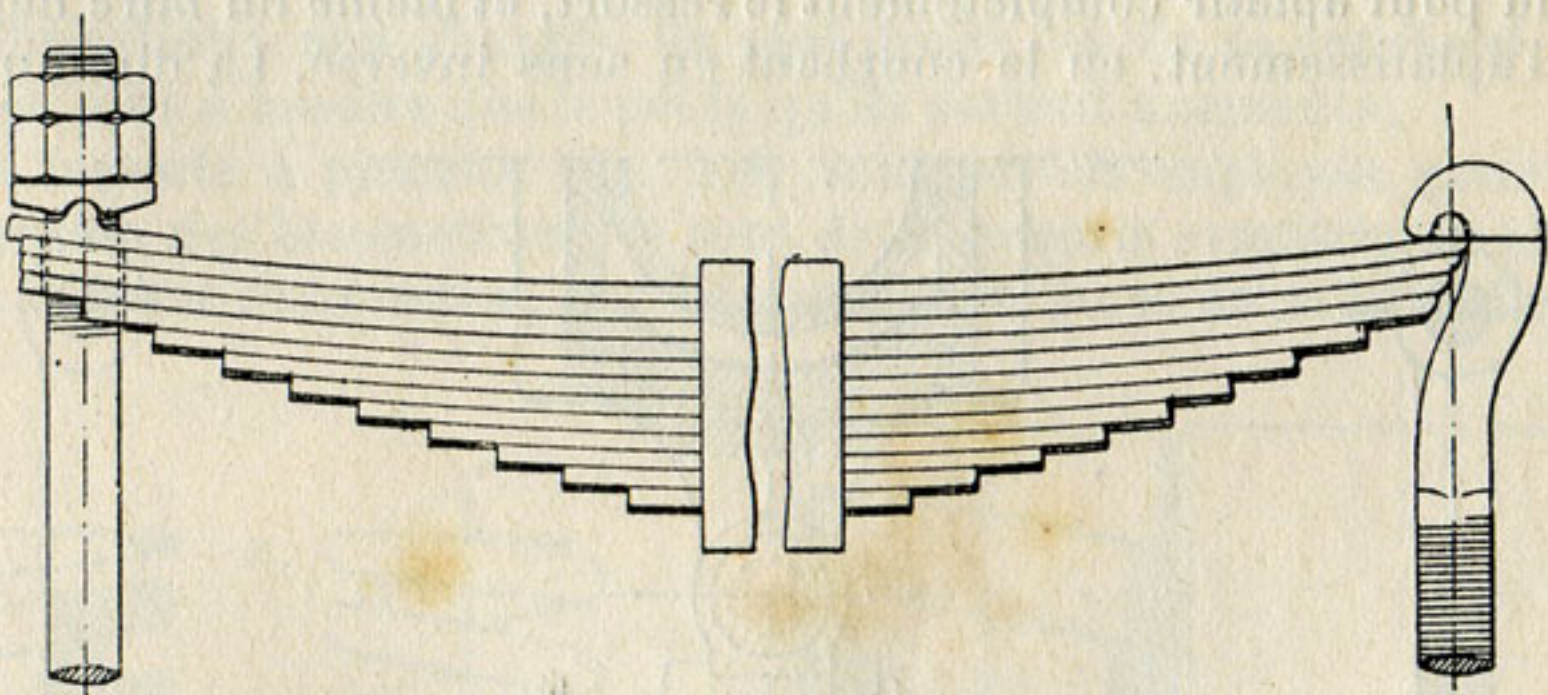


Fig. 201. — Attache des tiges de suspension par écrous (à gauche), et par crochet (à droite).

en travers. Elles glissent quelquefois dans le sens de la longueur, si la bride ne les serre pas bien.

L'attache des tiges de suspension à la maîtresse feuille se fait de diverses manières : la figure 201 représente deux types fréquents d'attache, l'un avec écrous sur la tige traversant un œil ovalisé dans les lames, l'autre avec un crochet qui n'entaille pas les lames.

Le ressort est au-dessus de la boîte de l'essieu (fig. 202), sur laquelle il oscille librement ; ou bien il est placé sous la boîte, à laquelle il est rattaché par une pièce articulée (fig. 203). Les tiges de

suspension agissent alors par pression ; le châssis repose sur les tiges, et les conditions d'équilibre sont moins bonnes.

Un ressort non monté présente une certaine flèche de fabrication ;

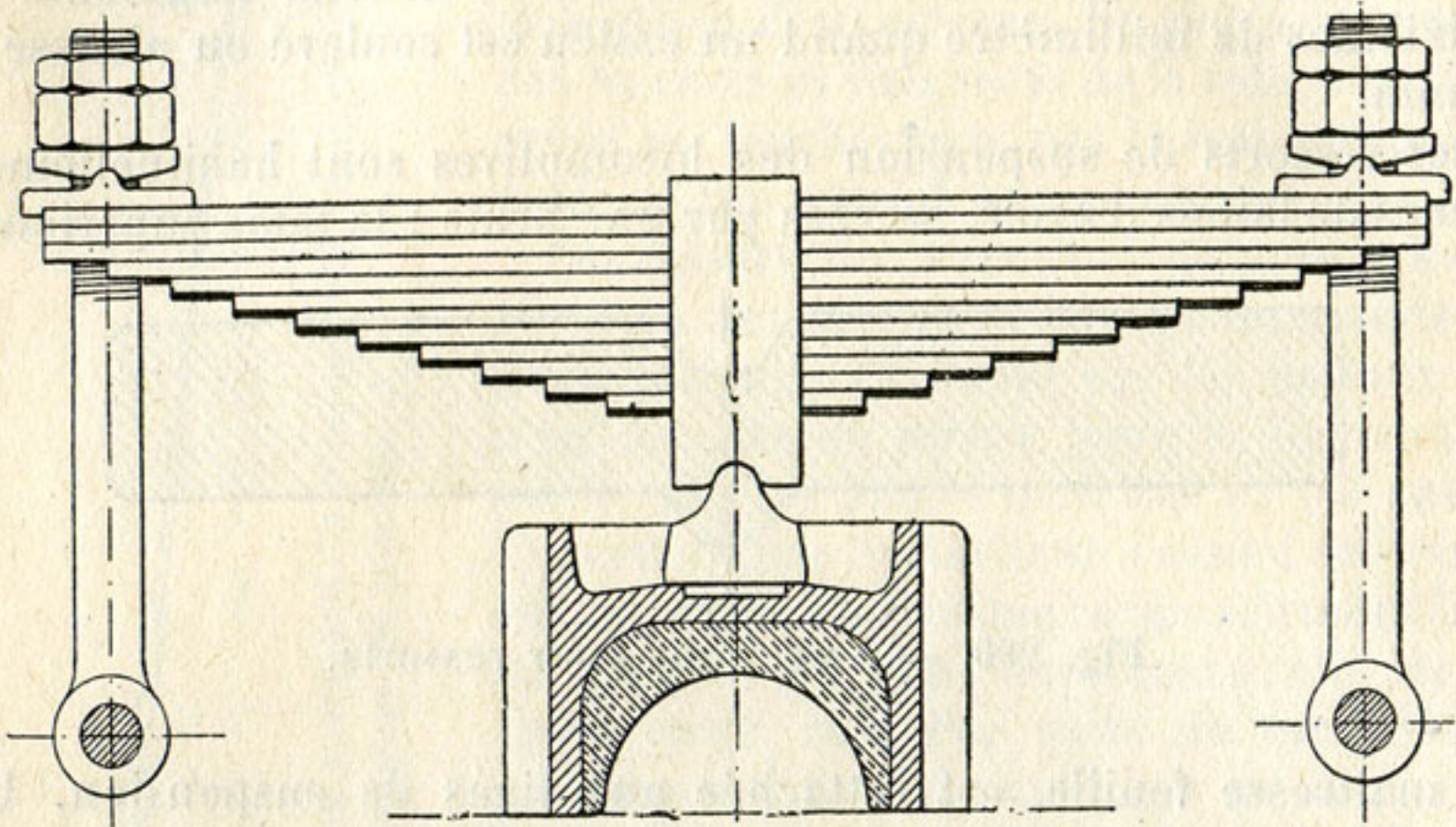


Fig. 202. — Ressort en-dessus de la boîte.

quand on le charge, la flèche diminue ; le poids peut être assez grand pour aplatir complètement le ressort, et même lui faire dépasser l'aplatissement, en le courbant en sens inverse. La diminution

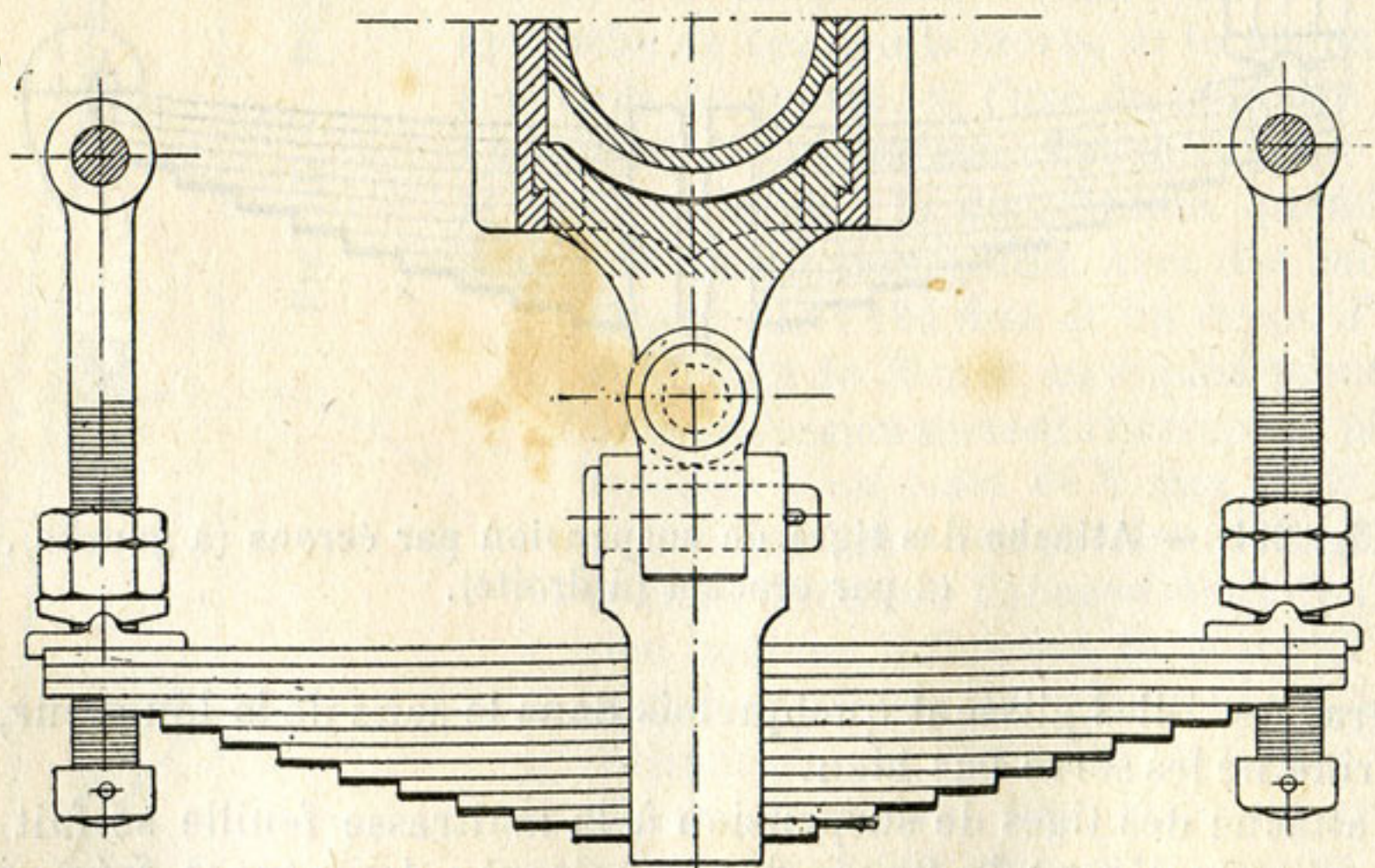


Fig. 203. — Ressort sous la boîte.

de flèche est à peu près proportionnelle à la charge : la flexibilité par tonne est souvent de 5 mm, pour les ressorts de locomotives : si la flèche de fabrication est de 40 mm, la flèche ne sera plus que de

35 mm sous une charge de 1 000 kg, de 30 mm pour 2 000 kg, etc.; 8 000 kg aplatiront complètement le ressort.

Les ressorts à lames de Belpaire, en Belgique, n'ont pas de flèche

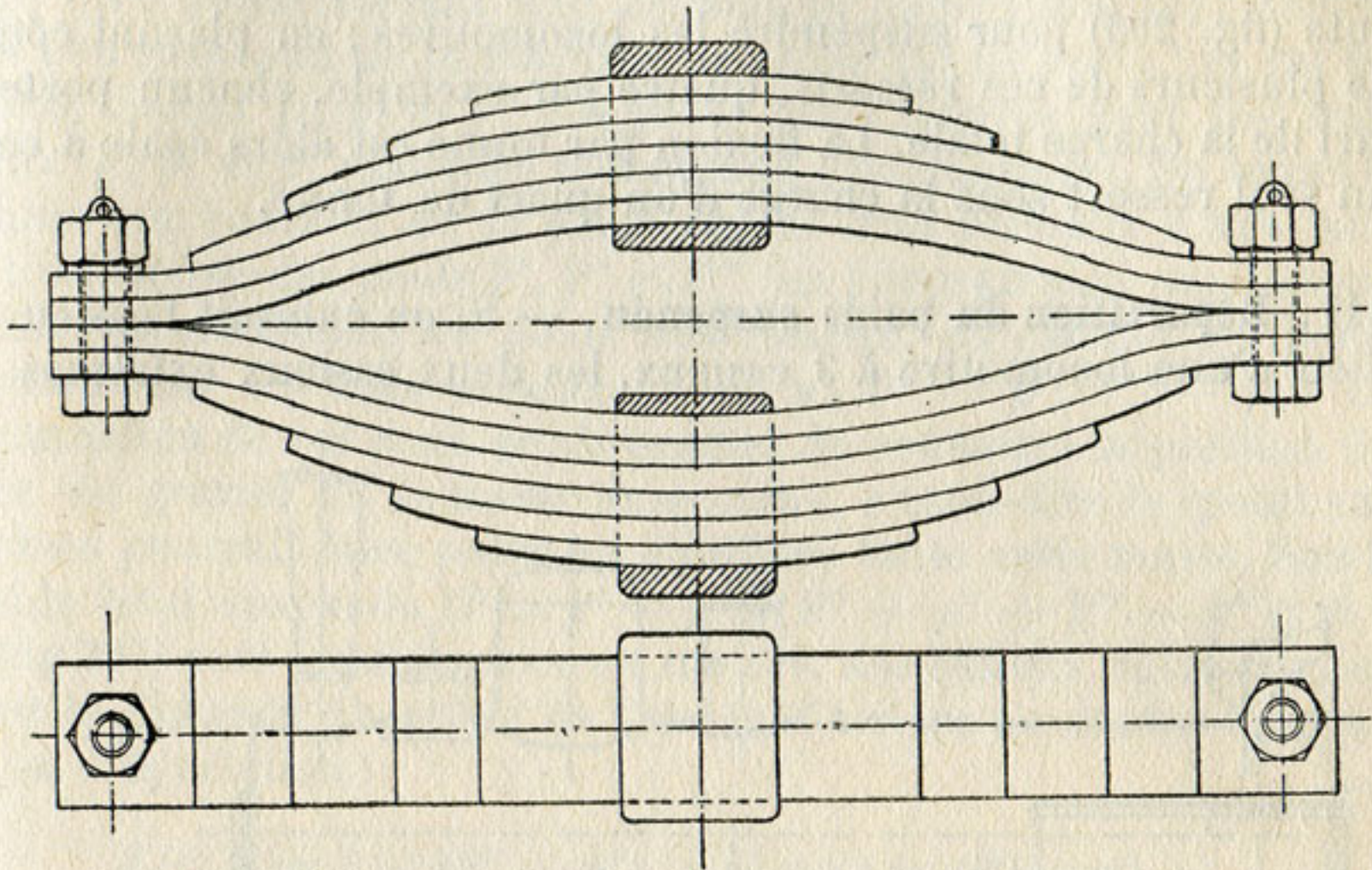


Fig. 204. — Ressort à pincette.

de fabrication: non chargés, ils sont droits, et ils se courbent de plus en plus à mesure que le poids qu'ils portent augmente.

Les ressorts à pincette (fig. 204) sont parfois employés pour la suspension des locomotives: ce sont deux ressorts symétriques articulés à leurs extrémités; le poids suspendu porte au milieu d'une

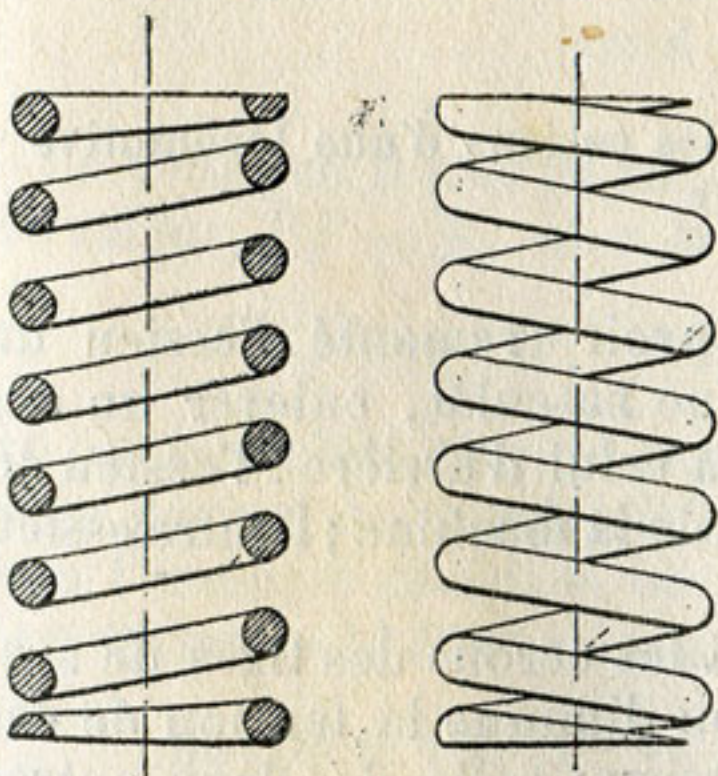


Fig. 205. — Ressort à boudin.

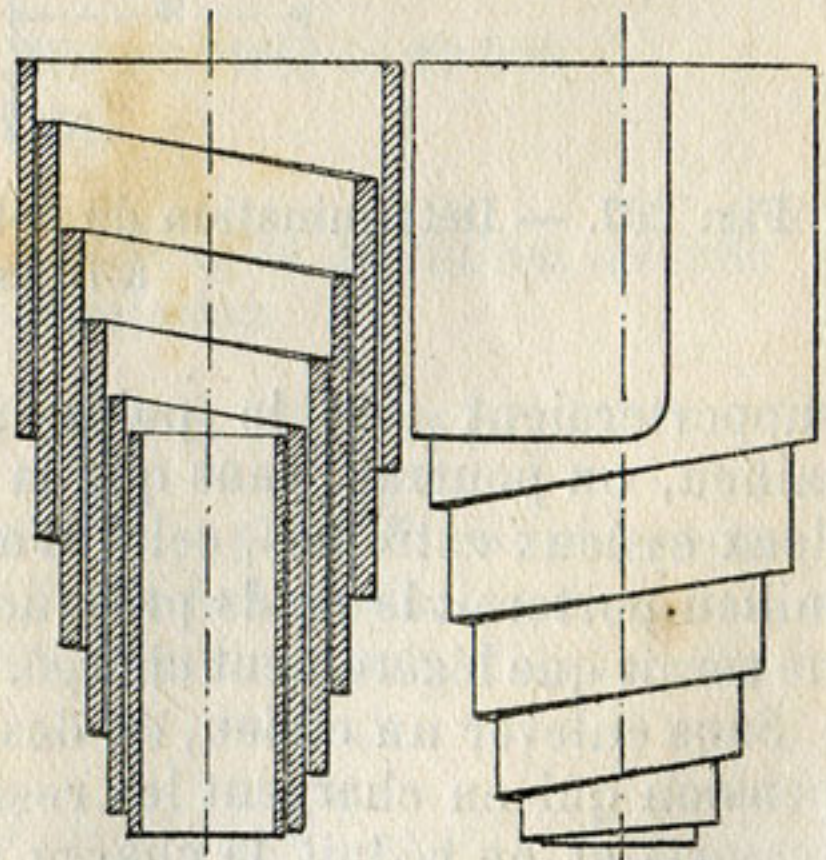


Fig. 206. — Ressort en volute.

des parties, l'autre s'appuie sur la boîte. La flexion par tonne est le total des flexions des deux parties, c'est-à-dire le double de la

flexion d'une moitié : chacune de ces moitiés porte tout le poids suspendu.

Quelquefois on emploie les ressorts à boudin (fig. 205) ou en volute (fig. 206) pour suspendre les locomotives ; en plaçant côte à côte plusieurs de ces ressorts, quatre par exemple, chacun porte le quart de la charge totale. La flexion par tonne est alors égale à celle d'un seul ressort sous la charge d'un quart de tonne.

111. Répartition du poids suspendu. — Si on enlevait l'essieu du milieu d'une locomotive à 3 essieux, les deux essieux extrêmes en

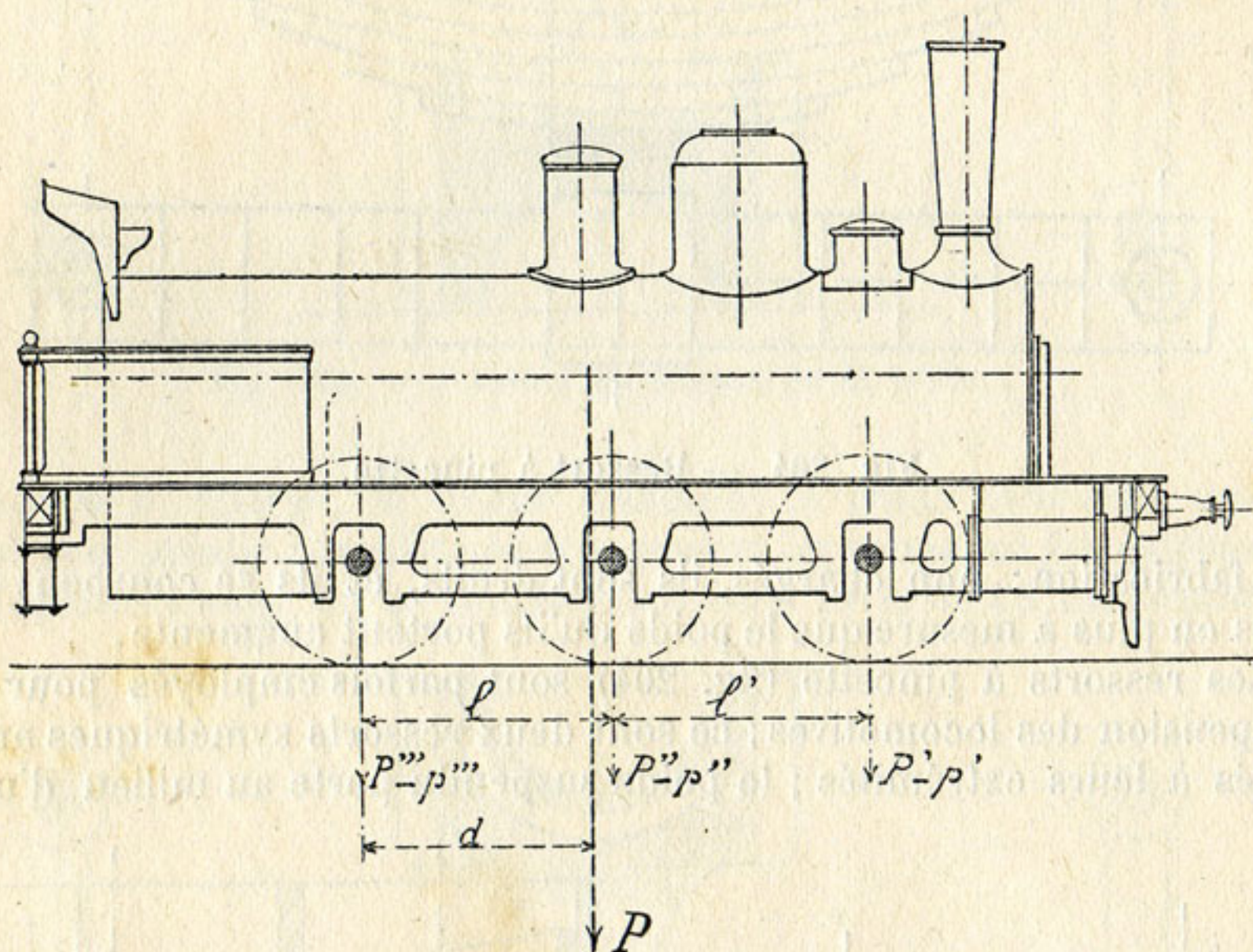


Fig. 207. — Détermination du poids sur les essieux d'une locomotive à trois essieux.

supporteraient tout le poids. Après avoir remonté l'essieu du milieu, on pourrait, sans que la machine basculât, enlever un des deux essieux extrêmes, celui d'avant ou celui d'arrière : l'essieu du milieu porterait le poids presque entier de la machine ; l'autre essieu ne serait que légèrement chargé.

Sans enlever un essieu, en desserrant les écrous des tiges de suspension qui en chargent les ressorts, on diminue la tension de ces ressorts et on réduit la charge sur l'essieu ; celle des deux autres essieux en est modifiée ; on fait ainsi varier, entre des limites éloignées, le poids que supporte chacun des essieux.

On peut se fixer à volonté, entre certaines limites, la charge sur l'un des essieux, celui du milieu par exemple, et des formules simples permettent de calculer la charge de chacun des deux autres.

Il faut commencer par peser chacun des trois essieux avec ses boîtes, ressorts, colliers d'excentrique, et avec la portion des bielles qu'il porte (suivant une estimation approximative) : c'est le poids non suspendu de la machine, le poids qui ne porte pas sur les ressorts. Soient p' , p'' et p''' les poids ainsi trouvés pour les trois essieux (p' , p'' et p''' étant des nombres de kilogrammes). On remet la machine sur roues et on la place sur les trois plateaux d'une bascule : on trouve des poids P' , P'' et P''' (en kilogrammes) sur chaque plateau : en déduisant les poids des essieux, on calcule les poids suspendus sur les trois essieux, $P' - p'$, $P'' - p''$, $P''' - p'''$. La détermination de ces trois poids permet de connaître la position du centre de gravité de la masse suspendue, c'est-à-dire le point sur lequel on pourrait faire poser en équilibre toute cette masse. Soit P le poids total suspendu ($P = P' - p' + P'' - p'' + P''' - p'''$) ; si l et l' (fig 207) sont les distances, en mètres, des essieux entre eux, et si d est la distance cherchée de l'essieu d'arrière au centre de gravité, on a la relation :

$$d \times P = l \times (P'' - p'') + (l + l') \times (P' - p')$$

Par exemple avec les valeurs :

$$\begin{array}{lll} p' & 1\ 500 \text{ kg.} & P' = 10\ 500 \text{ kg.} & l = 2 \text{ m.} \\ p'' & 2\ 000 \text{ kg.} & P'' = 15\ 000 \text{ kg.} & l' = 1,800 \text{ m.} \\ p''' & 1\ 500 \text{ kg.} & P''' = 13\ 000 \text{ kg.} & \end{array}$$

le poids total suspendu, P , est de 33 500 kg, et

$$\begin{aligned} d \times 33\ 500 &= 2 \times 13\ 000 + 3,800 \times 9\ 000 = 60\ 200 \\ \text{ou } d &= 1,795 \text{ m.} \end{aligned}$$

Si on veut que la charge suspendue sur l'essieu du milieu ait une autre valeur, $P_1'' - p''$, on a toujours la relation

$$d \times P = l (P_1'' - p'') + (l + l') \times (P_1' - p')$$

entre les nouvelles charges suspendues $P_1'' - p''$ et $P_1' - p'$; cette relation permet de calculer P_1' , puis P_1''' sur le troisième essieu.

Dans l'exemple choisi, si on veut que la charge sous l'essieu du milieu devienne 13 500 kg, on a :

$$60\ 200 = l \times (P_1'' - p'') + (l + l') \times (P_1' - p')$$

c'est-à-dire $60\ 200 = 2 \times 11\ 500 + 3,800 \times (P_1' - 1\ 500)$

D'où on tire $P_1' = 11\ 300 \text{ kg.}$

On en déduit enfin $P_1''' = 13\ 700 \text{ kg.}$

C'est une meilleure répartition que la première.

On suppose que la charge est la même sur les deux roues d'un

essieu : c'est une condition facile à réaliser, vu la symétrie de la locomotive par rapport au plan vertical qui passe par l'axe de la voie, mais qui n'est pas nécessairement satisfaite : on pourrait, au contraire, arriver à faire porter presque tout le poids de la locomotive en biais sur deux roues seulement, par exemple sur la roue gauche avant et sur la roue droite arrière ; ce serait, bien entendu, une déplorable répartition, et il faut obtenir à peu près l'égalité de poids sur les deux roues d'un essieu.

Quand les locomotives ont quatre essieux, on peut se donner,

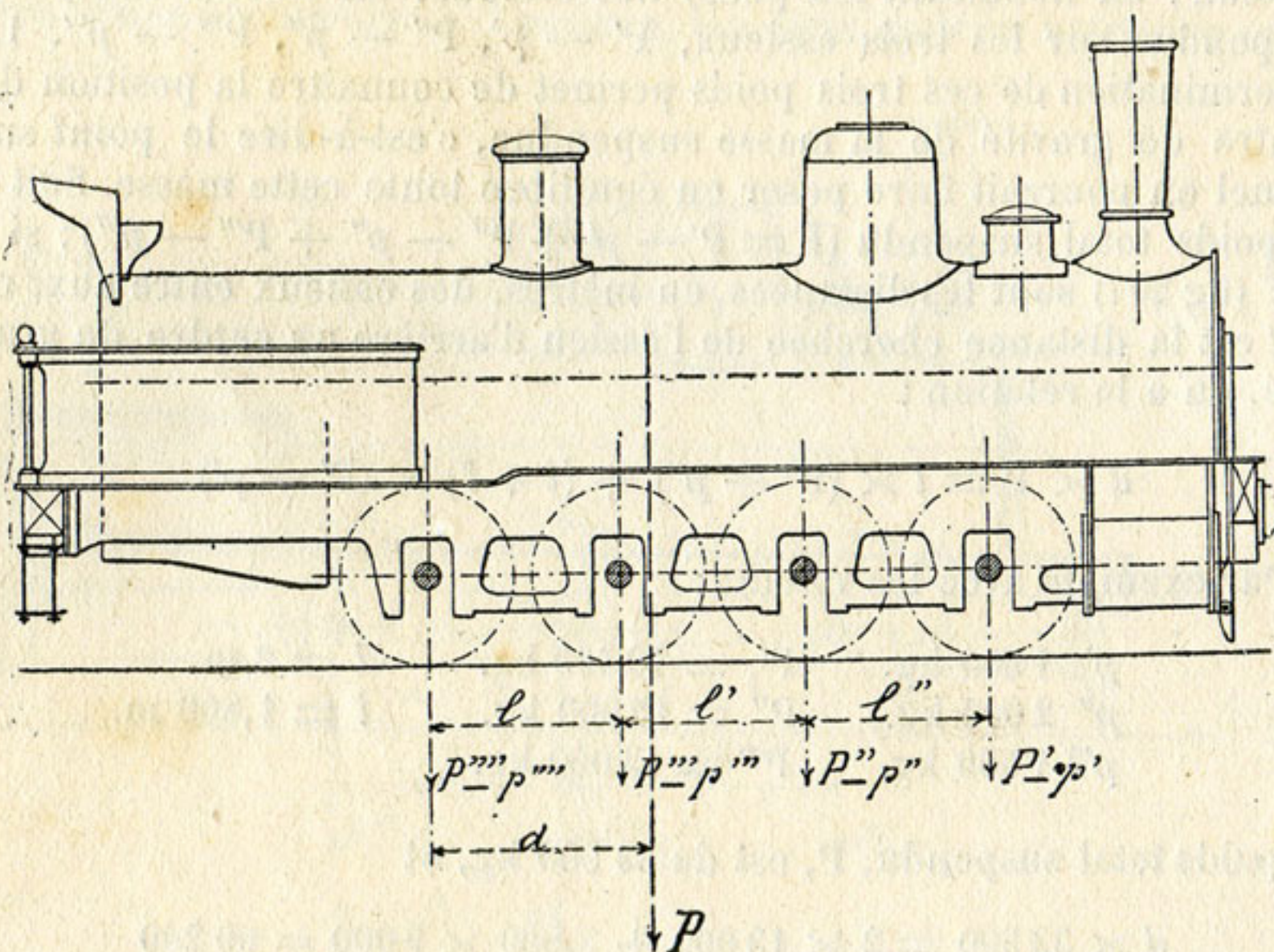


Fig. 208. — Poids sur les essieux d'une locomotive à quatre essieux.

entre certaines limites, les charges sur deux des essieux. En appelant de même p' , p'' , p''' et p'''' les poids des quatre essieux, P' , P'' , P''' , P'''' les poids sur les quatre plateaux de la bascule, l , l' , l'' les distances des essieux, d celle du centre de gravité à l'essieu d'arrière (fig. 208), on a la formule, où P est le poids total suspendu :

$$d \times P = l \times (P'''' - p'''') + (l + l') (P''' - p''') + (l + l' + l'') (P'' - p'') + (l + l' + l'' + l''') (P' - p').$$

Cette formule permet de calculer d avec les résultats d'une première pesée, puis P'' , si l'on se fixe P' et P''' . On en déduit enfin P'''' .

112. Balanciers. — Si bien réparti que soit le poids suspendu d'une machine, la répartition ne se conserve que tant qu'elle roule sur une voie parfaitement dressée ; les inégalités de pose et les flexions des rails font jouer les ressorts et modifient constamment cette répartition pendant la marche. En outre, il est toujours à craindre

que la répartition ne soit gravement altérée par une manœuvre maladroite des écrous de réglage.

En attachant aux extrémités des deux bras égaux d'un balancier,

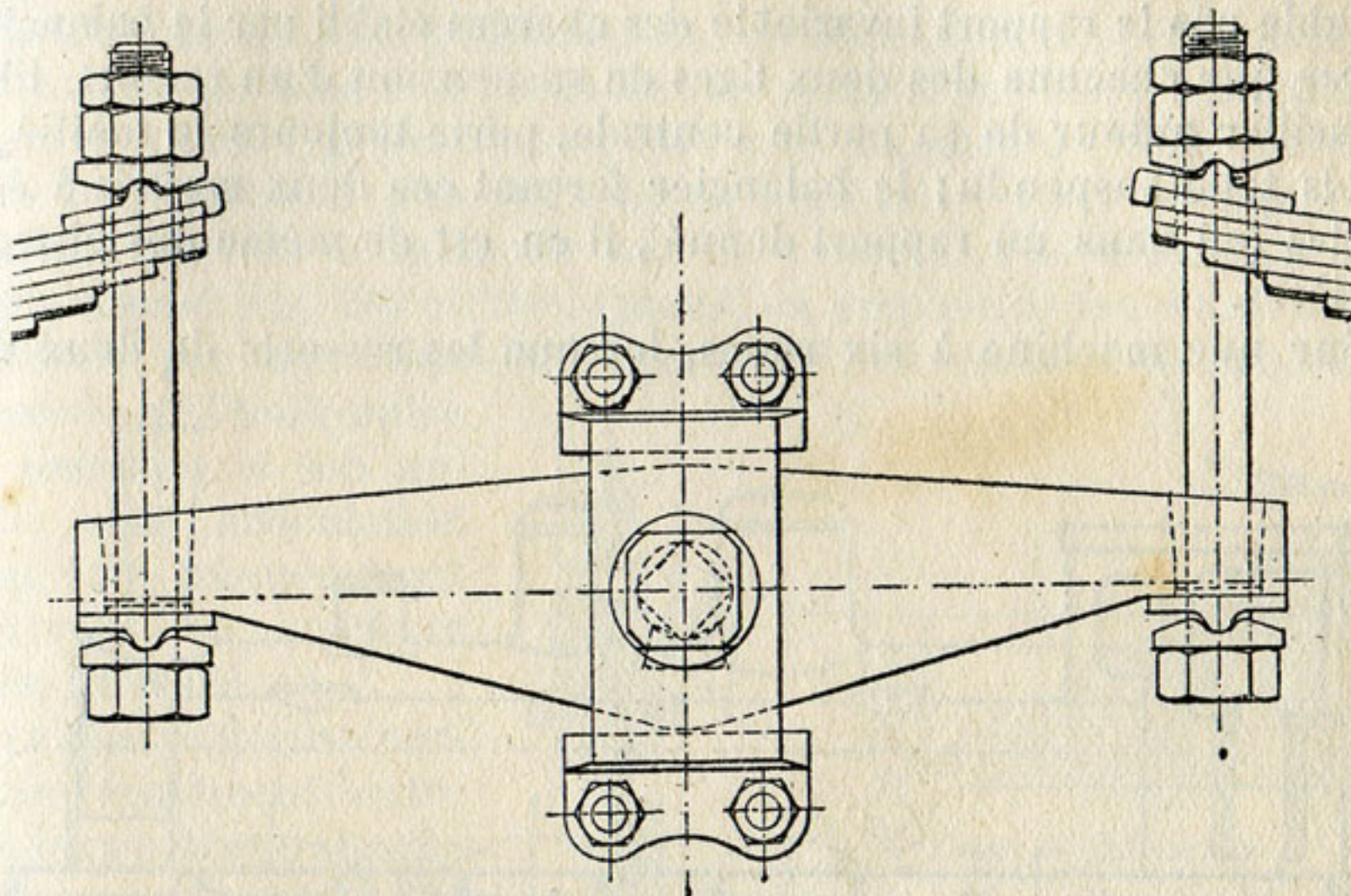


Fig. 209. — Balancier de suspension à bras égaux.

articulé sur un support, deux tiges de suspension voisines (fig. 209), au lieu de les fixer au longeron, on force les ressorts à avoir toujours

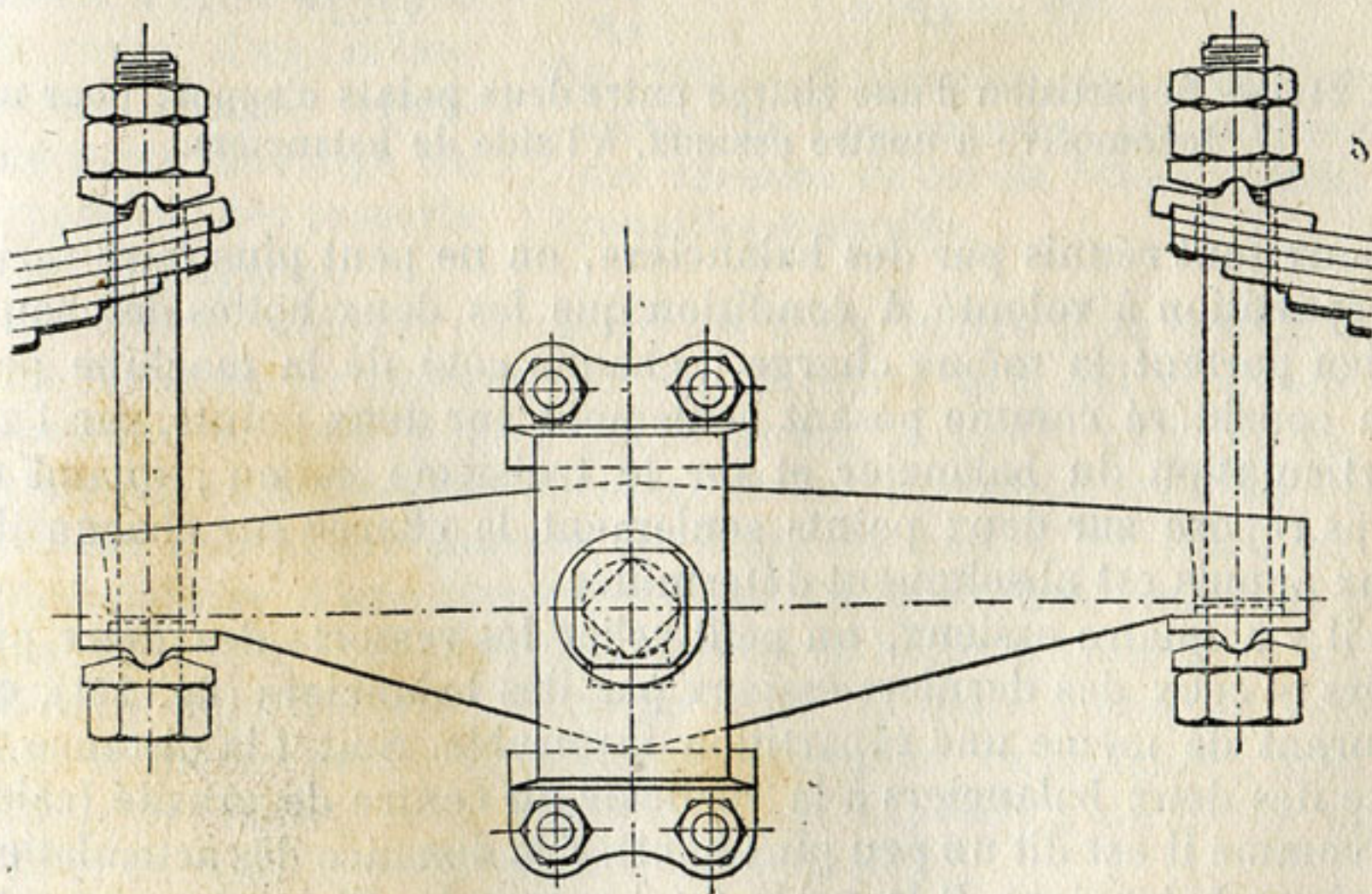


Fig. 210. — Balancier de suspension à bras inégaux.

la même tension; si les longueurs des deux bras sont inégales, dans le rapport de 4 à 5 par exemple (fig. 210), les charges supportées

par les deux bras seront dans le rapport inverse, de 5 à 4 : le bras le plus court porte la plus lourde charge.

L'autre tige de suspension, pour chacun des deux ressorts, reste articulée directement sur le longeron ; mais cette circonstance ne trouble pas le rapport invariable des charges établi par le balancier, parce que chacune des deux tiges de suspension d'un ressort, libre d'osciller autour de sa partie centrale, porte toujours la moitié du poids total suspendu ; le balancier forçant ces deux moitiés à être égales (ou dans un rapport donné), il en est de même des charges entières.

Sur une machine à six roues, lorsque les ressorts de deux des

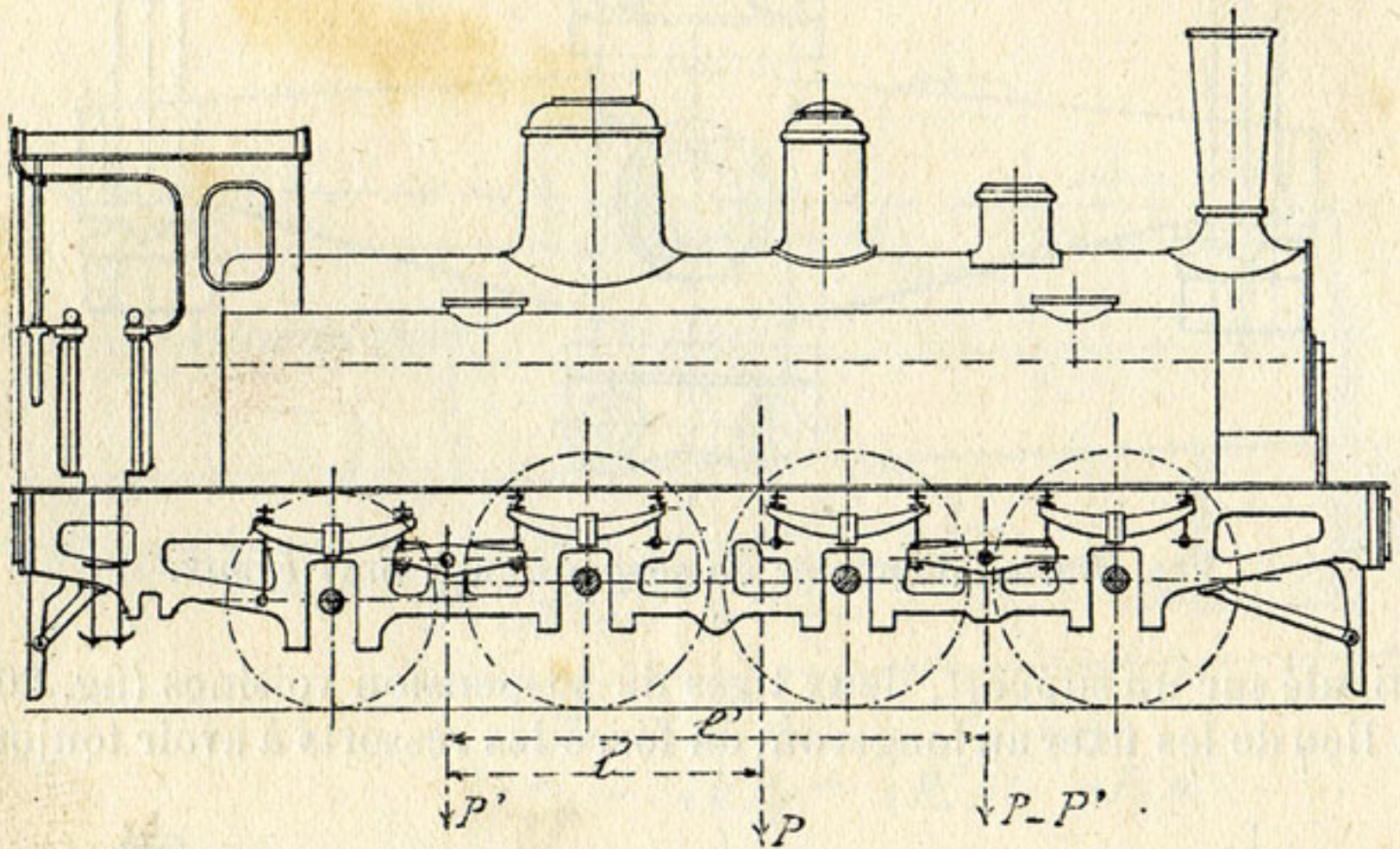


Fig. 211. — Répartition d'une charge entre deux points d'appui, pour une locomotive à quatre essieux, à l'aide de balanciers.

essieux sont réunis par des balanciers, on ne peut plus faire varier la répartition à volonté, à condition que les deux boîtes de chaque essieu portent la même charge : chaque côté de la machine peut être considéré comme posant seulement sur deux points, sur l'axe d'articulation du balancier et sur le troisième essieu ; quand un corps repose sur deux points seulement, la charge sur chacun des deux appuis est absolument déterminée.

S'il y a quatre essieux, on peut relier les ressorts des deux premiers et ceux des derniers essieux par des balanciers (fig. 211), qui assurent de même une répartition invariable. Soit l la distance de l'axe des deux balanciers à la verticale du centre de gravité (calculée comme il est dit un peu plus haut), l' la distance des articulations des deux balanciers, P le poids total suspendu, P' la charge portée par les deux essieux d'arrière ; les deux essieux d'avant porteront $P - P'$; on a la relation simple $P' \times l' = P \times (l' - l)$, d'où on déduit P' ; P' et $P - P'$, ainsi calculés, se répartissent entre les deux es-

sieux correspondants dans le rapport inverse des bras du balancier.

Pour que la répartition s'effectue exactement suivant les valeurs calculées, il faut que les articulations des balanciers, des tiges de suspension, des ressorts, soient parfaitement libres; parfois ces articulations ne sont pas graissées, ou bien sont grippées, usées et ne jouent pas bien : le balancier ne remplit pas alors convenablement son office; il peut même être plus nuisible qu'utile, et troubler la répartition plus qu'il ne la régularise. C'est pourquoi on articule souvent le balancier sur un couteau, c'est-à-dire sur une arête d'acier (fig. 209 et 210). Quand on emploie le tourillon, il faut assurer, par une disposition convenable des canaux de graissage, l'arrivée de l'huile entre le tourillon et son appui; cette articulation doit être fréquemment nettoyée et toujours bien lubrifiée.

La charge doit se partager également entre les deux côtés de chaque essieu; quelquefois des balanciers transversaux assurent cette égalité. Ces balanciers s'articulent sur le milieu du châssis, à égale distance des roues d'un même essieu; chaque extrémité porte une tige de suspension des ressorts qu'ils conjuguent.

Un ressort unique, chargeant les deux boîtes d'un essieu, remplace le balancier transversal. Sur la figure 212, qui représente la disposition adoptée pour l'essieu avant, à boîtes extérieures, de certaines locomotives des chemins de fer de l'Ouest, les deux extrémités du ressort, ne pouvant atteindre les boîtes, les chargent par l'intermédiaire d'une traverse à deux fragues. Des rondelles élastiques Belleville sont interposées entre la boîte et cette traverse.

L'égalité répartition de la charge entre les deux boîtes de l'essieu avant d'une locomotive est particulièrement importante; avec les boîtes extérieures, cette répartition est exposée à de fortes variations si aucune disposition spéciale ne la règle.

Les balanciers longitudinaux peuvent, de même, être remplacés par un ressort unique chargeant les deux boîtes voisines (fig. 227 et 228).

Si l'on place sur la bascule une machine avec balanciers, disposés comme il vient d'être dit et parfaitement libres de jouer, on

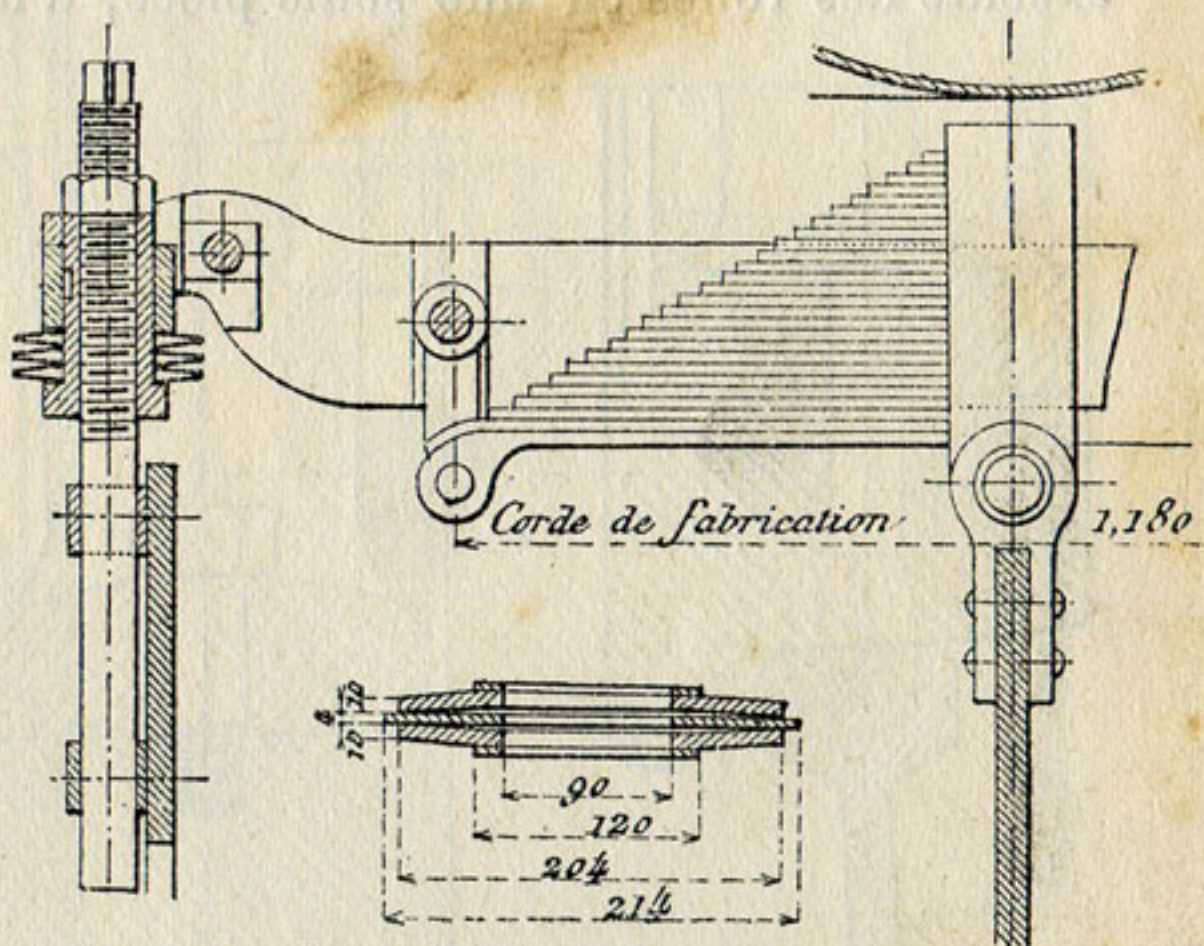


Fig. 212. — Suspension, par ressort transversal, de l'essieu avant des locomotives des chemins de fer de l'Ouest; détail des rondelles Belleville.

ne modifie pas la répartition en tournant les écrous de réglage, pourvu, bien entendu, que les deux côtés de la machine soient également chargés. Le réglage consiste alors simplement à mettre les boîtes à la hauteur convenable dans les glissières, et pourrait à la rigueur être fait sans bascule. Mais la pesée vaut toujours mieux, parce qu'elle montre si les articulations de la suspension fonctionnent bien.

113. Roues et bandages. — Les roues de locomotives étaient autrefois formées d'une série de barres de fer soudées à la forge. On exécute des roues en une seule pièce, d'un fort bel aspect, en fer

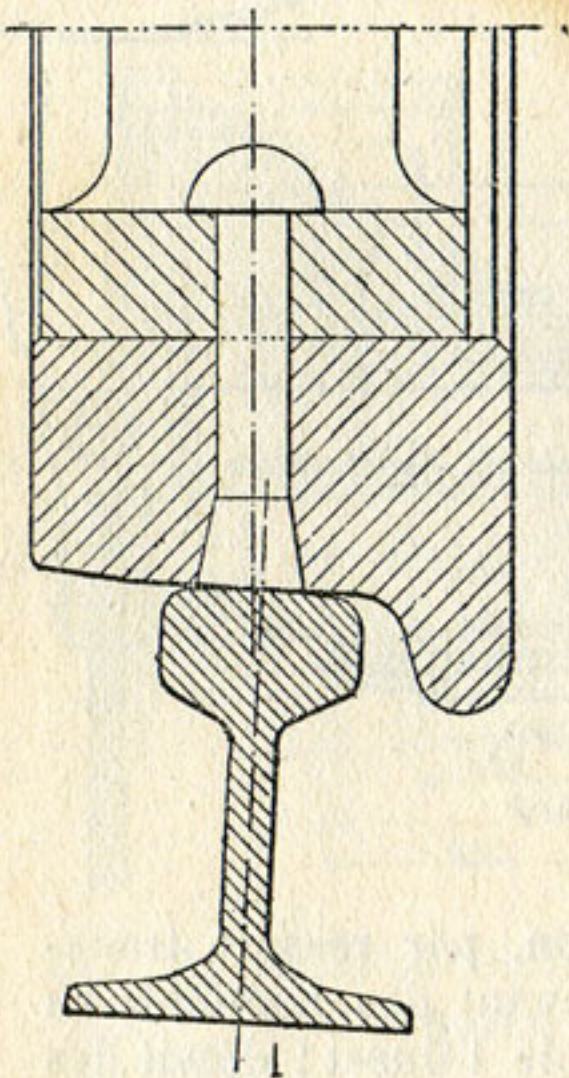


Fig. 213. — Bandage fixé par des rivets.

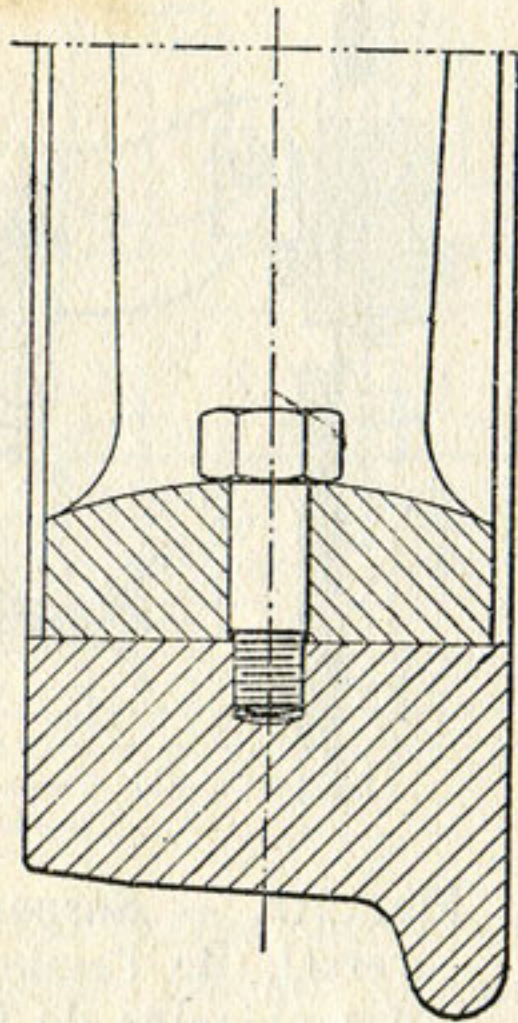


Fig. 214. — Bandage fixé par des vis.

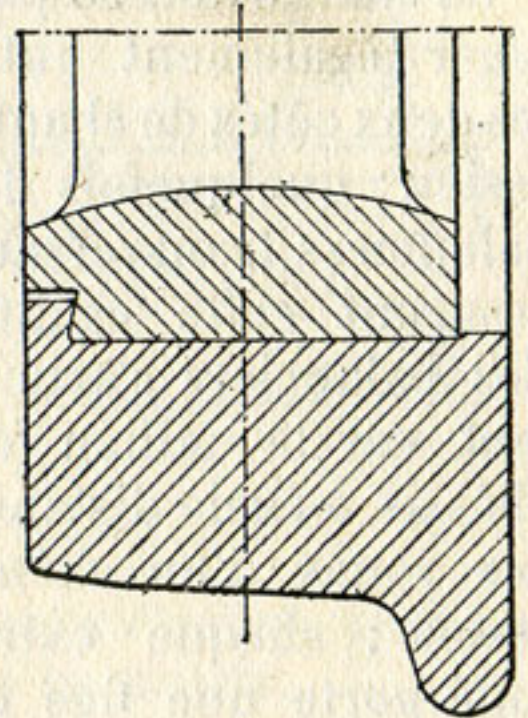


Fig. 215. — Bandage à talon.

matricé ou en acier coulé. La roue est emmanchée sur la portée de calage de l'essieu, sous un effort, qui atteint parfois 80 tonnes, produit par une presse hydraulique : la clavette est complètement inutile pour les roues porteuses.

Le bandage, formé d'un anneau d'acier laminé, est dilaté par la chaleur avant d'être posé sur la roue ; en se refroidissant, il se resserre ; le diamètre intérieur du bandage froid est à peu près égal aux 999 millièmes du diamètre extérieur de la roue.

On relie souvent le bandage au corps de roue à l'aide de quelques rivets (fig. 213), ou de préférence à l'aide de vis (fig. 214). Souvent le bandage est muni d'un épaulement ou talon, qui porte contre la face extérieure de la roue (fig. 215) : les chocs du boudin contre le rail tendant à chasser le bandage vers l'intérieur de la roue, cet épaulement est très efficace. Pour prévenir toutefois un glissement en sens

inverse, on réduit de 1 à 2 mm le diamètre d'alésage à l'entrée du bandage vers l'intérieur; il reste ainsi sur le bandage un cordon en légère saillie contre la face intérieure de la roue. Ce montage est parfois complété par quelques vis (fig. 217) vers la face intérieure. On obtient aussi une fixation très solide des bandages à talon extérieur (fig. 216) en tournant vers l'intérieur une rainure, dans laquelle on engage un cercle d'acier, qui dépasse le bandage et porte contre le corps de roue. Une fois ce cercle en place, on l'emprisonne en

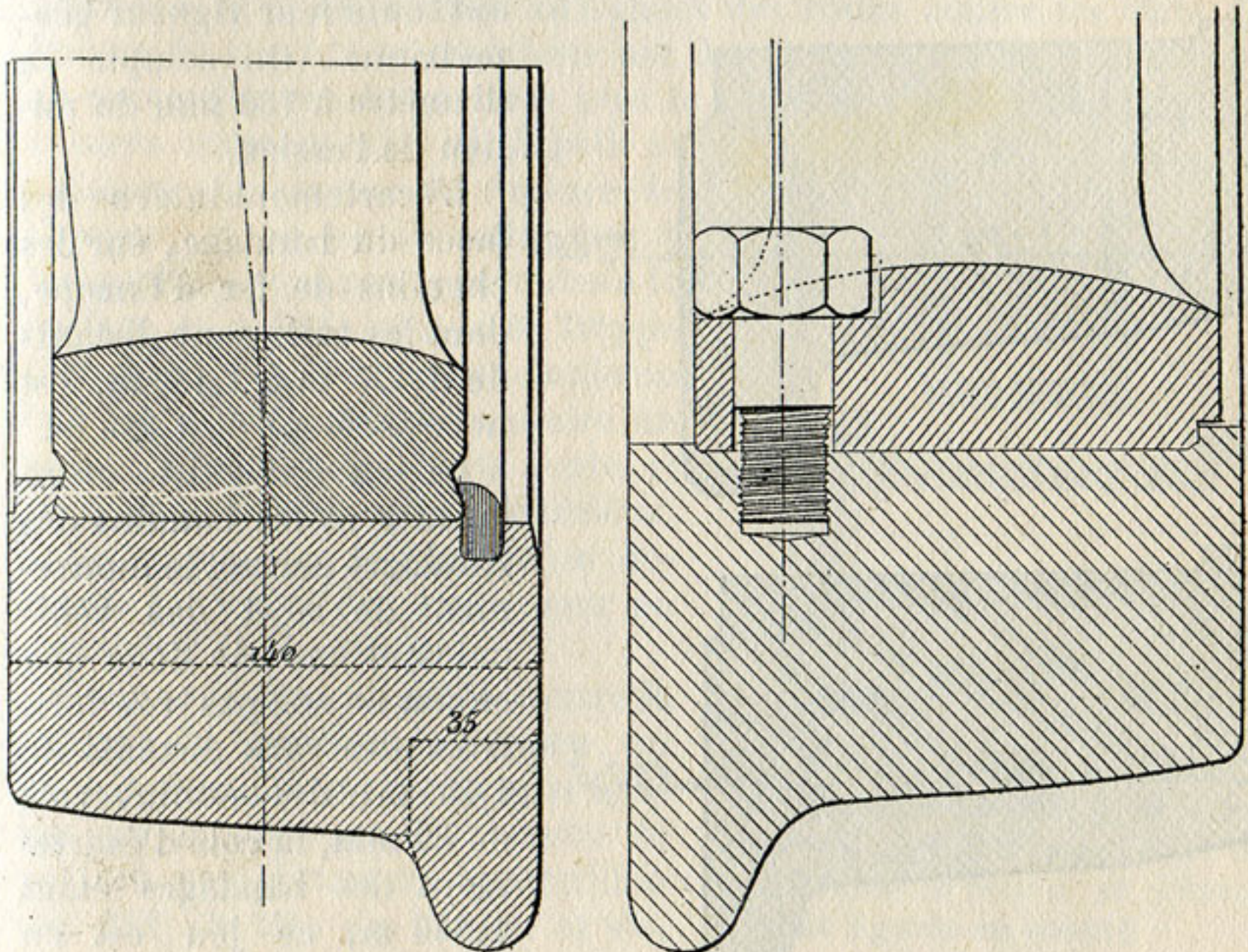


Fig. 216. — Bandage de roue motrice de locomotive des chemins de fer de l'Est, avec talon, et fixé par rabattement sur un cercle engagé dans une rainure.

Fig. 217. — Bandage des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, avec talon et vis.

rivant au marteau le bord du bandage ; on évite les cassures de l'acier en travaillant le métal tiède.

Lorsque les bandages sont ainsi munis de talons, on voit moins facilement quelle en est l'épaisseur en service : il ne faut pas oublier cette circonstance en les examinant.

Le profil du bandage (fig. 218) comprend le boudin ou mentonnet, qui empêche les roues de quitter les rails, et la surface conique de roulement.

L'inclinaison du profil du bandage ou la *conicité* de la surface de roulement est faite pour ramener toujours le train de roues vers le

milieu de la voie, et, dans les courbes, pour le faire rouler sur un plus grand diamètre le long du rail extérieur, qui a un plus grand développement. Le profil se termine, du côté opposé au boudin, par une partie plus inclinée, afin que la roue ne porte pas sur le bord extérieur du rail, surtout quand la surface habituelle de roulement est creusée par l'usure. Toutefois on ne doit pas exagérer cette inclinaison du profil vers l'extérieur.

On appelle *diamètre moyen au roulement* ou *au contact* le diamètre de la roue au point qui est censé poser sur le rail quand les profils

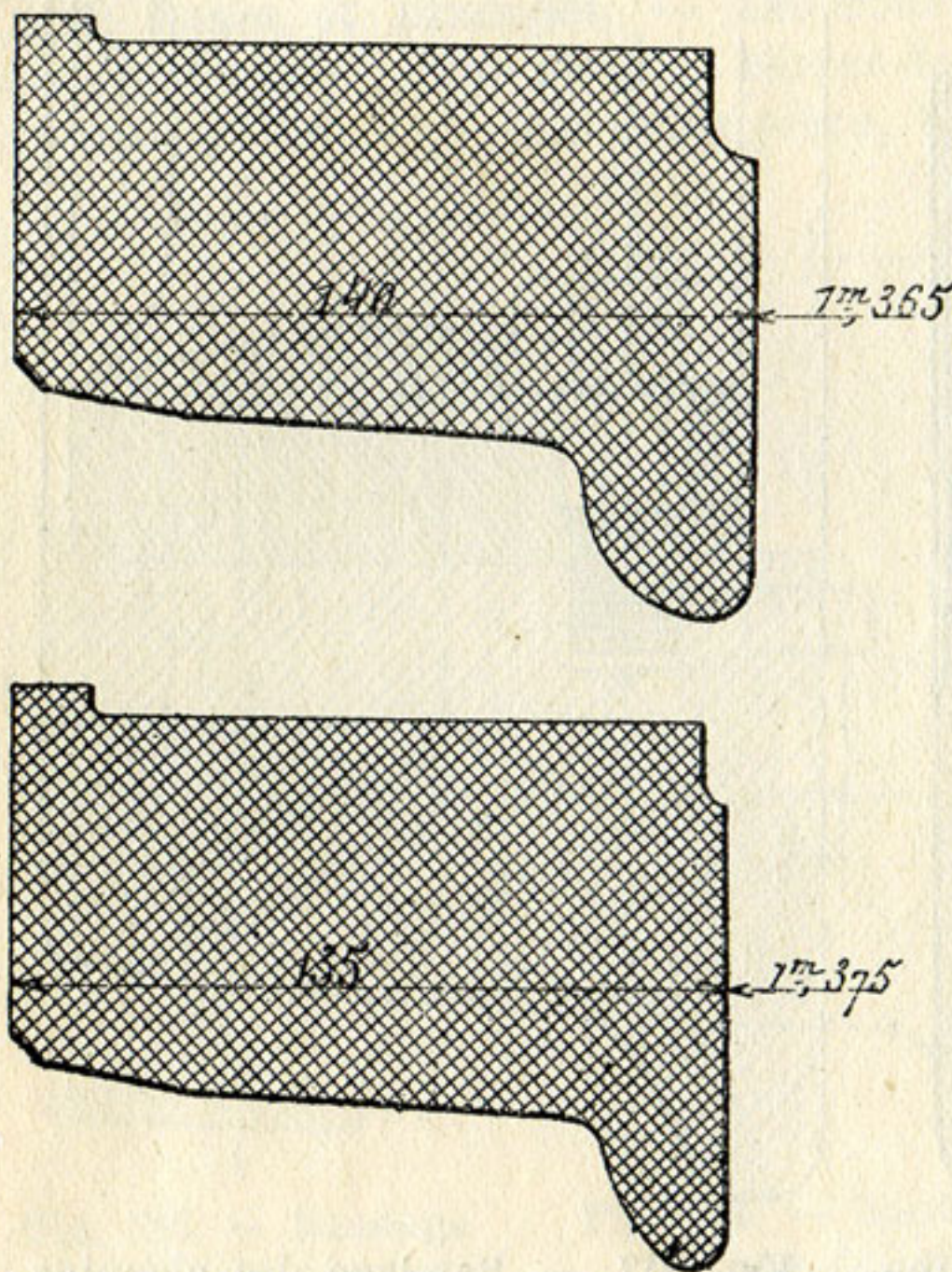


Fig. 218. — Profils des bandages des chemins de fer de l'Ouest : type normal et type à boudin mince pour roues intermédiaires de locomotives.

ont toute leur rigueur géométrique. On compte ce diamètre à 750 mm du milieu de l'essieu.

L'écartement interne des faces du bandage, sur les chemins de fer d'Europe, dont les rails sont distants de 1,435 m à 1,450 m, est normalement de 1,360 m.

Le jeu qui existe entre les rails et les boudins des bandages permet le mouvement de lacet des véhicules; il importe donc que ce jeu ne soit pas trop fort. Avec des rails distants de 1,435 m et des boudins épais de 30 mm, la cote d'écartement des bandages étant 1,360 m, ce jeu est en moyenne de 7,5 mm de chaque côté. Avec des rails

distants de 1,350 m et des boudins amincis par l'usure à 22 mm, ce jeu atteint 23 mm. On a tendance aujourd'hui à rapprocher autant

que possible les rails, pour éviter l'exagération de ce jeu. Toutefois, dans les courbes raides, il peut alors être utile d'augmenter un peu la cote d'écartement des rails. En outre, afin de faciliter le passage dans les courbes et dans les croisements, souvent on amincit les boudins des roues du milieu des locomotives (fig. 218), et on augmente l'écartement des bandages; parfois même on supprime complètement le boudin sur certaines roues des machines à quatre et à cinq essieux.

L'usure altère les bandages de deux manières, en creusant la surface de roulement et en amincissant les boudins. Cet amin-

cissement est produit surtout par la circulation dans les courbes raides.

114. Essieux. — L'*essieu droit* est une pièce d'une forme simple, dont la fabrication est facile. On ne peut en dire autant de l'*essieu coudé*, commandé par les *cylindres intérieurs*. Chaque *tourillon*, sur lequel s'articule la grosse tête de bielle motrice, relie deux *coudes*; le tout est venu de forge avec le *corps* de l'essieu. Outre le poids qu'il supporte, l'essieu coudé reçoit la poussée et la traction des bielles motrices, et il est soumis aux chocs des roues contre les rails. La fatigue de la pièce se manifeste par des fissures, qui se développent au raccordement des coudes avec le corps et avec le tourillon. Ces fissures augmentent petit à petit et finissent par amener la rupture de l'essieu, si on ne le retire pas à temps. Elles sont peu apparentes à la surface du métal; mais si on frappe fortement l'essieu, par exemple en lançant le train de roues contre un autre, l'huile sort de la fente et en dessine l'affleurement extérieur. Cette épreuve se fait lorsqu'on démonte les trains des roues pour en rafraîchir les bandages.

Pour se mettre en garde contre la rupture du tourillon de l'essieu, on peut le consolider par un gros boulon qui traverse un trou percé de part en part à travers le tourillon (fig. 219); la tête du boulon et son écrou peuvent être noyés dans l'épaisseur des coudes, comme le montre la figure. Les fentes ne se propagent pas à travers le boulon; si une cassure se produit, le boulon maintient les parties rompues en place jusqu'à ce que l'on puisse gagner un garage. Toutefois l'essieu se déforme quelque peu et le fonctionnement de la machine est troublé, ce qui avertit immédiatement le mécanicien. On sait d'ailleurs qu'en perceant un trou dans l'axe des pièces de machines, on ne les affaiblit pas notablement, le métal qui est au centre ne travaillant guère.

Souvent on entoure le coude d'une frette en fer posée à chaud, pour le maintenir s'il vient à se rompre en travers, mais cette rupture transversale du coude est rare.

Les coudes de l'essieu Wordsdell ont un profil extérieur circulaire, ce qui permet de les faire un peu plus minces; souvent on manque de place pour donner aux fusées et aux tourillons une longueur suffisante. Quelquefois on supprime les coudes placés entre les

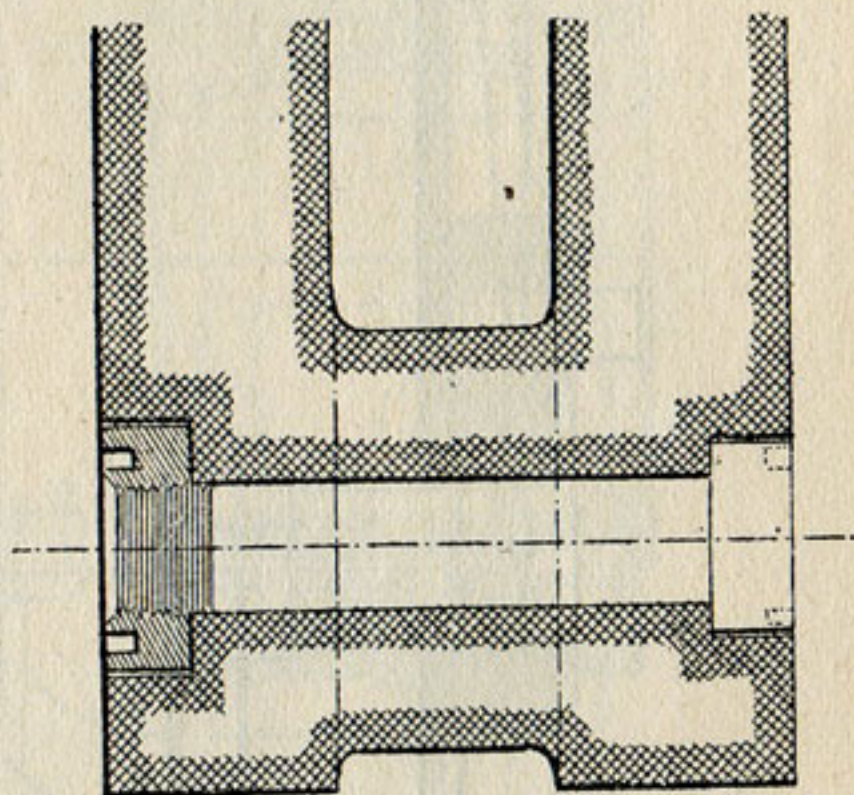


Fig. 219. — Boulon de consolidation de tourillon d'essieu coudé; coupe par l'axe du tourillon (l'essieu et l'écrou sont figurés en coupe).

tourillons, en réunissant les deux tourillons par une partie à peu près rectiligne (fig. 220).

115. Boîtes. — Les essieux tournent dans des boîtes souvent encore dites à graisse par tradition, bien que depuis longtemps l'huile y soit seule employée, sur les locomotives et tenders. La boîte porte un coussinet en bronze, souvent garni de métal blanc, qui appuie sur la fusée de l'essieu. Le coussinet des essieux simplement porteurs

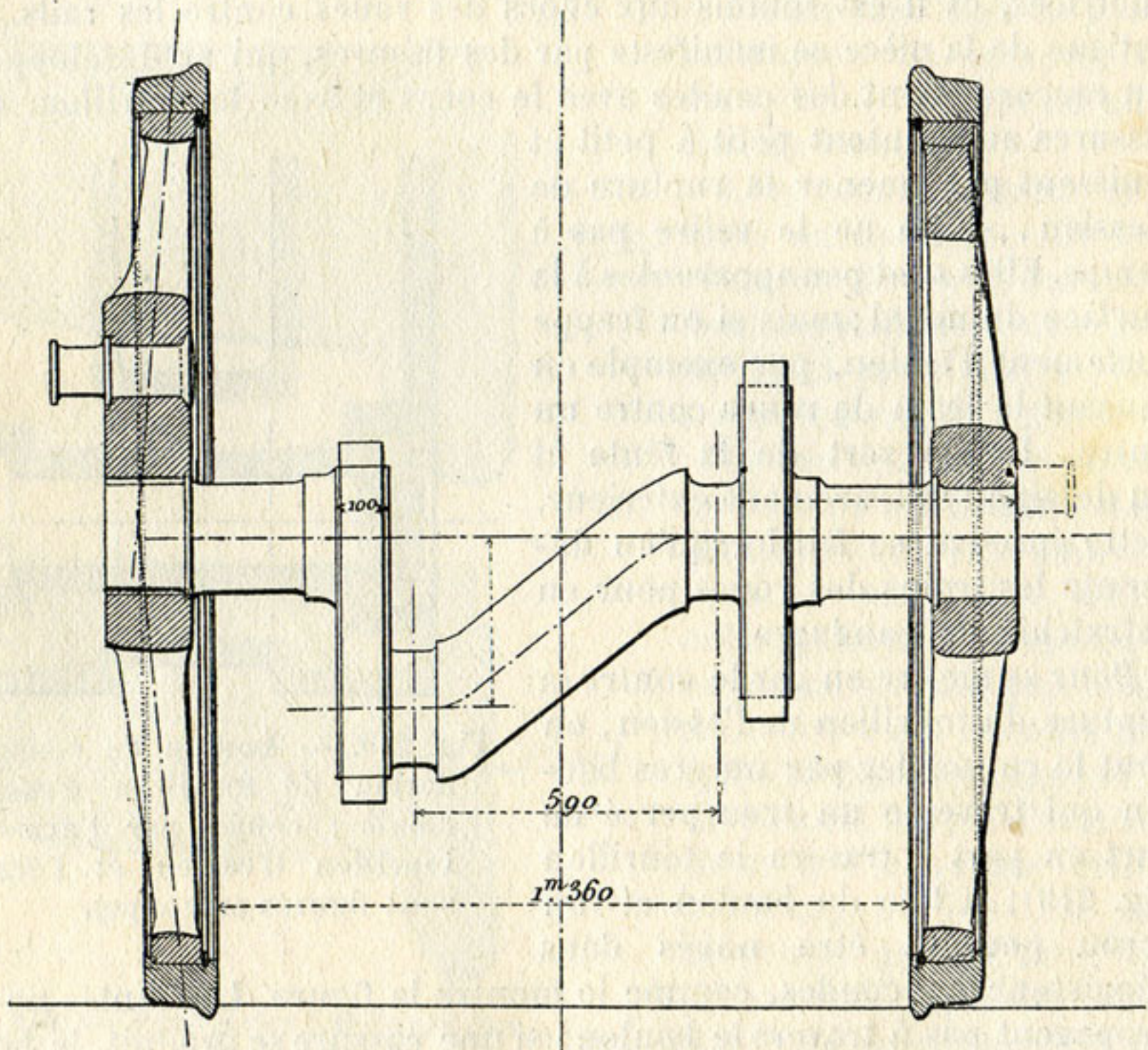


Fig. 220. — Essieu coudé des locomotives compound nos 3401 à 3415 des chemins de fer de l'Est. Les deux coudes sont des plateaux circulaires, entourés d'une frette, et les deux tourillons sont réunis par une partie rectiligne. Le coude droit étant horizontal et dirigé vers l'avant de la locomotive, le coude gauche, vertical, est en dessous de l'axe de l'essieu.

n'a guère à transmettre qu'une charge verticale, sauf toutefois pendant l'action des freins ; les fusées des essieux moteurs (directement ou par accouplement) poussent en outre horizontalement le coussinet : la combinaison de cette poussée horizontale et de la charge verticale produit une force inclinée. Pour ces essieux moteurs, un contre-coussinet, en fonte, empêche que le coussinet ne puisse se soulever.

Les boîtes sont intérieures (fig. 221) ou extérieures (fig. 222), suivant la disposition des châssis; les boîtes extérieures sont ouvertes aux deux bouts comme les boîtes intérieures, quand une manivelle est rapportée au delà de la fusée.

Les boîtes sont comprises entre deux glissières verticales; une entretoise réunit les parties inférieures des glissières, une fois la boîte en place. Les boîtes doivent jouer librement entre leurs glis-

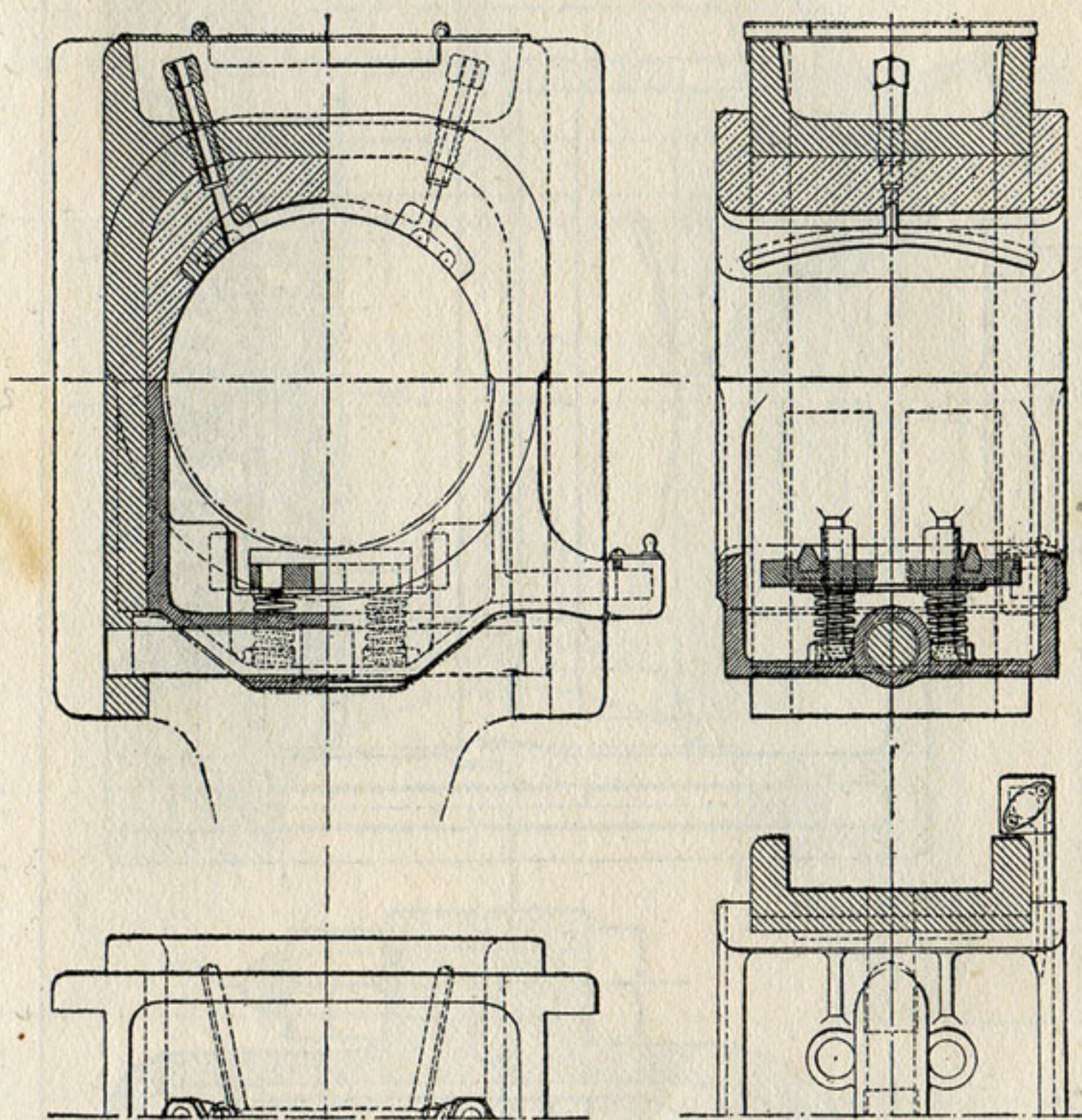


Fig. 221. — Boîte à huile des roues motrices et accouplées des locomotives n^{os} 3401 à 3415 des chemins de fer de l'Est. Le graissage se fait par des mèches à la partie supérieure et par un tampon à la partie inférieure.

sières, mais presque sans jeu. Les joues latérales des boîtes s'opposent au déplacement transversal de l'essieu; quand on veut permettre ce déplacement, qui est souvent utile, on leur donne un jeu de quelques millimètres, auquel s'ajoute le jeu du coussinet le long de la fusée.

Les boîtes du type représenté figure 221 sont habituellement en fer cémenté et trempé; celles du type de la figure 222, plus compliqué, sont coulées en fonte et quelquefois en bronze.

Le coussinet doit être exactement ajusté sur la fusée. Le graissage

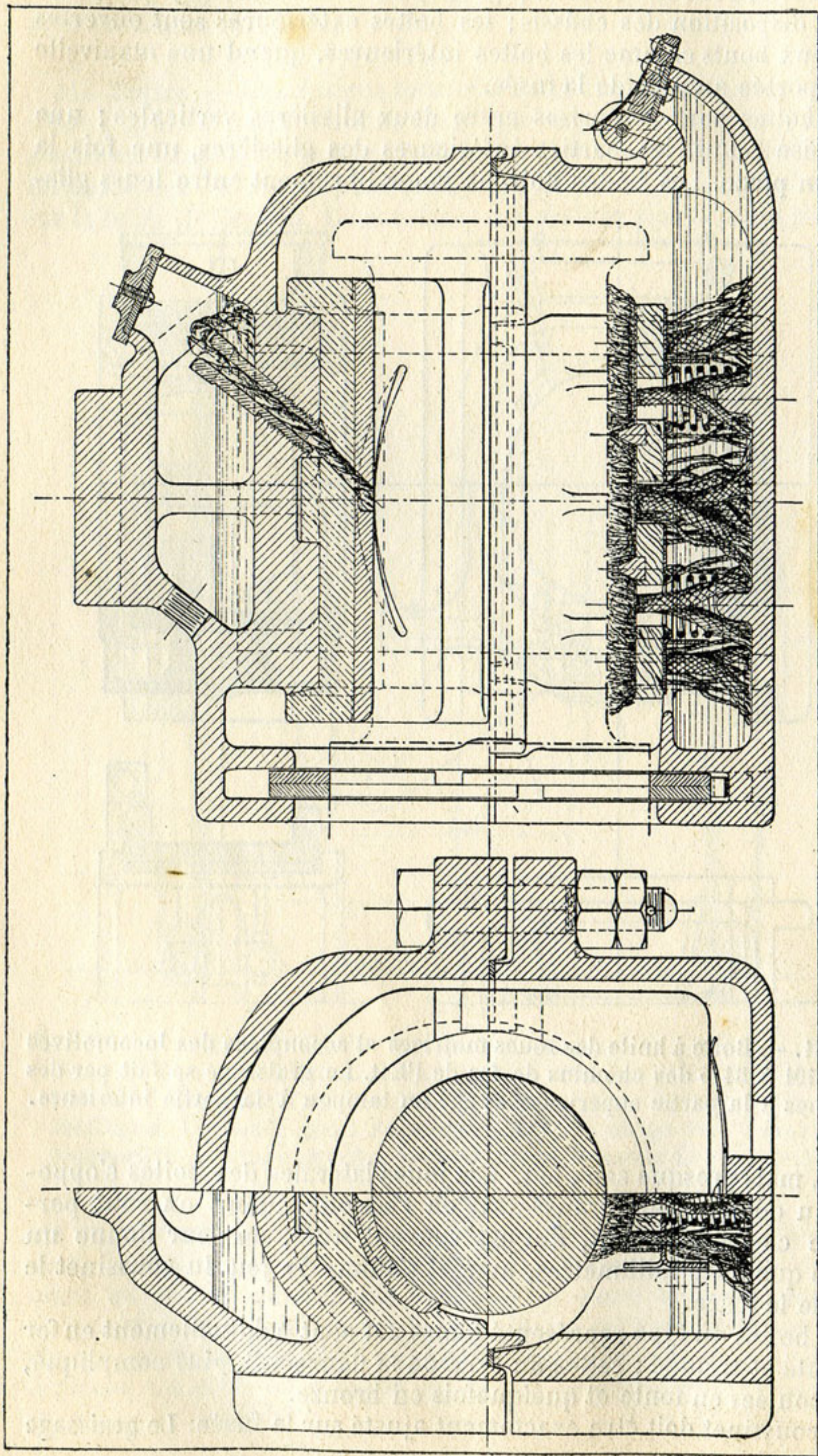


Fig. 222. — Boîte extérieure de locomotive, avec double graissage (par réservoir supérieur et mèche; par réservoir inférieur et tampon). L'obturateur, qui entoure l'essieu, empêche la fuite d'huile vers l'intérieur.

a une importance capitale ; l'huile est contenue dans un réservoir ménagé à la partie supérieure de la boîte ; des mèches, placées dans des tubes (fig. 223) et formant siphon, conduisent l'huile dans les pattes d'araignée du coussinet. Le réglage des mèches est assez délicat : trop serrées, elles ne débitent pas assez d'huile ; trop lâches, elles exagèrent la dépense. En outre, elles ont l'inconvénient de débiter inutilement l'huile pendant les arrêts, si on n'a pas la précaution de les retirer.

On fait des graisseurs sans mèches (fig. 223 bis), en perçant un

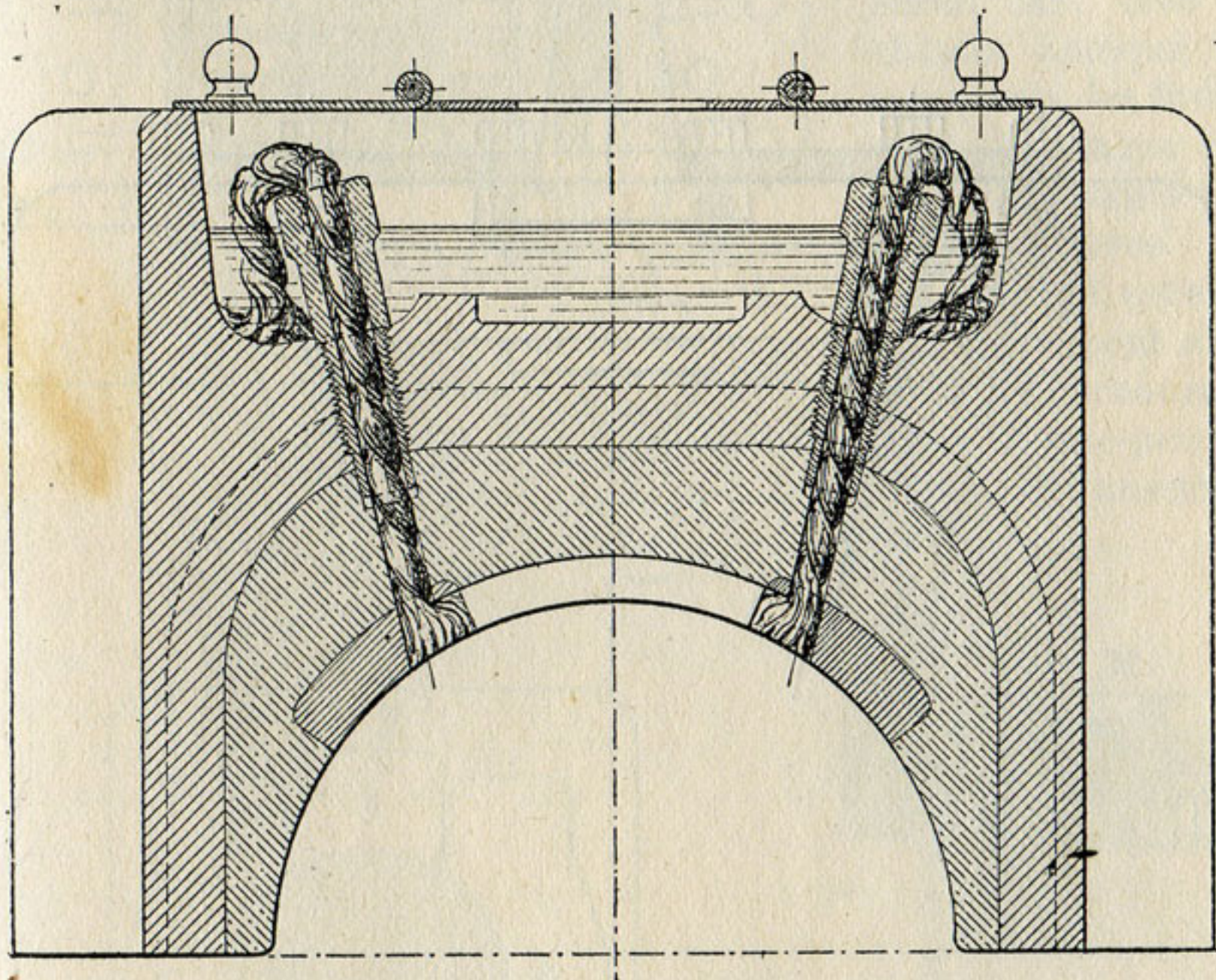


Fig. 223. — Graissage par mèches du coussinet d'une boîte de locomotive.

petit trou en haut du tube en saillie dans le réservoir d'huile, qui doit être bien clos. C'est une disposition commode.

Les fusées des essieux de locomotive peuvent être lubrifiées, comme celles des wagons, au moyen d'un tampon graisseur plongeant dans l'huile, en dessous de la fusée (fig. 222).

Les boîtes du type de la figure 221 peuvent aussi recevoir, dans le vide du contre-coussinet, sous la fusée, un tampon ou une éponge qui recueille l'huile et peut suppléer pendant quelque temps au graissage normal.

Les boîtes Raymond et Henrard (fig. 224), usitées pour les essieux moteurs de certaines locomotives du chemin de fer de Lyon, ont trois coussinets, afin de bien résister aux poussées horizontales ; le graissage se fait par un réservoir supérieur avec mèches,

et par un réservoir inférieur avec tampon graisseur. Le coussinet supérieur, qui appuie constamment sur la fusée, est muni de pattes d'araignée ; les coussinets latéraux, ayant un jeu d'environ un quart de millimètre, ont une surface unie. Ce jeu est obtenu en les serrant à bloc à l'aide du coin intérieur, puis en le faisant descendre de 5 mm.

Pour que l'essieu soit bien monté, il est essentiel que les glissières arrière de ses deux boîtes soient exactement dans le même plan vertical, perpendiculaire à l'axe de la machine, et que

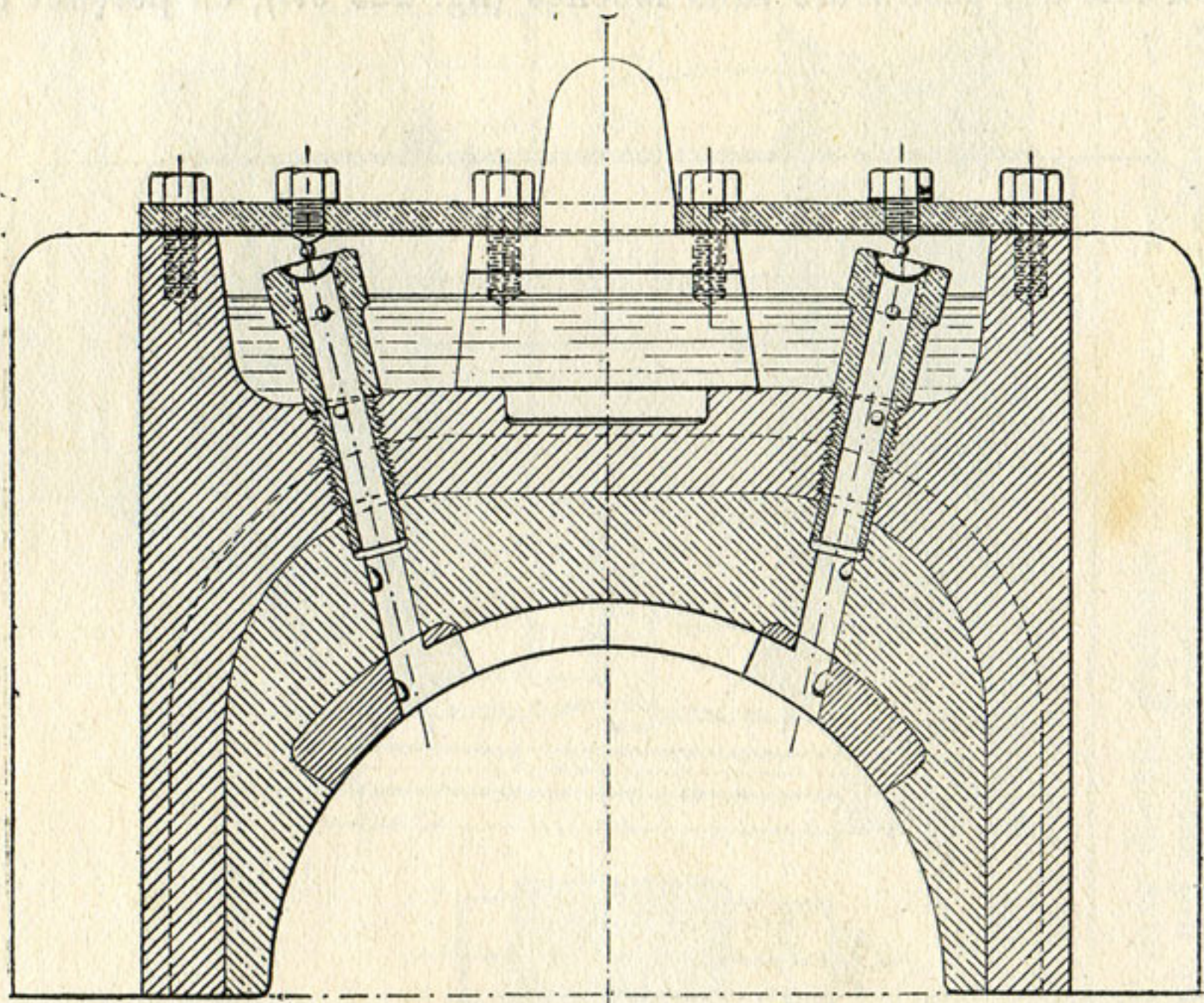


Fig. 223 bis. — Graissage sans mèches d'une boîte de locomotive.

l'épaisseur du coussinet arrière, plus celle de la paroi de la boîte, soit bien la même des deux côtés : l'essieu est alors perpendiculaire à l'axe de la machine.

Quand un essieu coudé est muni de boîtes extérieures, on ajoute parfois une *boîte médiane*, chargée par un ressort spécial et montée dans un longeronnet fixé au châssis. Cette boîte médiane soulage l'essieu : elle supporte une portion des poussées horizontales qui proviennent des pistons. Pour bien fonctionner, elle doit être réglée avec soin.

116. Chasse-pierres. — Le chasse-pierres, placé à l'avant des roues pour écarter les obstacles qui peuvent se trouver sur la voie, doit être assez rapproché du rail pour être efficace ; mais on aura soin

qu'il ne puisse jamais le toucher, si, par suite d'une forte oscillation ou d'une rupture de ressort, les boîtes d'avant de la machine viennent porter contre le fond de l'entaille des longérons. On doit même tenir compte de l'inclinaison vers l'avant que peut prendre, en pareil cas, tout le châssis. Lorsque les coussinets, les fusées et les bandages s'usent, la distance des chasse-pierres au rail diminue; cet effet de l'usure peut obliger à les raccourcir.

Les chasse-pierres doivent être aussi voi-

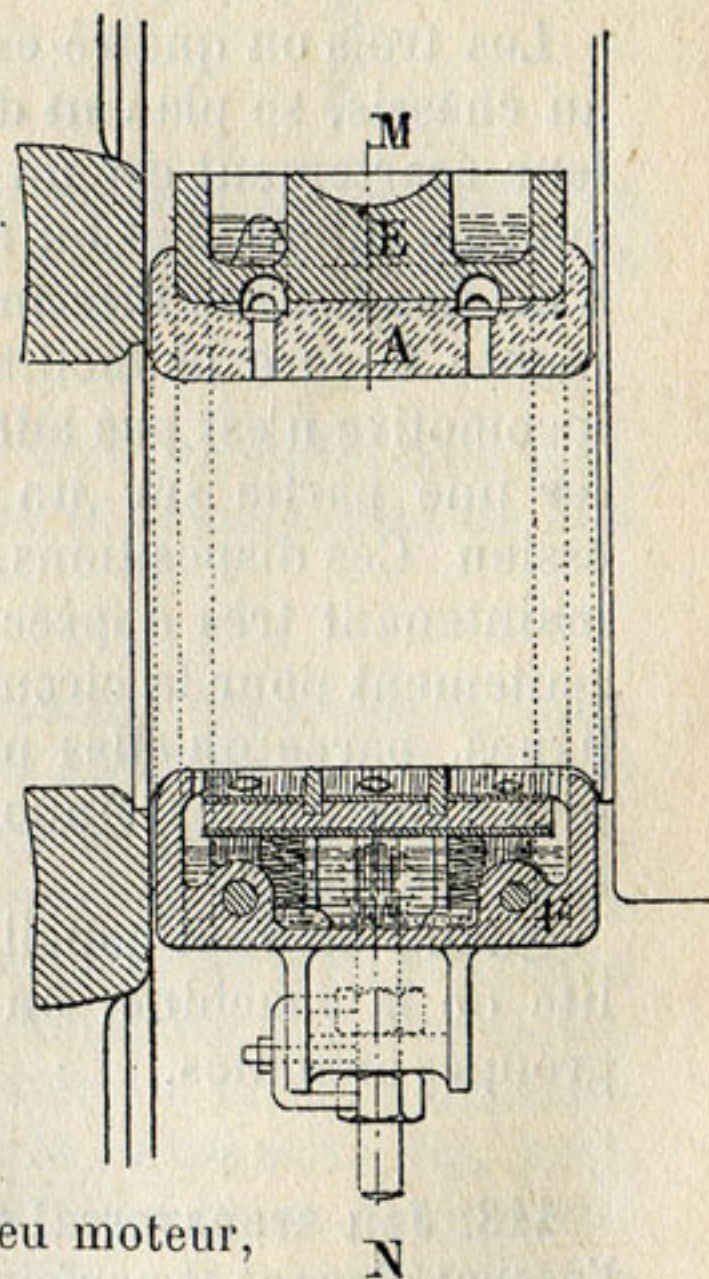
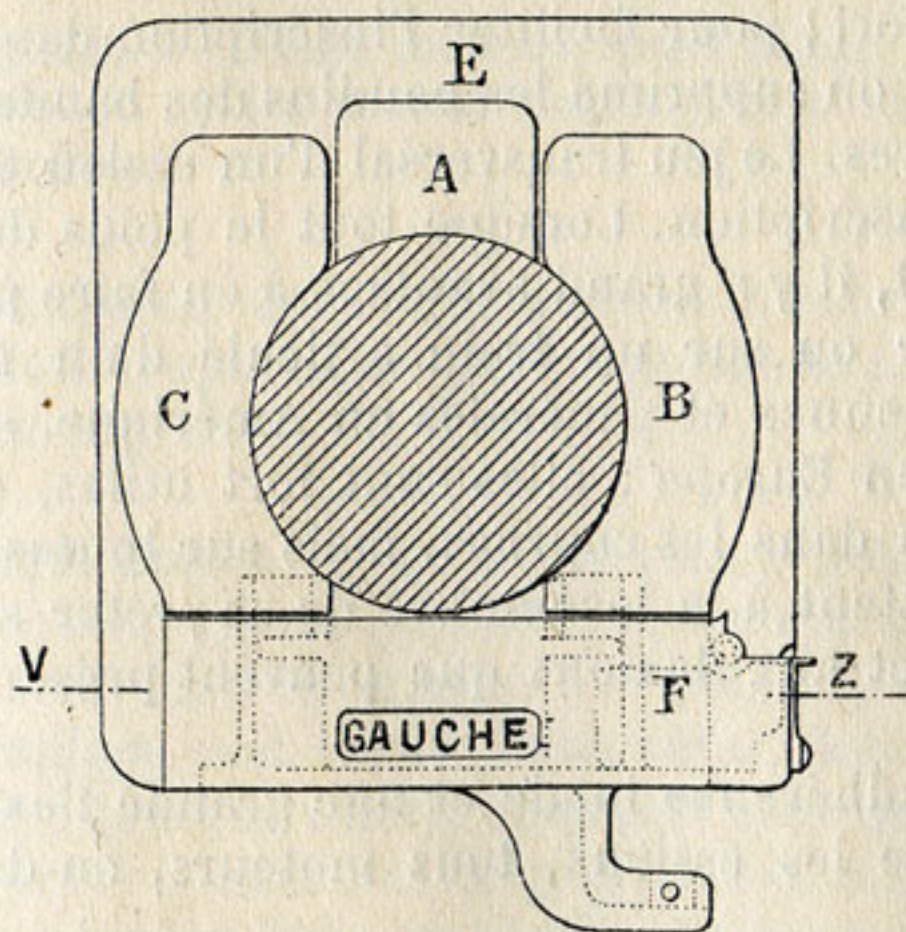
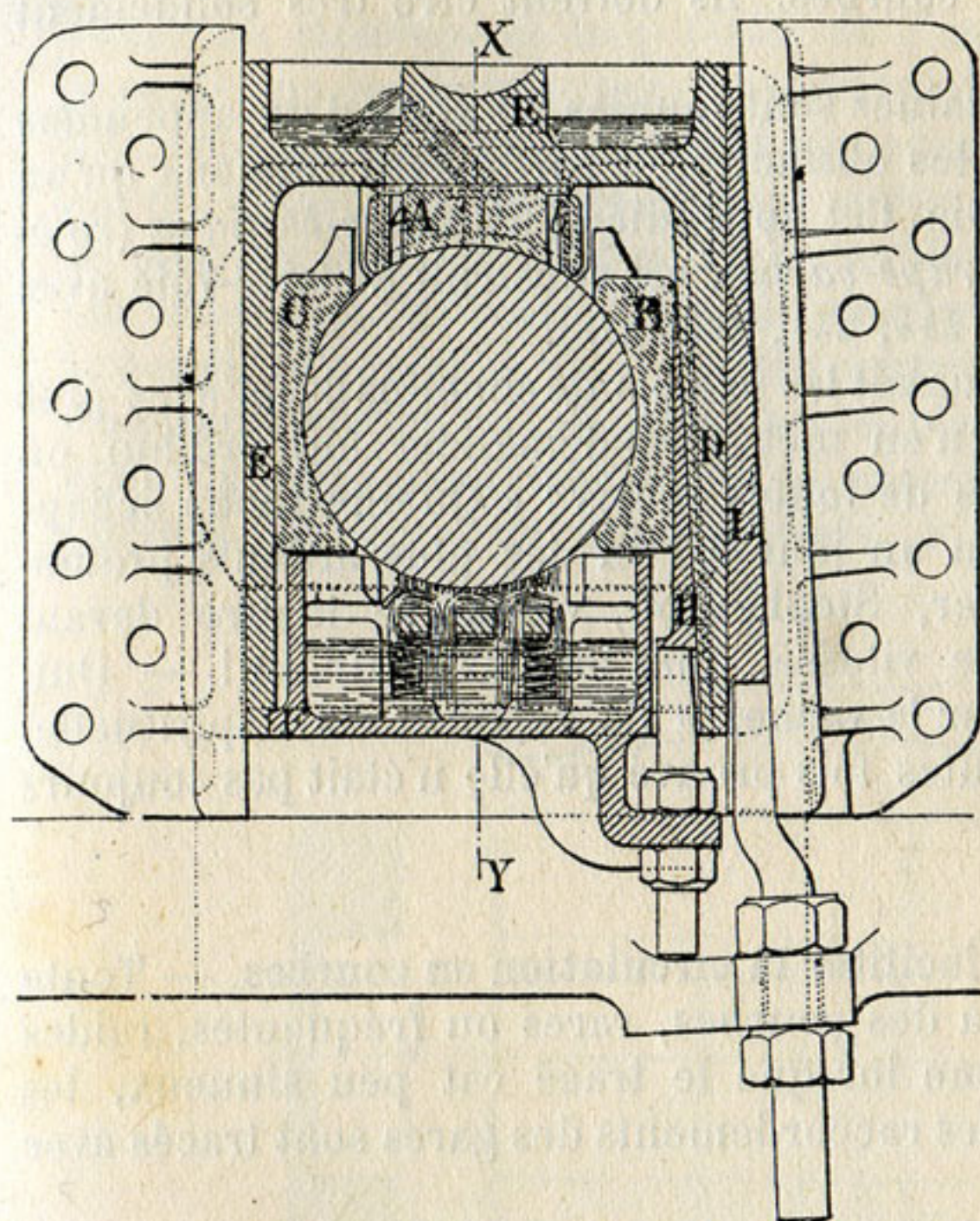


Fig. 224. — Boîte à trois coussinets, pour essieu moteur, du système Raymond et Henrard.

sins que possible des roues d'avant, pour ne pas trop s'écarter de

l'axe des rails dans les courbes. Ils doivent être très solidement attachés au châssis.

Les locomotives américaines sont munies à l'avant d'un appendice destiné à rejeter de côté les obstacles, et surtout les animaux qu'on peut rencontrer sur la voie. Cet appendice, dit *chasse-bestiaux* (*cow-catcher*, littéralement *attrape-vache*), est construit à claire-voie avec des tiges en fer (fig. 235, 244, 251, 265, 278).

A l'époque où l'on repoussait les projets de chemins de fer avec plus d'ardeur peut-être qu'on n'en met à les demander aujourd'hui, on accumulait les objections de toutes sortes : « Qu'une vache échappée d'un pâturage, dit-on un jour à l'un des plus ardents promoteurs des chemins de fer, Stephenson, vienne se mettre devant un convoi lancé à grande vitesse, quel affreux malheur ! — Oui, répliqua Stephenson, pour la vache. » La réponse était spirituelle, mais l'expérience a maintes fois prouvé qu'elle n'était pas toujours exacte.

117. Dispositions pour faciliter la circulation en courbes. — Toute ligne de chemin de fer a des courbes, rares ou fréquentes, raides ou à grand rayon. Même lorsque le tracé est peu sinueux, les changements de voie et les raccordements des gares sont tracés avec de faibles rayons.

Les trois ou quatre essieux d'une locomotive, invariablement liés au châssis, se placent difficilement sur une courbe raide, surtout si leur écartement est un peu fort ; pour faciliter l'inscription dans la courbe, on amincit ou même on supprime les boudins des bandages d'un des essieux intermédiaires. Le jeu transversal d'un essieu augmente encore la facilité d'inscription. Lorsque tout le poids de la locomotive n'est pas adhérent, il y a grand avantage à en faire porter une partie sur un *bogie* ou sur un train articulé d'un seul essieu. Ces dispositions, anciennes et générales en Amérique, sont maintenant très appréciées en Europe : elles sont fort utiles, non seulement pour la circulation dans les courbes, mais sur toutes les lignes, parce qu'elles permettent à la locomotive de se prêter sans peine aux petites sinuosités et aux flexions que peuvent présenter toutes les voies.

Quand on veut concilier l'adhérence totale et une grande flexibilité de la machine, on divise les essieux, tous moteurs, en deux groupes articulés.

118. Jeu transversal des essieux. — Le *jeu transversal* se donne à l'essieu d'avant et parfois à l'essieu d'arrière. Souvent on se contente de faire le coussinet un peu plus court que la fusée, ou bien on laisse un peu de vide entre les joues des boîtes et les glissières. Mais dès que le jeu dépasse quelques millimètres, il est bon de le régler, pour

éviter un mouvement trop facile de l'essieu. En faisant poser les ressorts sur les boîtes par l'intermédiaire d'une pièce avec deux plans inclinés (fig. 225), formant sur chaque boîte comme un V très ouvert, cette pièce tend toujours à rester au fond du V ; elle ne peut se mouvoir latéralement qu'en se soulevant et en augmentant un peu la tension des ressorts de suspension. Dans une courbe, quand le boudin d'une roue vient porter contre un rail, l'essieu se déplace transversalement, en faisant glisser les plans inclinés l'un sur l'autre ; mais ils empêchent une mobilité excessive de l'essieu. Ces plans inclinés doivent être bien graissés. Si l'essieu mobile est com-

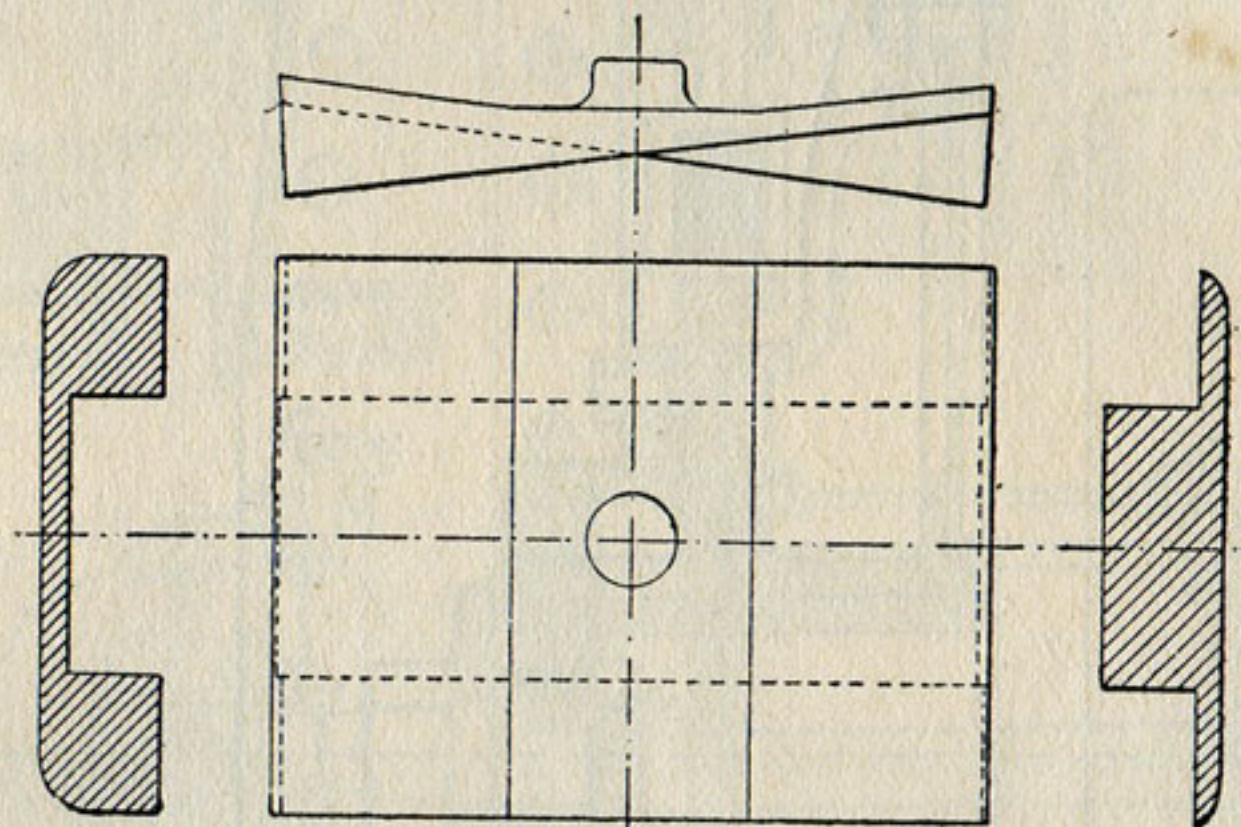


Fig. 225. — Plans inclinés, pour régler le déplacement transversal d'un essieu : pièce intermédiaire, placée entre le ressort et le dessus de la boîte.

mandé par une bielle d'accouplement, elle doit présenter une articulation sphérique qui lui permette de suivre le déplacement de l'essieu (fig. 136).

119. Bogies. — Le bogie est un petit véhicule à deux essieux rapprochés, qui est parfois simplement articulé autour d'un pivot central ou cheville ouvrière ; le poids de la machine porte alors soit sur le milieu, soit sur les deux côtés. Cette articulation ne donne pas au bogie toute la liberté désirable pour qu'il s'inscrive bien en courbe et se prête à toutes les inégalités de la voie : sa simplicité la fait quelquefois adopter. Mais on préfère en général donner au pivot un déplacement transversal par rapport au châssis de la locomotive (fig. 226), en le rappelant toujours vers la position centrale à l'aide de ressorts. Les essieux des bogies de locomotives ont pour la plupart des fusées intérieures ; mais quelquefois elles sont extérieures (fig. 226).

Le bogie des locomotives des chemins de fer de l'Ouest (fig. 227) a un bâti formé de deux longerons intérieurs entretoisés par une pièce coulée en acier. Le support des pivots, également en acier

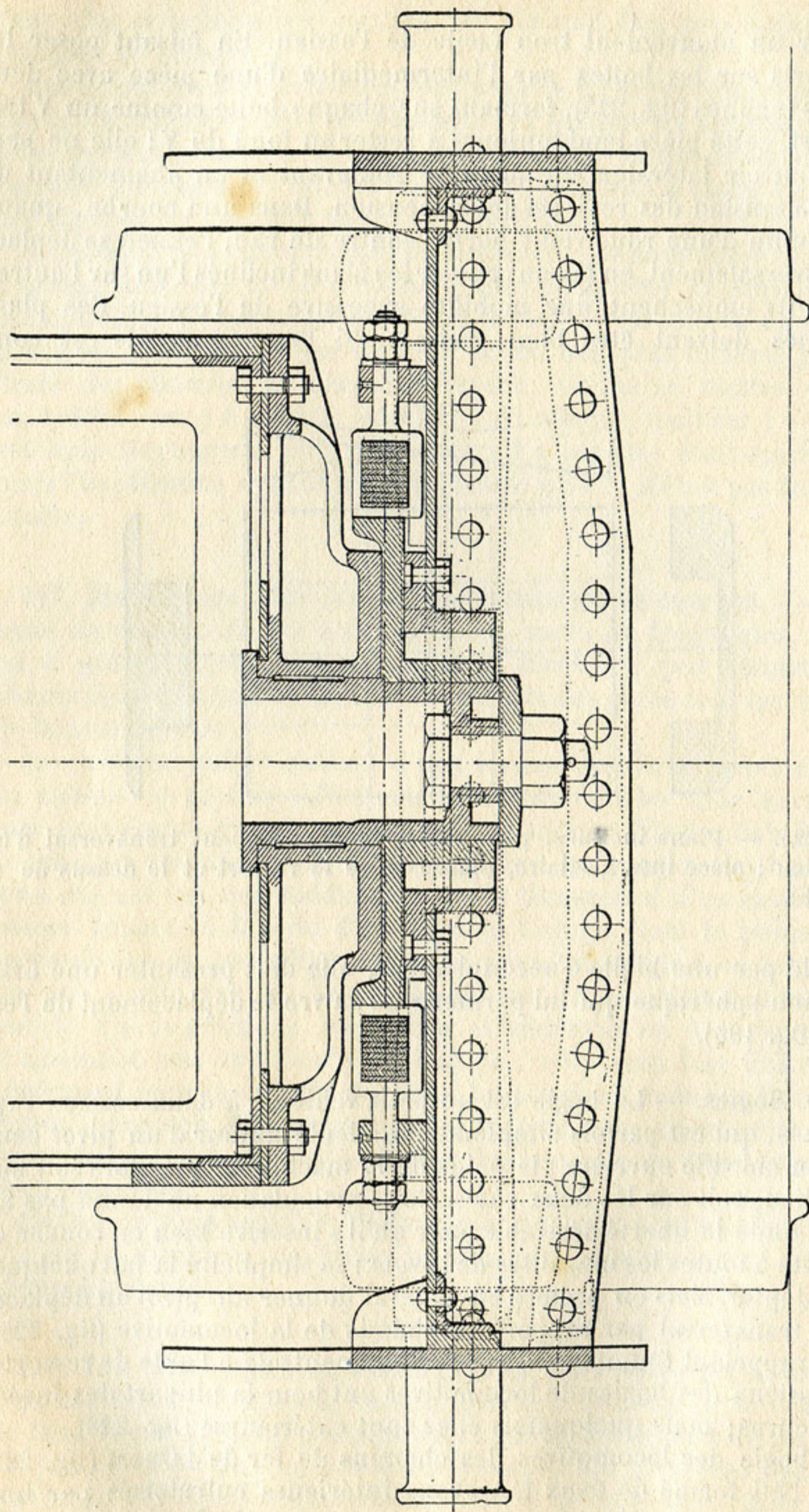


Fig. 226. — Bogie à déplacement transversal et à fusées extérieures ; coupe transversale par l'axe du pivot.

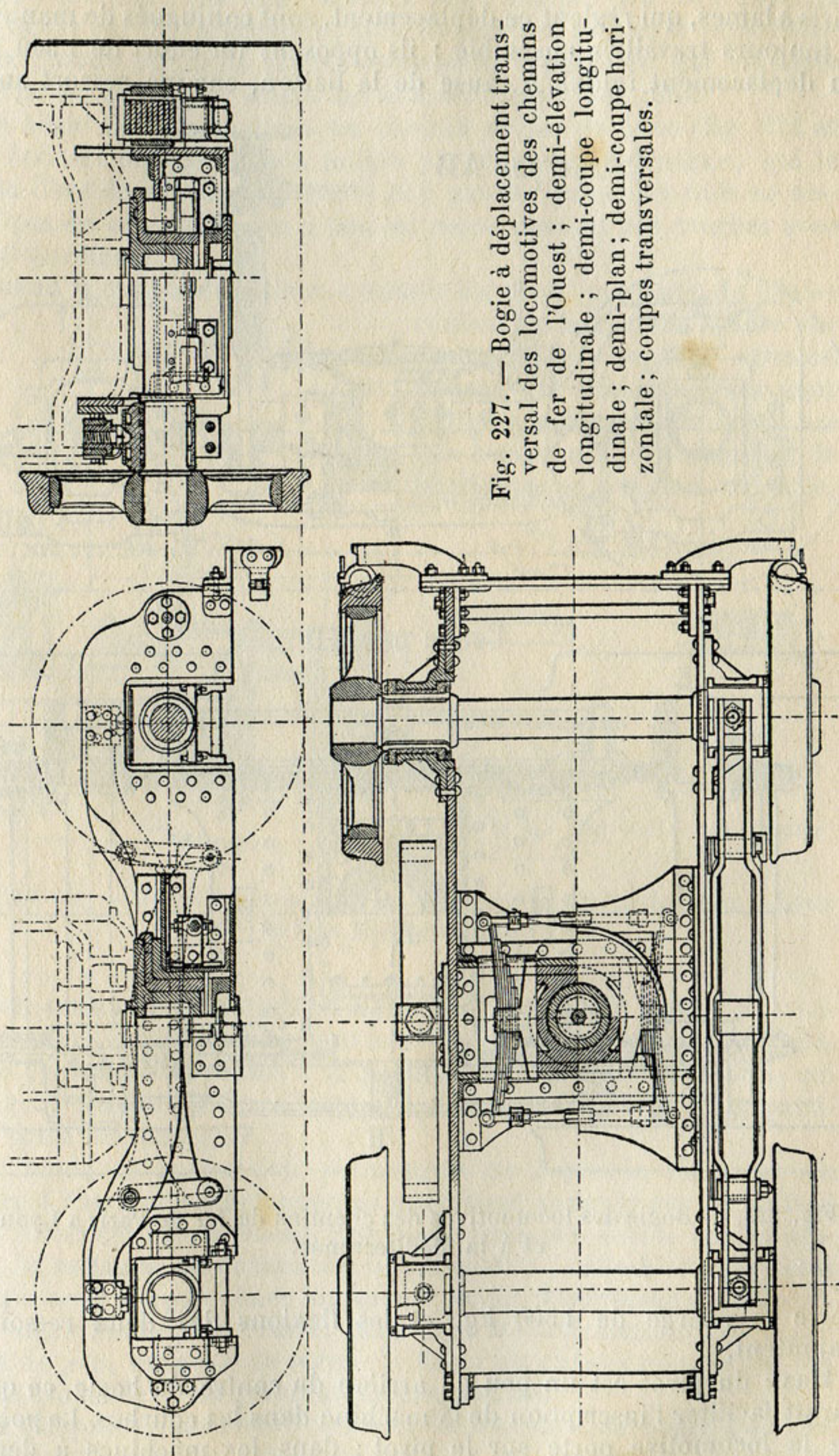


Fig. 227. — Bogie à déplacement transversal des locomotives des chemins de fer de l'Ouest; demi-élévation longitudinale; demi-plan; demi-coupe horizontale; coupes transversales.

coulé, peut coulisser transversalement sur des glissières ; les ressorts à lames, qui règlent ce déplacement, sont conjugués de manière à toujours travailler ensemble : ils opposent un effort de 1 500 kg au déplacement initial. A cause de la liaison, chaque ressort sup-

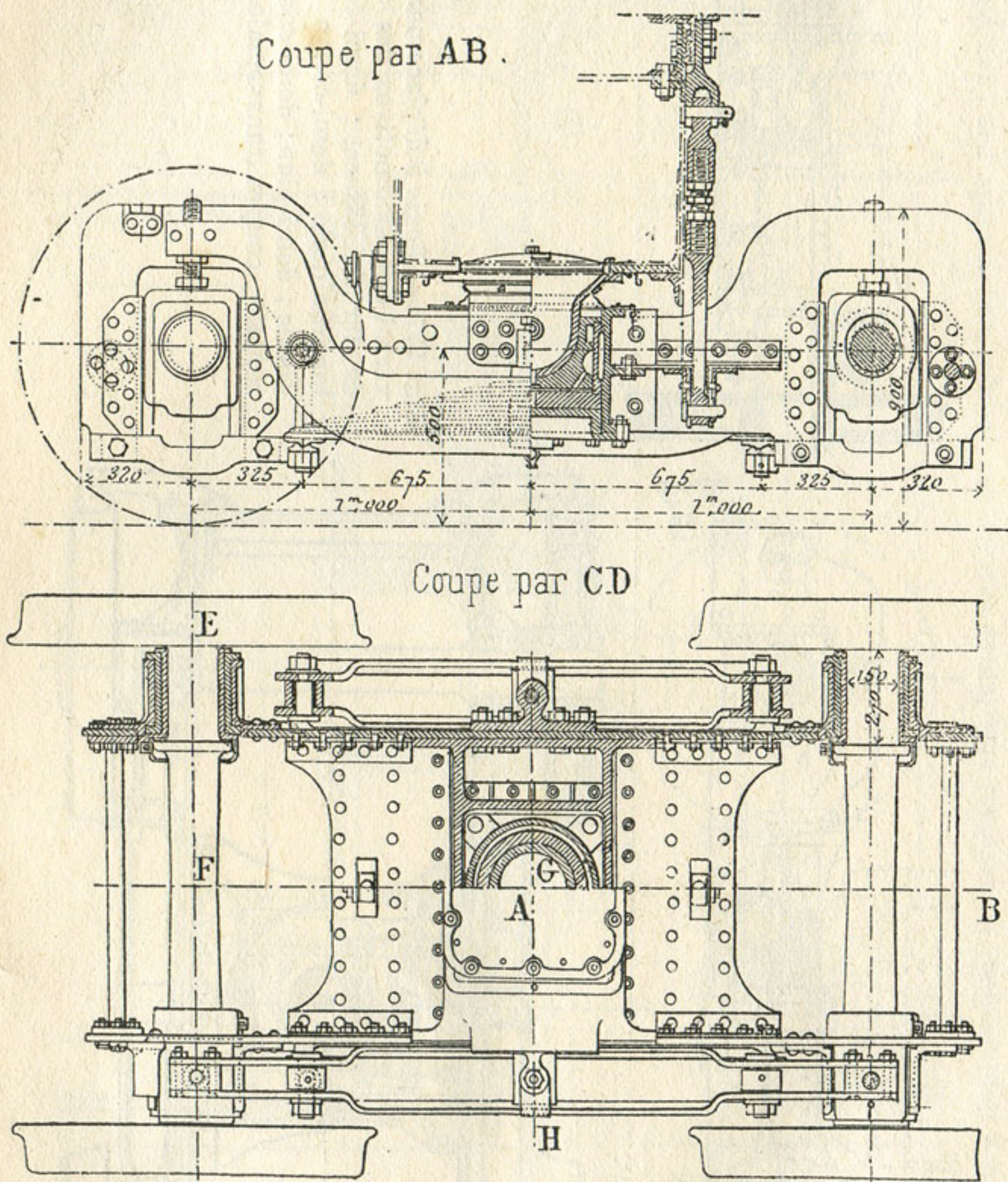


Fig. 228. — Bogie des locomotives des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

porte la charge de 1 500 kg, et les flexions des deux ressorts s'ajoutent.

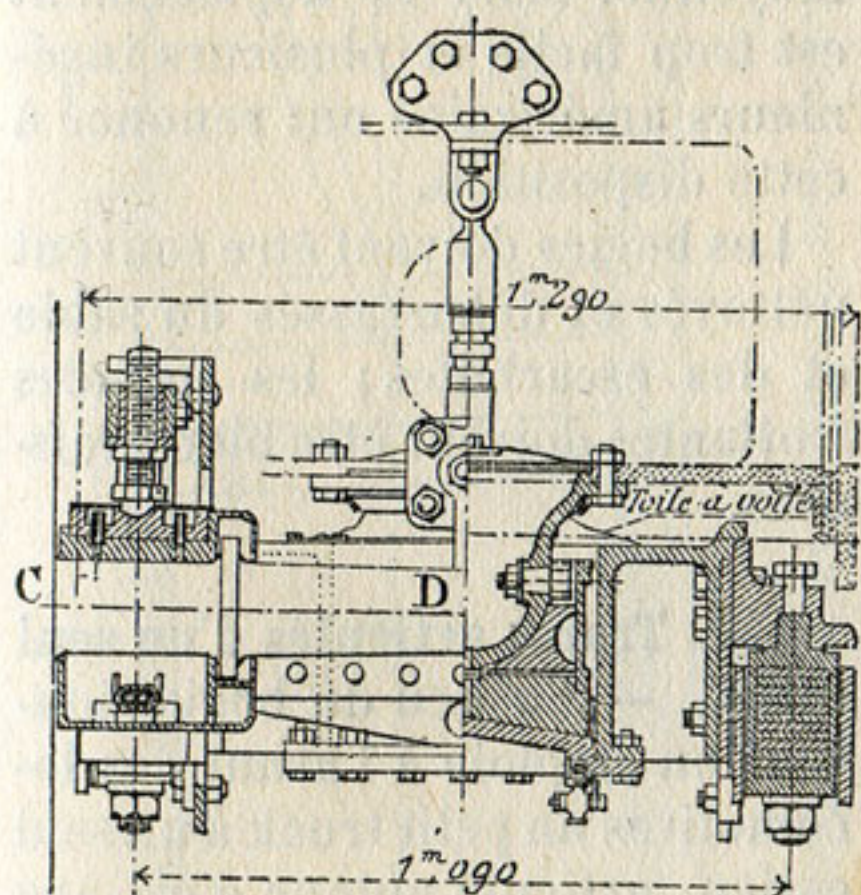
L'axe du pivot est un peu en arrière du centre du bogie, ce qui paraît faciliter l'inscription de la machine dans les courbes. Le poids de la locomotive porte sur le pivot ; dans les machines à deux

essieux couplés, ces deux essieux sont chargés par des ressorts conjugués par des balanciers; cette disposition réalise la répartition de la charge sur trois points seulement, répartition qui est alors invariable, quels que soient les dénivellements des rails.

Le bogie des locomotives du chemin de fer de Lyon (fig. 228 et 228 bis) est chargé en son milieu par un pivot sphérique, qui le laisse libre de s'incliner à droite et à gauche quand les rails ne restent pas de niveau, ce qui a lieu au raccordement des courbes avec les alignements.

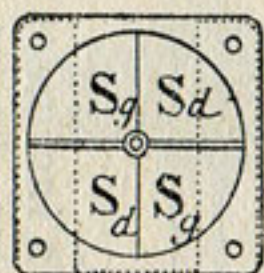
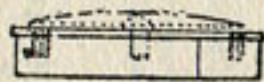
Quand la crapaudine tourne autour du pivot, par suite du déplacement du bogie, elle s'élève sur

Coupe par EFGH



des surfaces de vis, agissant comme des plans inclinés pour soulever la locomotive : cette action tend toujours à ramener le bogie dans sa position normale,

Plans inclinés



S_d Surf. de vis pas à dr^{te}.

S_g --- d^e gauche

Fig. 228 bis. — Bogie des locomotives des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

où ses essieux sont parallèles à l'essieu moteur. En outre, de véritables plans inclinés permettent le déplacement transversal du bogie, en le ramenant de même à la position moyenne. Les ressorts, qui chargent chacun les deux boîtes du même côté, assurent la répartition égale des charges.

Ce mode de suspension permettrait au bogie de s'incliner de l'avant à l'arrière et les longerons pourraient appuyer sur les boîtes; pour éviter cet inconvénient, une bielle verticale, visible sur les dessins, le rattache au châssis de la locomotive; cette bielle est assez longue pour ne pas gêner les mouvements transversaux du bogie. Une autre bielle plus courte, mais dont les articulations ont beaucoup de jeu, rattache de même le bogie au châssis pour le cas où, par accident, le pivot quitterait sa crapaudine.

En Amérique, on réunit souvent la machine au bogie par des bielles inclinées (fig. 229) : la machine est portée par le pivot et

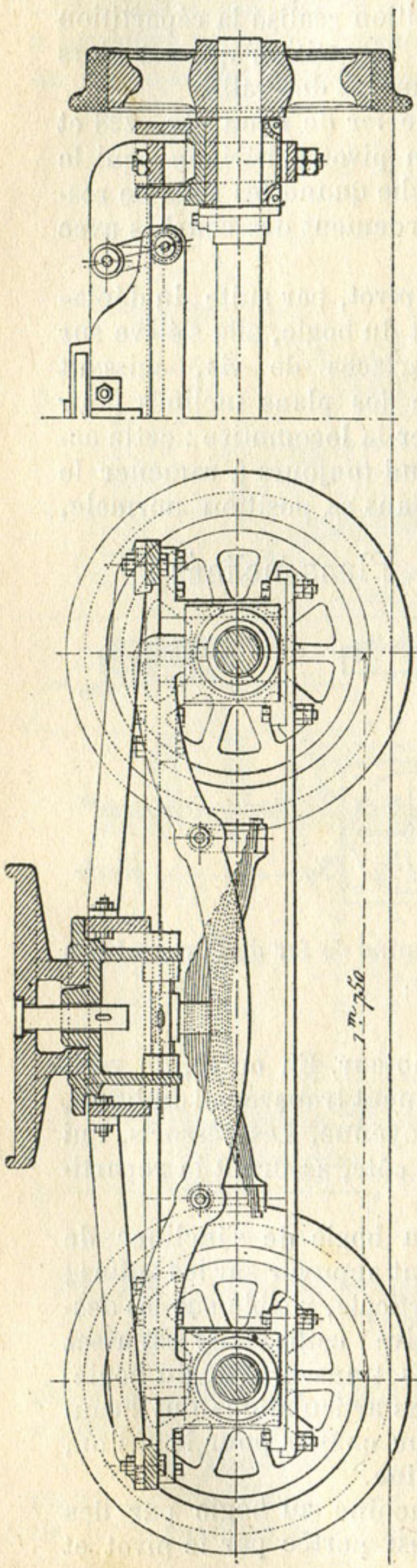


Fig. 229. — Bogie américain à suspension par bielles inclinées; coupe longitudinale par l'axe du pivot et coupe transversale par l'axe d'un essieu; fusées intérieures chargées de chaque côté par balancier et ressort unique.

par l'extrémité inférieure de ces bielles, dont les extrémités supérieures sont attachées à une traverse, au milieu de laquelle se trouve le pivot; le bogie peut ainsi se déplacer transversalement, mais en redressant l'une des bielles de suspension et en inclinant davantage celle du côté opposé : le système est toujours ramené vers sa position moyenne. Mais le déplacement est trop facile et plusieurs ingénieurs américains ont renoncé à cette disposition.

Les bogies doivent être souvent nettoyés et débarrassés du sable et des escarbilles; les surfaces frottantes doivent être bien graissées.

120. Trains articulés d'un seul essieu. — Au lieu du bogie, souvent on emploie à l'avant des locomotives un petit truck à un seul essieu, articulé autour d'un axe vertical placé en arrière de l'essieu (fig. 230); la figure montre comment la rotation autour de cet axe permet l'inscription en courbe; les essieux couplés doivent être assez rapprochés pour se placer dans la courbe, bien qu'ils restent forcément parallèles, grâce au jeu qui existe entre les boudins et les rails, jeu souvent augmenté pour les roues du milieu.

La figure 231 montre la disposition de ces trucks à un essieu adopté en Amérique. L'articulation se voit à peu près à égale distance entre les deux essieux représentés. Les boîtes de l'essieu mobile sont chargées à l'aide de ressorts reliés par un balancier

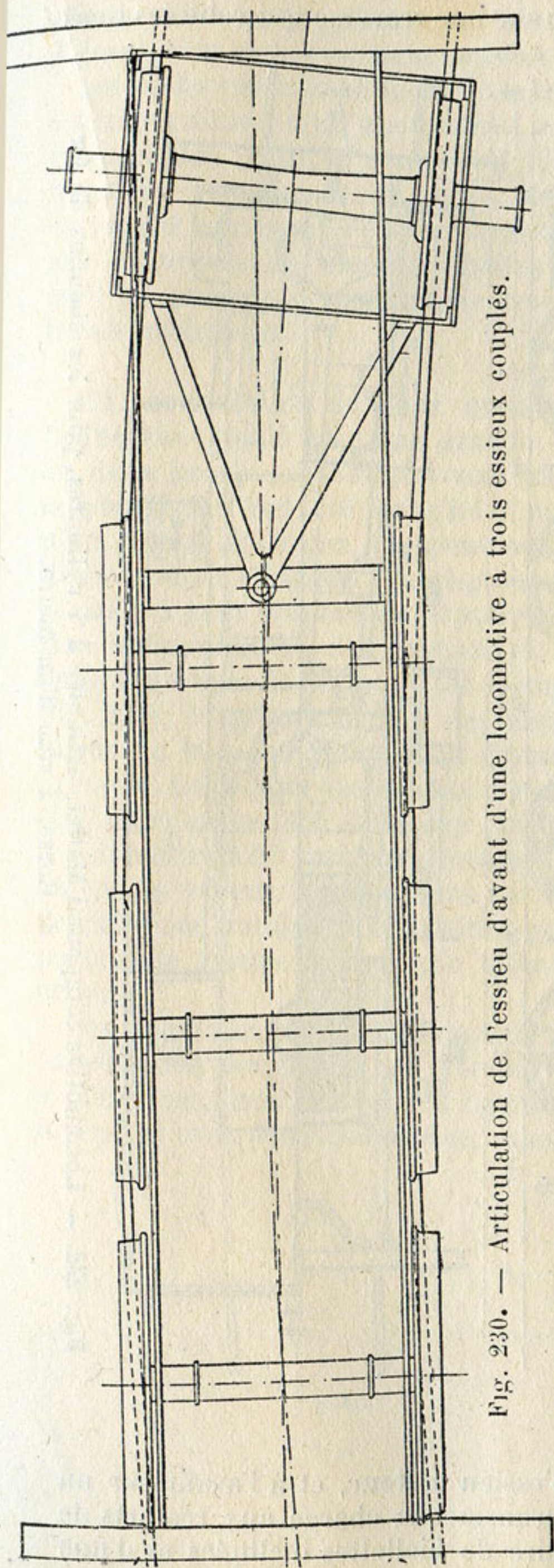


Fig. 230. — Articulation de l'essieu d'avant d'une locomotive à trois essieux couplés.

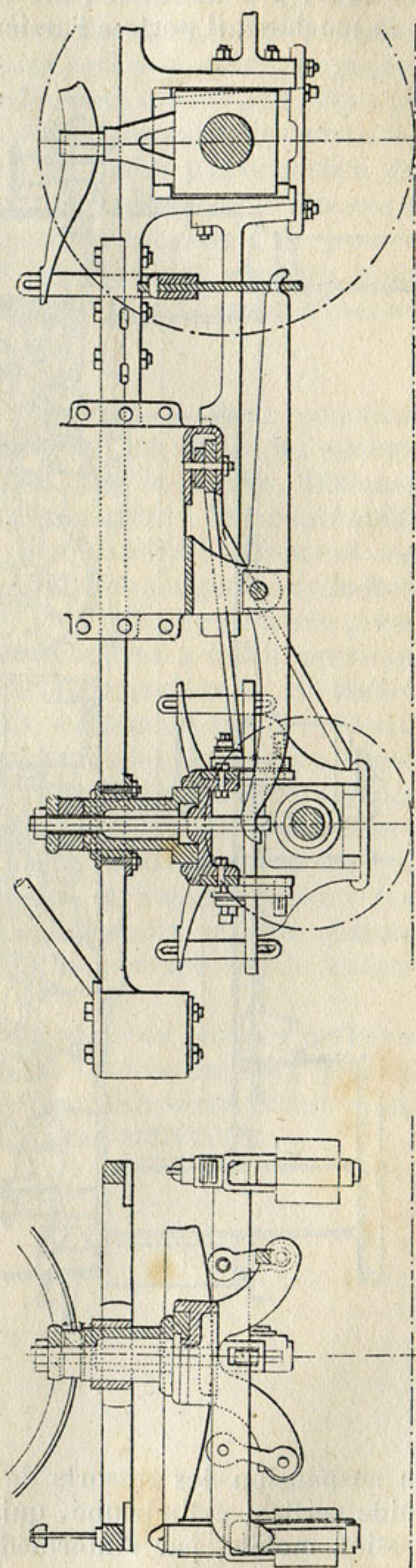


Fig. 231. — Truck américain à un seul essieu ; coupe longitudinale et demi-coupe transversales.

traverse. Ce système répartit toujours dans la même proportion la charge entre les deux boîtes, et laisse une grande mobilité à l'essieu d'avant, tout en le rappelant constamment vers sa position moyenne.

Les *boîtes radiales* obligent de même l'essieu, quand il se déplace, à tourner autour d'un axe vertical, en le guidant entre des glissières cylindriques, dont le centre est placé au point d'articulation du truck que remplacent ces boîtes. Des plans inclinés ou des ressorts de rappel ramènent l'essieu vers sa position moyenne. Un peu de jeu est nécessaire entre les boîtes et les glissières courbes, pour qu'il ne puisse s'y produire de coincement quand l'essieu s'incline transversalement.

121. Articulation de deux groupes d'essieux. — Pour concilier l'adhérence totale avec une grande flexibilité, on divise les essieux en deux groupes qui s'inscrivent chacun dans la courbe. Diverses combinaisons ont été imaginées pour transmettre le mouvement d'un groupe à l'autre. On peut aussi commander séparément les deux groupes d'essieux. La disposition compound à quatre cylindres se prête à cette commande séparée, les deux cylindres à haute pression actionnant un des groupes et les cylindres à basse pression l'autre groupe. Telles sont les locomotives articulées de M. Mallet (fig. 232); le groupe arrière des essieux est monté sur le châssis même de la locomotive; il est commandé par les cylindres à haute pression. Le groupe des essieux d'avant est monté sur un châssis spécial, tournant autour d'un axe placé vers le milieu de la machine; il est commandé par les cylindres à basse pression. Le tuyau qui amène la vapeur des premiers aux seconds cylindres présente les articulations rendues nécessaires par le déplacement du châssis portant le groupe d'avant; le tuyau d'échappement est de même articulé.

Les locomotives Fairlie, plus anciennes, ont deux groupes moteurs pareils, non compound; la chaudière est formée de deux parties symétriques, avec boîte à feu commune au milieu, contenant deux foyers, et avec deux cheminées, une à chaque extrémité.
