

Auteur ou collectivité : Dautry

Auteur : Dautry

Titre : Cours de chemins de fer

Auteur : Dautry

Titre du volume : Quatrième Partie. Matériel roulant et traction des trains

Adresse : Paris : Ecole spéciale des travaux publics, 1924

Collation : 177 p. : fig. pl. repl. ; 21 cm

Cote : CNAM-BIB 8 Le 413 (4)

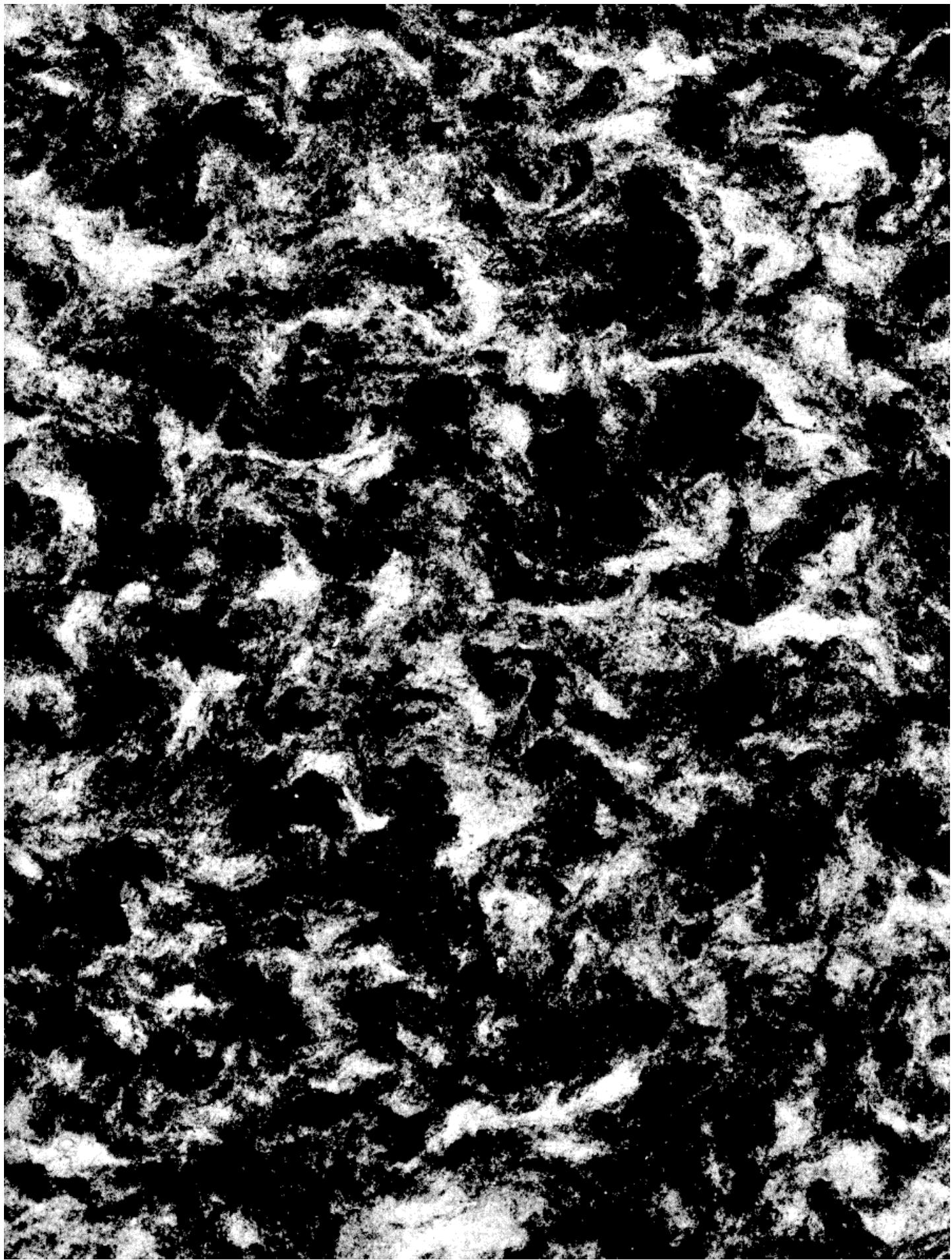
Sujet(s) : Chemins de fer

Date de mise en ligne : 08/11/2016

Langue : Français

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?8LE413.4>







Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

**COURS
DE
CHEMINS DE FER**

8^e Le. 413.

ÉCOLE SPÉCIALE DES TRAVAUX PUBLICS
DU BATIMENT ET DE L'INDUSTRIE

M. LÉON EYROLLES, C. *, Q.I., Ingénieur-Directeur

COURS
DE
CHEMINS DE FER

QUATRIÈME PARTIE
MATÉRIEL ROULANT
ET TRACTION DES TRAINS



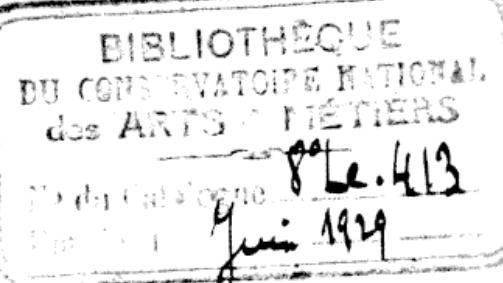
PROFESSEURS :

MM. DAUTRY, ancien élève de l'École Polytechnique, Ingénieur en Chef à la Compagnie du Nord.

GERVET, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur principal aux Chemins de fer de l'Etat.

MASSE, Inspecteur divisionnaire des services techniques à la Compagnie d'Orléans.

Dixième édition



PARIS

ÉCOLE SPÉCIALE DES TRAVAUX PUBLICS

Rue Du Sommerard, Rue Thénard et Boulevard Saint-Germain

1924

PROPRIÉTÉ DU DIRECTEUR DE L'ÉCOLE
Tous droits réservés

NOTA. — *Tous les prix indiqués dans le présent cours sont ceux d'avant-guerre.*

Il conviendra donc de leur appliquer la majoration en usage au moment où l'on aura une étude à faire.

COURS DE CHEMINS DE FER

Matériel roulant et Traction des Trains

PREMIÈRE PARTIE

Wagons et Voitures

CHAPITRE PREMIER

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

SOMMAIRE. — § 1^{er}. DISPOSITIONS PARTICULIÈRES AU MÉTIER ROULANT DES CHEMINS DE FER : Généralités. Application de mentonnets ou boudins au bandage des roues. Calage des roues sur les essieux. Conicité des bandages. Position des roues sous les caisses. Application de la charge sur des fusées extérieures aux roues.

§ 2. DISPOSITIONS GÉNÉRALES D'UN VÉHICULE.

§ 1^{er}. — DISPOSITIONS PARTICULIÈRES AU MÉTIER ROULANT DES CHEMINS DE FER

1. **Généralités.** — Le matériel roulant des chemins de fer se distingue de celui qui est en usage sur les routes par les caractères particuliers énumérés ci-après :

*Application de mentonnets ou boudins aux bandages des roues,
Calage des roues sur les essieux,*

Conicité des bandages,

Position des roues sous les caisses,

Application de la charge sur des fusées extérieures aux roues.

2. Application de mentonnets ou boudins aux bandages des roues. — Les bandages des roues sont pourvus, à l'intérieur de la voie, de rebords cylindriques faisant saillie de 0 m. 026 à 0 m. 036, auxquels on donne le nom de *mentonnets* ou, plus généralement, de *boudins*. Ils sont destinés à maintenir les roues sur les rails. S'ils n'existaient pas, le moindre mouvement latéral imprimé aux essieux aurait pour effet de les faire dérailler.

3. Calage des roues sur les essieux. — Les roues des véhicules de chemins de fer font corps avec leurs essieux et tournent *avec eux*, au lieu de tourner *autour* des essieux, ainsi que le font les roues des voitures circulant sur les routes. Bien que cette disposition entraîne une usure plus rapide des bandages, à cause du frottement de glissement de la roue extérieure dans les courbes, on a été conduit à l'adopter parce qu'elle présente une plus grande solidité. Un essieu monté d'une seule pièce est, en effet, moins susceptible de dislocation qu'un essieu à roues libres, surtout avec l'accroissement des vitesses qui s'accentue de jour en jour.

4. Conicité des bandages. — Les bandages des roues affectent une forme tronconique avec génératrice inclinée au 1/20^e sur l'horizontale. Cette disposition tend, comme nous l'avons expliqué dans la première partie du Cours (Études de la Voie), à ramener constamment le véhicule dans l'axe de la voie.

5. Position des roues sous les caisses. — La position des caisses des véhicules au-dessus des roues est motivée par la nécessité d'avoir un matériel roulant dont la largeur soit aussi grande que possible, afin de mieux faire face aux exigences du trafic. Avec cette disposition, la largeur de la caisse ne se trouve pas bornée par la longueur des essieux qui est, elle-même, commandée par la largeur de la voie ; elle n'est limitée que par l'espacement des voies parallèles et par les dimensions des ouvrages d'art.

6. Application de la charge sur des fusées extérieures aux roues. — C'est aussi pour accroître la largeur des véhicules que le châssis repose, par l'intermédiaire de ressorts de suspension et de boîtes à huile, sur les fusées *extérieures* des roues. La stabilité des caisses des voitures et wagons est ainsi mieux assurée sur les essieux.

§ 2. — DISPOSITIONS GÉNÉRALES D'UN VÉHICULE

Le matériel de transport des chemins de fer se divise en deux catégories : le matériel à *marchandises* et le matériel à *voyageurs*. Quelle

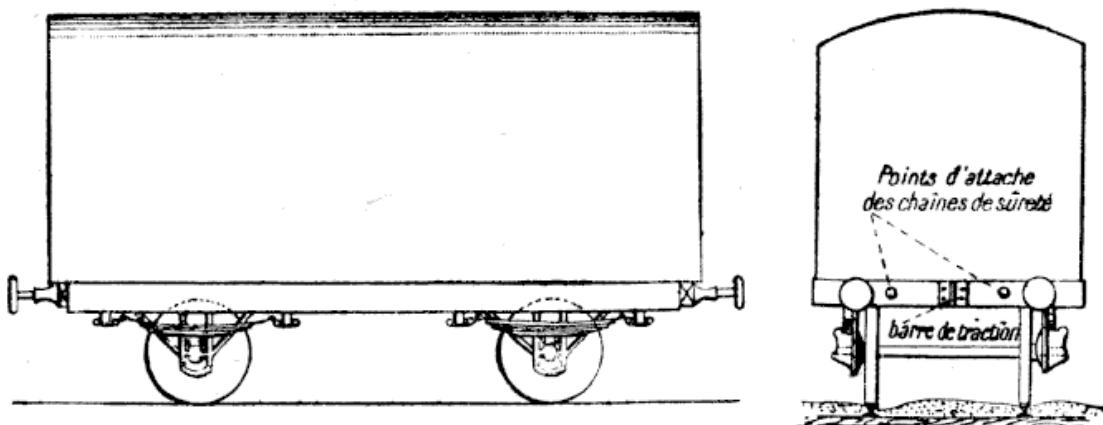


FIG. 1.

qu'en soit la destination, un véhicule de chemin de fer est toujours formé d'une *caisse* portée par un *châssis* reposant sur des *essieux* par l'intermédiaire de *coussinets de friction* enchâssés dans des *boîtes à huile* qui enveloppent la partie de l'essieu sur laquelle est appliquée la charge et qui porte le nom de *fusée*. Pour amortir les chocs, la boîte à huile est reliée au châssis par l'intermédiaire de *ressorts de suspension*. Les essieux et par suite, les roues qui en dépendent sont maintenus dans la position qu'ils doivent occuper sous la caisse, par des fourches en fer embrassant les boîtes à huile et rivées aux longerons du châssis. Ces fourches, appelées *plaques de garde*, peuvent glisser verticalement le long des boîtes à huile en suivant les inflexions des ressorts. Le faible jeu latéral, nécessaire pour permettre ce glissement, facilite aussi l'inscription des véhicules dans les courbes.

Les véhicules sont reliés entre eux par des *appareils d'attelage* comprenant des barres et chaînes d'attelage, des ressorts et des tampons de choc. Les voitures à voyageurs sont, en outre, reliées par des appareils spéciaux destinés soit au passage des voyageurs d'un véhicule à l'autre, soit au passage des canalisations servant à l'intercommunication, aux freins continus ou au chauffage par la vapeur, mais disposés de telle manière que ces liaisons restent toujours indépendantes des efforts de traction nécessaires pour l'entraînement des véhicules. La figure 1, ci-dessus, donne l'indication des divers éléments qui constituent un wagon du type courant.

Nous allons examiner successivement les différentes parties constitutives d'un véhicule.

CHAPITRE II

DESCRIPTION DES PARTIES COMMUNES A TOUS LES VÉHICULES

SOMMAIRE. — § 1^{er} CHASSIS
§ 2. BOITES DE GRAISSAGE.
§ 3. PLAQUES DE GARDE.
§ 4. SUSPENSION.
§ 5. ESSIEUX.
§ 6. ROUES : Généralités ; Corps de la roue ; Bandage.
§ 7. FREINS : Généralités ; Freins à levier ; Freins à vis.

§ 1^{er}. — CHASSIS

Le *Châssis* est un cadre rectangulaire sur lequel est fixé la caisse de la voiture. On le fait aujourd'hui en fer ou en acier, mais il existe encore d'anciens wagons où le châssis est en bois ou partie en bois et partie en fer.

Le châssis se compose de deux *longerons* en fer à **I** ou à **U**, réunis à leurs extrémités par deux *traverses* également en fer ; le tout est relié et consolidé par des traverses intermédiaires et par une croix de Saint-André. Celle-ci est disposée de telle manière qu'elle vient araser le plan supérieur du châssis, afin de former la surface d'appui nécessaire au plancher de la caisse.

Dans les châssis entièrement métalliques, les croix de Saint-André peuvent être supprimées ; les traverses sont alors réunies aux longerons par de larges goussets.

Nous donnons ci-après le plan du châssis d'une voiture ordinaire à voyageurs du réseau de l'État.

§ 2. — BOITES DE GRAISSAGE

Le châssis porte sur les essieux du véhicule par l'intermédiaire de boîtes de graissage, dénommées autrefois *boîtes à graisse* et plus

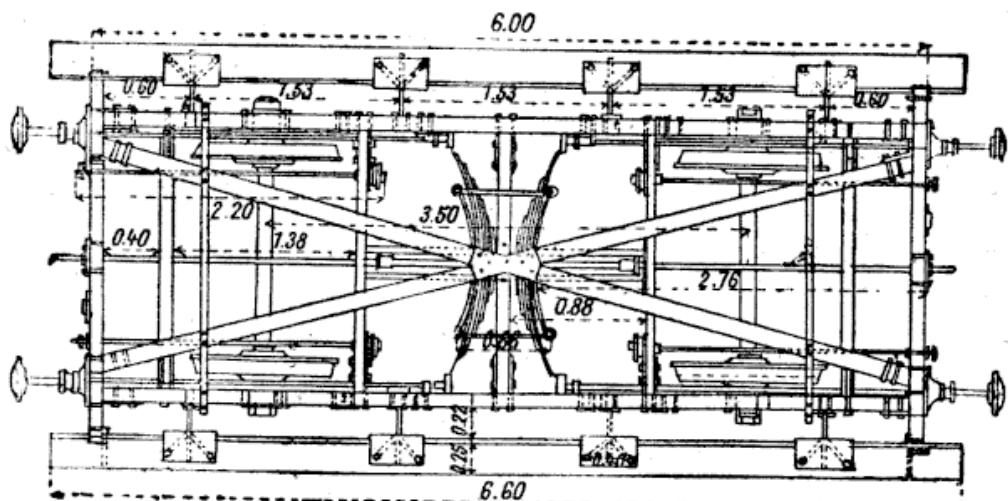


FIG. 2.

généralement aujourd'hui *bottes à huile*, la matière lubrifiante la plus employée étant maintenant l'huile au lieu de la graisse.

La boîte à huile est destinée à atténuer le frottement sur la fusée de

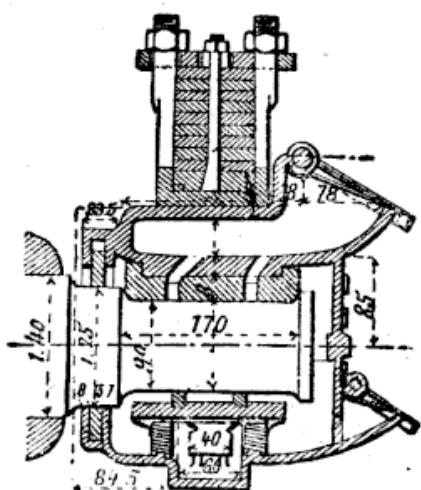


FIG. 3.

Coupe d'une boîte de graissage mixte.

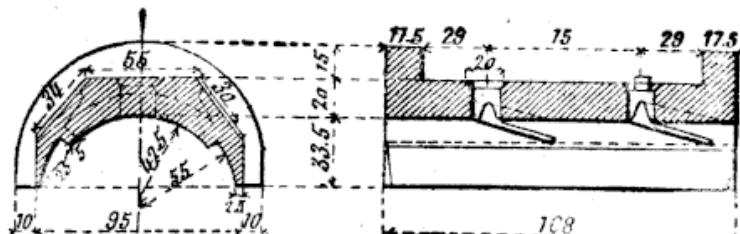


FIG. 4.

Coupe d'un coussinet de boîte de graissage mixte

l'essieu. Elle est généralement en fonte et composée de deux parties 1^o le *coussinet* placé à la partie supérieure et qui porte directement sur la fusée ; 2^o le *réservoir à huile* placé à la partie inférieure.

Le coussinet est en bronze et garni de métal blanc ; ce métal, généralement appelé *anti-friction* ou *régule*, étant un alliage de cuivre, d'antimoine et d'étain.

Le réservoir, placé à la partie inférieure de la boîte, est muni d'un tampon perméable qui est formé de mèches de coton non tressé baignant dans l'huile et se trouve pressé contre la fusée par deux petits ressorts à boudin.

Certaines boîtes sont disposées pour fonctionner à la fois à l'huile et à la graisse. Dans ce cas, la boîte doit être munie d'un réservoir supérieur pour recevoir la graisse qui est fondu par la chaleur produite par le roulement ; le coussinet est alors percé de trous en *patte d'araignée* pour permettre à la graisse fondue de lubrifier la fusée.

Nous donnons ci-dessus la coupe d'une boîte de graissage mixte et les détails d'un coussinet ordinaire du Réseau d'Orléans.

§ 3. — PLAQUES DE GARDE

La plaque de garde est une sorte de fourchette rivée à la face interne ou à la semelle inférieure du longeron du châssis et saisissant la boîte à huile de manière à la maintenir dans sa position normale. La boîte peut glisser verticalement entre ces plaques, pour permettre le jeu des ressorts.

Elle a, en outre, un jeu dans le sens de la longueur du véhicule, pour permettre aux essieux de s'écartier un peu de leur position parallèle lorsqu'ils parcourront une courbe. Ce

jeu, qui est de 0 m. 005 environ de chaque côté, ajouté à celui qui existe entre les boudins des roues et le rail, permet aux véhicules de s'inscrire dans des courbes de 100 à 150 mètres de rayon, comme il s'en trouve dans les gares.

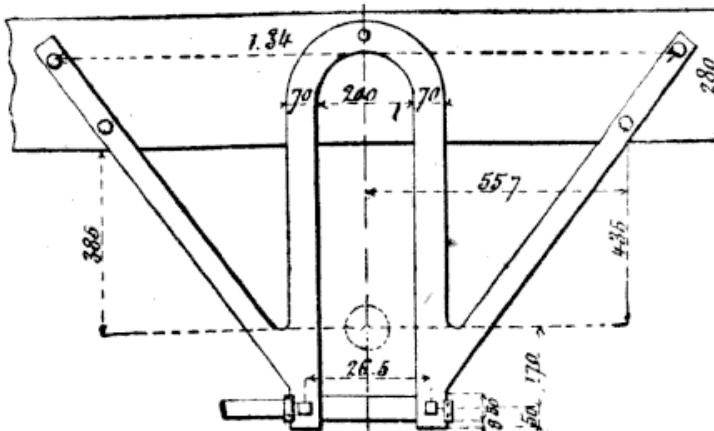


FIG. 5.

Les extrémités inférieures des deux plaques de garde situées d'un même côté du véhicule sont quelquefois réunies par un tirant horizontal destiné à maintenir leur écartement. Cette disposition est particulièrement utile dans les wagons munis de freins à deux sabots internes, le serrage des sabots tendant alors à augmenter l'écartement des essieux.

§ 4. — SUSPENSION

Nous avons déjà dit que le châssis des véhicules reposait sur la fusée extérieure des essieux par l'intermédiaire de *ressorts de suspension* portant sur les boîtes à huile. Ces ressorts de suspension, qui existent dans tous les véhicules, ont pour but d'amortir les chocs dus à la trépidation résultant des inégalités de la voie. Quelquefois, pour les voitures

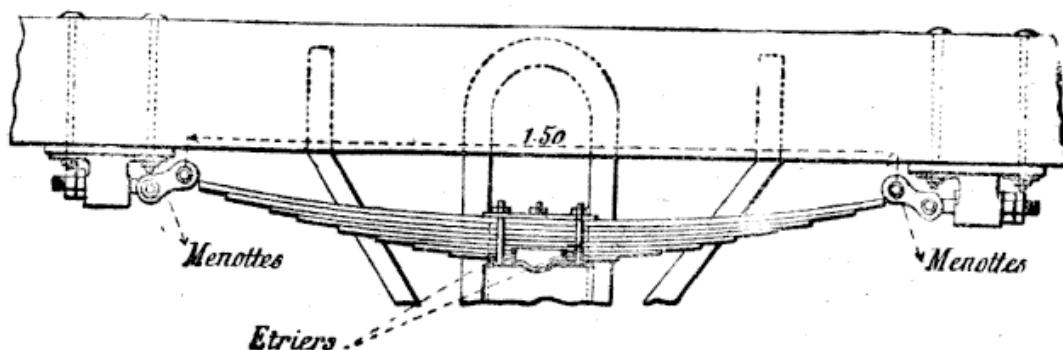


FIG. 6.

à voyageurs notamment, on réalise une seconde suspension de la caisse de ces voitures en interposant entre elle et le châssis, soit des rondelles de caoutchouc soit des ressorts spéciaux.

Les ressorts de suspension sont formés d'une dizaine de lames en acier, superposées et étagées, c'est-à-dire de longueurs inégales croissant avec leur rang. Le profil longitudinal du ressort est parabolique, afin d'en augmenter la flexibilité. Les lames sont maintenues, soit par des *languettes* que porte le dos de chacune d'elles et qui entrent dans une rainure de la lame adjacente, soit par des *goujons* ou *étoquiaux* glissant chacun dans une rainure de la lame inférieure.

En général, on donne aux ressorts une courbure initiale renversée, de telle façon qu'ils soient ramenés à la position horizontale quand ils ont pris leur flèche maximum qui peut atteindre de 12 à 18 centimètres.

Les ressorts sont en acier dur, trempé et recuit. Leur longueur varie, suivant les véhicules, de 0 m. 80 (tenders, locomotives, wagons à marchandises) à 2 m. 50 (voitures de luxe).

Chaque ressort est fixé en son milieu sur la boîte à huile correspondante par deux étriers boulonnés ou par des brides. Leur jonction avec le châssis est obtenue par l'intermédiaire de *menottes*, formées chacune de deux flasques articulées, d'une part, avec le ressort, et de l'autre avec une main attachée au longeron du châssis. Les flasques sont quelquefois remplacées par des anneaux, afin de donner du jeu dans le sens transversal. Dans les anciens véhicules, on trouve encore des ressorts rattachés aux longerons par des glissières, mais cette disposition est, aujourd'hui, abandonnée.

Dans les locomotives et dans les voitures à bogies, on rachète la distance du ressort au châssis au moyen de *chandelles* (fig. 7).

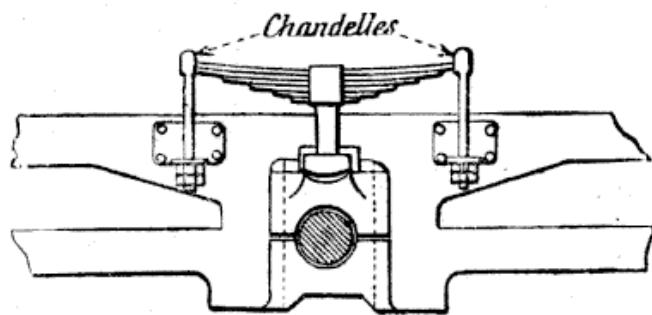


FIG. 7.

§ 5. — ESSIEUX

Les *essieux* servent à transmettre aux roues la pression des véhicules.

Les essieux des locomotives, tenders et véhicules de toutes sortes, se font aujourd'hui exclusivement en acier fondu et martelé. D'anciens véhicules peuvent toutefois avoir encore leurs essieux en fer forgé, mais ils tendent à disparaître.

L'essieu comprend trois parties :

1^o le *corps* de l'essieu, qui est la partie médiane ; il a un diamètre qui varie entre 0 m. 12 et 0 m. 15 ;

2^o les *portées de calage*, sur lesquelles les roues sont calées au moyen de la presse hydraulique ;

3^o les *fusées*, sur lesquelles porte la charge et qui ont de 0 m. 17 à 0 m. 30 de longueur sur 0 m. 09 à 0 m. 13 de diamètre ; elles sont tournées et polies.

Dans les voitures et les wagons, la charge est toujours appliquée à l'extérieur des roues, afin de gagner de la largeur pour la caisse. Dans

les locomotives, la charge s'appuie plutôt entre les roues que sur les extrémités de l'essieu.

Les véhicules de chemins de fer actuellement en circulation sont encore, pour la plupart, portés par deux essieux. Seules la Compagnie P.-L.-M. a utilisé des voitures à 3 essieux. Mais la tendance actuelle est

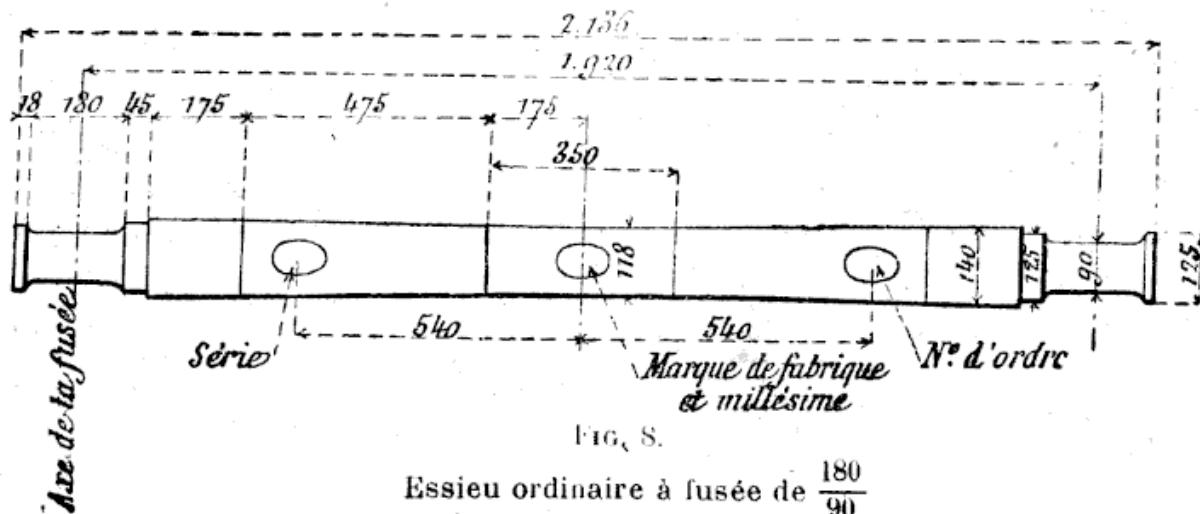


FIG. 8.

Essieu ordinaire à fusée de $\frac{180}{90}$
Fer 207 k. 5.

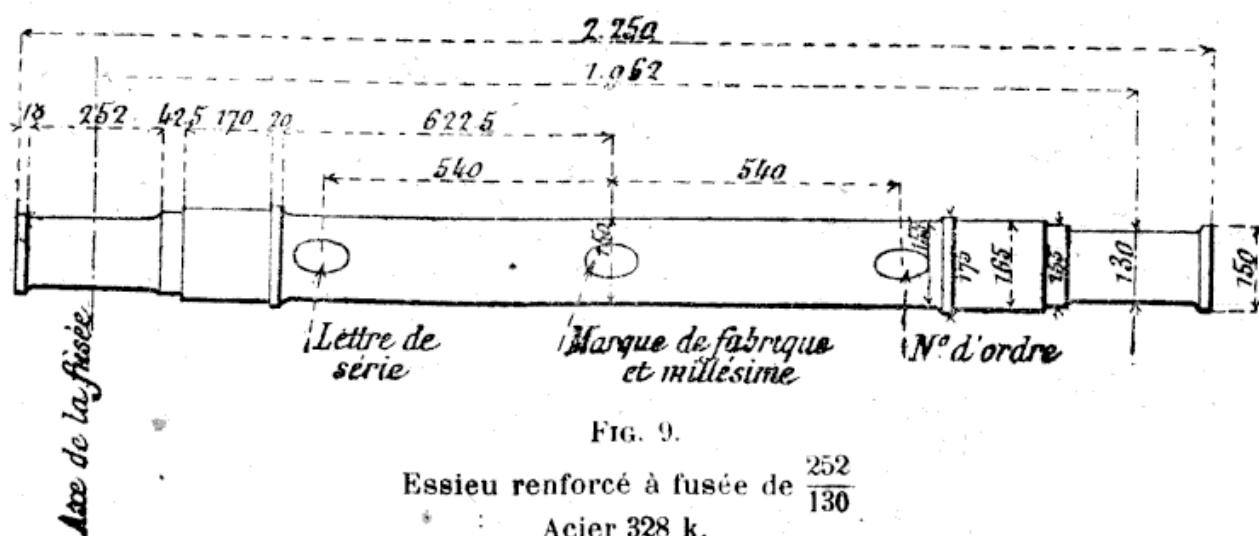


FIG. 9.

Essieu renforcé à fusée de $\frac{252}{130}$
Acier 328 k.

de monter ces véhicules sur bogies, qu'ils soient affectés au transport des voyageurs ou à celui des marchandises.

La distance qui sépare les essieux extrêmes se nomme l'*empattement*. Cet empattement qui, autrefois, dépassait rarement 4 mètres pour les voitures à voyageurs et se tenait souvent au-dessous de 3 mètres pour certaines séries de wagons à marchandises, a été augmenté dans de fortes proportions avec le nouveau matériel à couloir destiné aux voyageurs. Il atteint aujourd'hui jusqu'à 8 m. 500 pour les voitures à deux ou

à trois essieux. Avec l'emploi des bogies dont les essieux sont distants de 2 m. 30 à 2 m. 50 l'empattement atteint 18 mètres.

Le plus grand écartement des essieux donne plus de stabilité aux véhicules sur la voie en atténuant les mouvements de lacet, mais oblige à renforcer les longerons.

Les ruptures d'essieux peuvent entraîner des accidents très graves. Aussi soumet-on ces essieux, avant leur emploi, à des épreuves très rigoureuses et les visite-t-on périodiquement en mettant les véhicules au « levage ». Ils sont aussi surveillés, pendant le parcours des trains, par des agents du service de la traction nommés *visiteurs*, qui les frappent au marteau et reconnaissent quelquefois au son un commencement de cassure. Malgré ces précautions, on n'arrive malheureusement pas à supprimer les accidents.

L'ordonnance du 15 novembre 1846, modifiée par décret du 1^{er} mars 1901, prescrit de tenir, pour les essieux de locomotives et de tenders, des registres spéciaux sur lesquels, à côté du numéro d'ordre de chaque essieu, sont inscrits sa provenance, la date de sa mise en service, l'épreuve qu'il peut avoir subie, son travail, ses accidents et ses réparations.

Pour les voitures et wagons, chaque essieu doit porter une marque au poinçon faisant connaître la provenance et la date de la fourniture ; mais, vu le grand nombre des essieux en service, aucun registre n'est imposé.

Le poinçonnage permet néanmoins de classer les essieux par séries et de suivre la manière dont se comporte chaque série. Celles qui ont donné une proportion importante de ruptures sont mises au rebut.

Nous donnons ci-dessus (fig. 8 et 9) deux dessins indiquant les dispositions d'un essieu ordinaire de voiture et d'un essieu renforcé.

§ 6. — ROUES

8. Généralités. — Les roues des véhicules de chemins de fer, à cause de leur position sous la caisse, sont de petit diamètre (0 m. 90 à 1 m. 05 environ) ; elles se font en fer ou en acier et sont toujours composées de deux parties le *corps de la roue* et le *bandage*.

9. Corps de la roue. — Autrefois, le corps des roues était constitué par des lames de fer, repliées de manière à former chacune les deux moitiés de deux rais consécutifs et la partie de jante comprise entre eux ;

ces lames étaient réunies au centre et noyées dans un moyeu en fonte (fig. 10).

Ce type se trouve encore sur les anciens wagons à marchandises. Mais on tend de plus en plus à le remplacer par un autre dans lequel le centre des roues est tout entier en fer forgé.

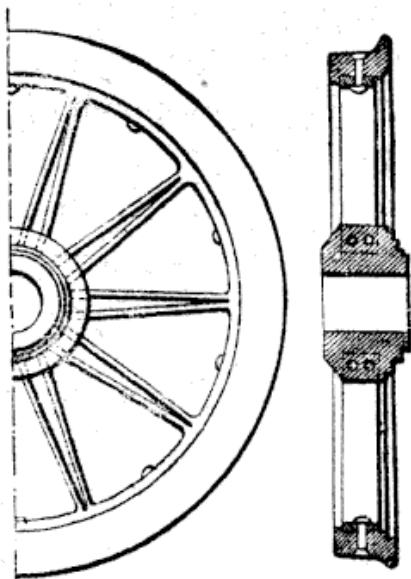


FIG. 10.

Les roues les plus répandues en France sont celles du système Arbel (fig. 11) ; elles sont formées d'une jante, de rais droits et d'un moyeu en fer qui sont soudés dans une étampe au moyen d'un marteau pilon ou d'une presse.

On emploie surtout les roues Arbel pour les wagons à marchandises et pour les locomotives.

Pour les voitures à voyageurs on donne la préférence aux roues pleines en fer ou en acier laminé. Les roues à rais présentent, en effet, l'inconvénient de former ventilateur et de soulever, dans les grandes vitesses, une poussière désagréable aux voyageurs et nuisible aux parties frottantes du matériel.

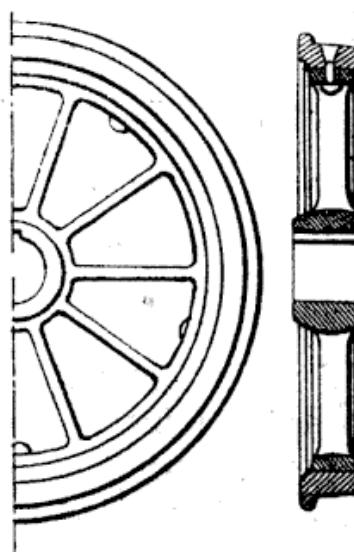
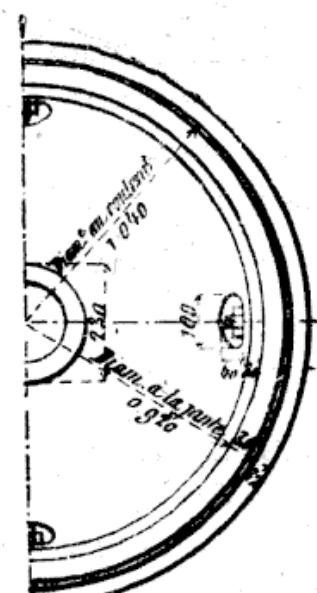


FIG. 11.



FIG. 12.



Le disque plein peut être droit ou ondulé. On préfère cette dernière forme à la première parce qu'elle donne à la roue plus d'élasticité (fig. 12).

On fait aussi en Allemagne, en Angleterre et en Amérique des roues en acier moulé ; elles sont d'une seule pièce, avec jante formant bandage (fig. 13), ou avec bandage rapporté.

Les roues en fonte, employées à l'origine en Amérique et dans les Etats de l'Europe centrale, n'ont jamais été utilisées en France où — à raison de leur fragilité — l'ordonnance de 1846 en avait proscrit l'emploi.

On a fait aussi quelques roues avec cadre en bois et l'on a même essayé d'en faire avec centre en papier comprimé. Nous ne les mentionnons que pour mémoire.

10. Bandage. — Le bandage est la partie de la roue qui entoure la jante et fournit la surface de roulement sur le rail. Il est muni d'un rebord en saillie nommé *boudin* ou *mentonnet* qui est placé du côté de l'axe de la voie et sert à maintenir la roue sur le rail.

Le profil de la surface de roulement du bandage présente, dans sa partie médiane, une inclinaison de $1/20^{\circ}$ sur l'horizontale. Cette inclinaison est raccordée avec le boudin par une courbe adoucie et se prolonge, du côté de l'extérieur de la voie, par une partie inclinée à $3/20^{\circ}$. Dans les circonstances normales de la circulation, c'est la partie médiane qui porte seule sur le rail. Lorsque l'essieu est écarté accidentellement de sa position normale, il est ramené vers celle-ci par les points d'appui du bandage sur les rails avant que la réaction horizontale du boudin ne soit entrée en jeu.

Les bandages se font en acier et leur largeur peut varier de 130 à 150 millimètres.

Les boudins ont une saillie et une épaisseur de 25 à 30 millimètres.

La saillie des boudins

tend à s'accroître avec l'usure des bandages et arriverait à cisailler les boulons d'éclisses. Aussi le Ministre des Travaux Publics, par son arrêté du 15 juin 1808, a-t-il prescrit pour cette saillie un maximum absolu de

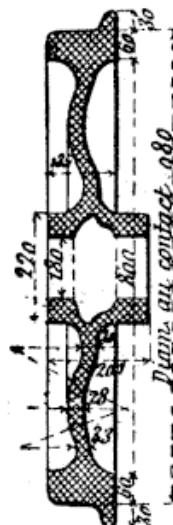


FIG. 13.

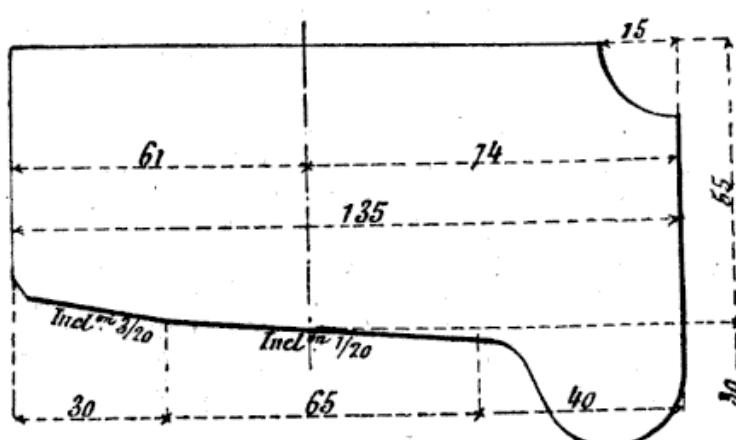


FIG. 14.

36 millimètres déjà indiqué dans les conclusions du protocole final de la Conférence de Berne, du 6 mai 1907, sur l'unité technique des chemins de fer (1).

Comme, d'autre part, l'usure des bandages est loin d'être régulière, on est amené, dans la pratique, après un parcours variant de 100.000 à 200.000 kilomètres, à *ra/raîchir* les bandages sur le tour pour leur rendre leur profil normal. On peut répéter cette opération tant que l'épaisseur n'est pas trop réduite, après quoi il faut remplacer le bandage.

On fait aujourd'hui les bandages *sans soudure*. On les met en place en les chauffant fortement, de manière à augmenter leur diamètre, et le serrage est obtenu naturellement par le refroidissement (2). On les fixe alors par des vis, des rivets ou des agrafes.

§ 7. — FREINS

11. Généralités. — Les freins ordinaires consistent en *sabots* de fonte que l'on peut amener en contact avec les bandages des roues du véhicule et qui peuvent serrer celles-ci au point de les empêcher de tourner.

On peut classer les freins en deux catégories : les *freins à main* et les *freins continu*s. Nous parlerons de ces derniers à propos de la formation des trains et nous ne décrirons ici que les freins à main.

Les freins à mains sont ceux qui se manœuvrent de chacun des véhicules qui en sont munis.

Ils sont de deux sortes : *à vis* ou *à levier*.

12. Freins à levier. — Ces freins, très rudimentaires, comportent un levier placé sur le côté du wagon et ne sont appliqués qu'à certains wagons à marchandises. Ils ne peuvent être actionnés que par les agents circulant à pied sur la voie à côté des véhicules et ne sont utilisés qu'au cours des manœuvres dans les gares.

13. — Freins à vis. — Les *freins à vis* agissent sur les quatre roues d'un véhicule et même, pour les voitures à voyageurs, de part et d'autre

(1) Nous donnons plus loin le texte de ces conclusions.

(2) Cette opération de mise en place se fait aussi à la presse hydraulique.

de la même roue, donnant ainsi quatre surfaces de frottement par essieu. L'agent chargé de la manœuvre du frein est installé, soit dans un fourgon soit dans une vigie placée au-dessus du wagon et d'où il peut surveiller la voie. Pour serrer les freins, il tourne un volant qui actionne, soit une vis (d'où le nom de « frein à vis »), soit un engrenage rattaché à un sys-

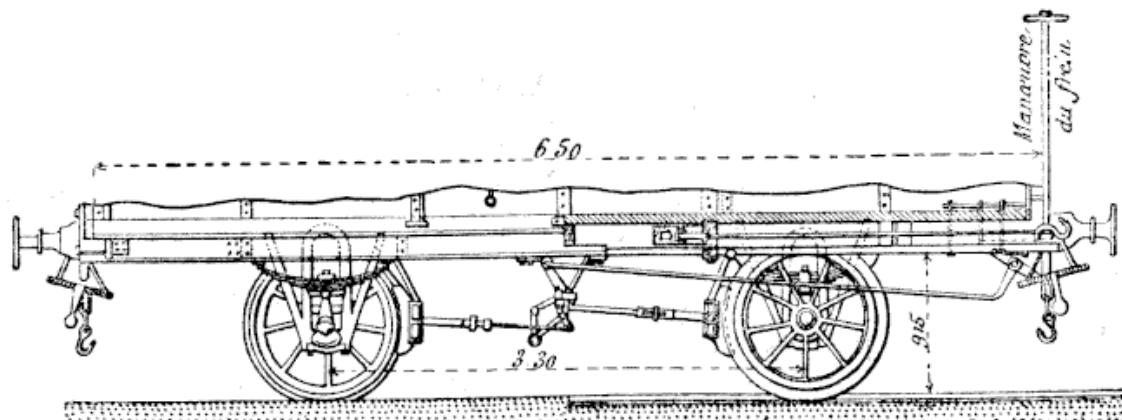


FIG. 15.

tème de leviers coudés destinés à produire à volonté le serrage ou le desserrage. (Voir fig. 15).

La Compagnie du Nord a employé le frein *Bricogne*, dans lequel le serrage est obtenu par la chute instantanée d'un contre-poids qui, pour

le desserrage, se remonte à la main au moyen d'une vis. L'action instantanée de ce frein produit des chocs violents qu'on ne peut éviter.

Le frein *Stilmant*,

très répandu, est plus pratique. Les sabots sont actionnés deux par deux au moyen de tiges fixées à deux flasques mobiles entre lesquelles glisse un coin. On a ainsi un frein qui peut arriver rapidement au contact des roues sans action brusque (fig. 16).

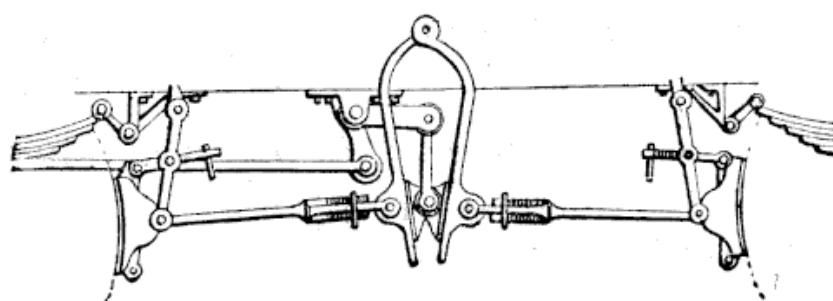


FIG. 16.

CHAPITRE III

WAGONS A MARCHANDISES

SOMMAIRE. — § 1^{er}. GÉNÉRALITÉS.

§ 2. WAGONS PLATES-FORMES.

§ 3. WAGONS TOMBÉREAUX.

§ 4. WAGONS COUVERTS ET FERMÉS : Généralités. Fourgons. Wagons à panneaux pleins sur toute leur hauteur. Wagons à bestiaux. Wagons spéciaux.

§ 5. WAGONS DE SERVICE : Classification. Wagons à ballast. Wagons accumulateurs à gaz. Wagons citernes. Wagons de secours. Grues roulantes.

§ 1^{er} — GÉNÉRALITÉS

Les wagons à marchandises peuvent être classés d'après les particularités de leur construction en trois catégories principales :

1^o *les wagons plates-formes* ;

2^o *les wagons tombereaux* ;

3^o *les wagons couverts et fermés*.

A ces trois catégories doit être ajoutée celle des wagons dits « de service » qui sont exclusivement affectés à leur réseau pour les besoins de l'exploitation et dont la spécialisation entraîne certaines dispositions particulières.

La caractéristique principale de la construction des wagons à marchandises réside dans le fait que la caisse est généralement solidaire du châssis sur lequel sont assemblés les montants, tandis que pour le matériel à voyageurs, le train et la caisse sont toujours indépendants l'un de l'autre. Nous donnons ci-après quelques indications générales sur les dispositions des wagons à marchandises.

§ 2. — WAGONS PLATES-FORMES

La caisse des wagons plates-formes se compose d'un simple plancher sans bords ou à bords peu élevés, de 0 m. 20 à 0 m. 40 de hauteur, se rabattant parfois à l'extérieur en tournant autour de charnières horizontales. Dans ce dernier cas on les désigne sous le nom de « plates-formes à côtés tombants » ou « à bouts tombants ». Les plates-formes à bouts tombants servent au transport des longues pièces (rails, bois en grume), en accouplant les véhicules deux par deux ; elles sont alors munies, en leur milieu, de traverses à pivot permettant la libre inscription de chaque véhicule dans les courbes, sans qu'ils soient gênés par la rigidité des pièces transportées. Lorsque la longueur de ces pièces dépasse celle de deux plates-formes consécutives, on peut atteler celles-ci au moyen de *flèches*, sortes de longues barres d'attelage qui permettent d'augmenter notablement la portée du chargement mais l'emploi de ces flèches n'est pas sans danger et il est préférable d'affecter au transport des longues pièces les grandes plates-formes dont le nombre s'accroît de plus en plus.

Les plates-formes servent ordinairement au transport des matériaux qui n'ont pas besoin d'être soutenus latéralement, ni abrités contre la

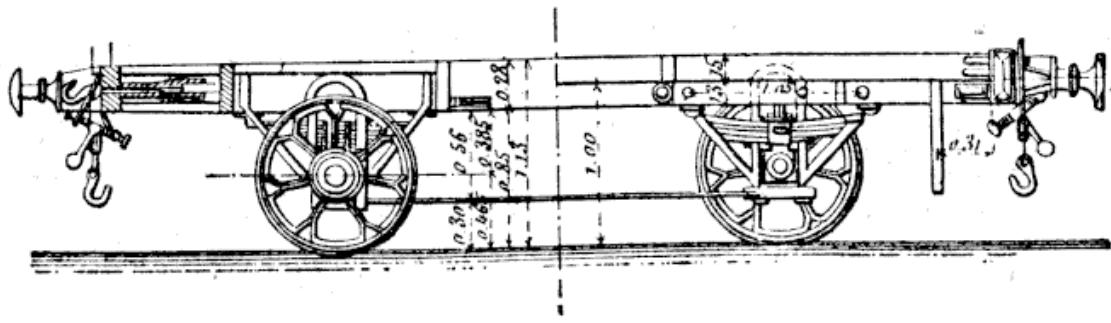


FIG. 17.

pluie. Les parois de ces wagons sont pourtant munies d'anneaux qui permettent l'emploi de bâches. On se sert aussi des plates-formes pour le transport des voitures et calèches et, en raison des dispositions spéciales qu'elles peuvent alors présenter, on les désigne sous le nom de *trucks à équipages*. Enfin c'est encore sur des plates-formes qu'on place les grues roulantes destinées au chargement des masses lourdes dans les stations où il n'existe pas de grues fixes destinées à cet usage (1).

Nous donnons ci-dessus (fig. 17) le dessin d'un wagon plate-forme ordinaire.

(1) Ces plates-formes constituent alors des véhicules tout à fait spéciaux qui ne peuvent être affectés à aucun autre usage.

§ 3. — WAGONS TOMBREAUX

Les wagons tombereaux diffèrent des précédents en ce que leurs bords sont plus élevés et munis de portes à vantaux sur les faces longitudinales.

Ils sont surtout employés pour le transport de la houille ou des

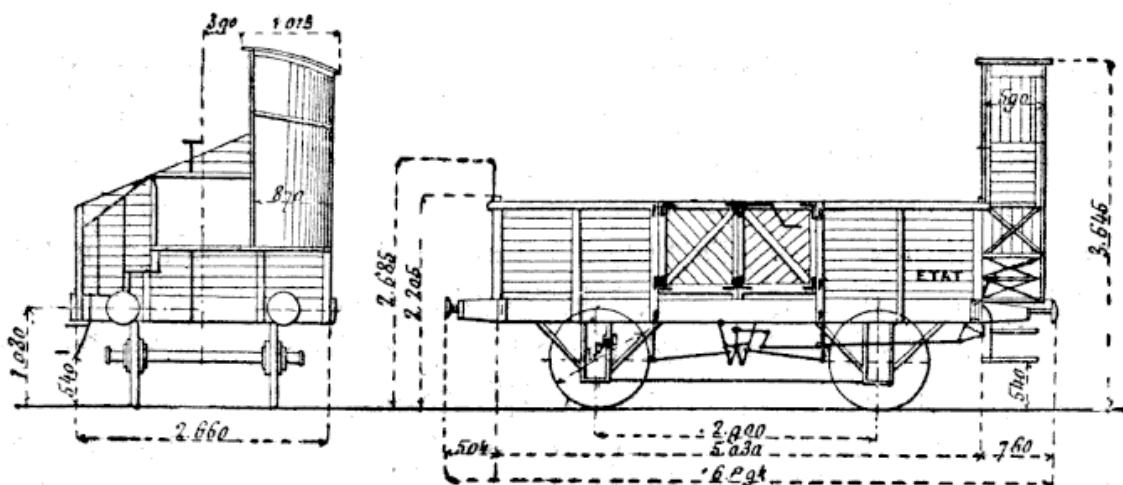


FIG. 18.

marchandises qui peuvent être chargées en *vrac* (betteraves, pommes, minéraux, etc.). On peut aussi s'en servir pour le transport des céréales, de la chaux et autres matières qu'on peut protéger contre la pluie en les recouvrant d'une bâche. Ils peuvent être avec ou sans frein et sont, dans le premier cas, munis d'une vigie pour le garde-frein (fig. 18).

Le système de fermeture des portes doit être particulièrement solide, afin d'éviter que ces portes ne puissent s'ouvrir pendant la marche; il est souvent formé d'une barre d'accrochage disposée à la partie supérieure des vantaux et d'une espagnolette qui relie, en bas, ces vantaux entre eux et avec le longeron du châssis (fig. 19).

Aujourd'hui, en France, les wagons sont établis couramment pour

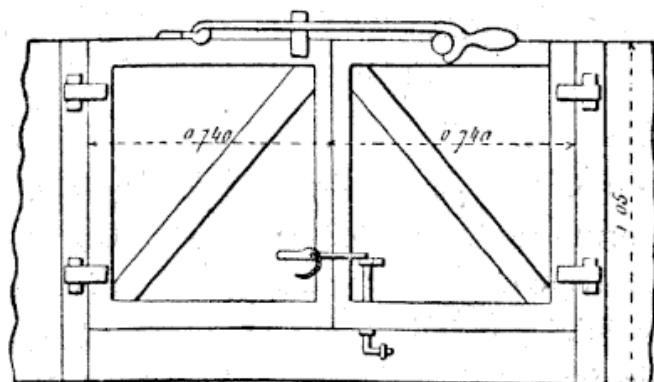


FIG. 19.

porter des charges de 8 à 10 tonnes et l'on tend de plus en plus à augmenter cette limite, au point que la plupart des réseaux ont maintenant des wagons tombereaux portant 12, 15 et 20 tonnes. On en construit même dont le *tonnage*, c'est-à-dire la charge qu'ils peuvent transporter, atteint 40 et 50 tonnes ; il sont alors montés sur bogies. On réduit ainsi le *poids mort* qui peut descendre de 800 à 300 kilos par tonne de chargement.

§ 4. — WAGONS COUVERTS ET FERMÉS

14. Généralités. — Les wagons couverts sont ordinairement munis de portes latérales à un ou deux vantaux qui glissent, au moyen de galets à gorge, sur un chemin de roulement en fer. Leurs dispositions générales sont indiquées au croquis ci-après. (fig. 20).

Ils se divisent en trois catégories principales :

- 1^o *les fourgons* ;
- 2^o *les wagons à panneaux pleins sur toute leur hauteur* ;
- 3^o *les wagons à bestiaux*.

15. Fourgons. — Les *fourgons* sont destinés spécialement au transport des bagages et sont généralement munis de niches pour le transport des chiens.

16. Wagons à panneaux pleins sur toute leur hauteur. — Ces *wagons* sont destinés aux marchandises qui ont besoin d'être protégées contre les intempéries ou les soustractions frauduleuses. Leur emploi est particulièrement indiqué pour le transport des marchandises de douane ou de celles qui doivent circuler en wagons plombés.

17. Wagons à bestiaux. — Les *wagons à bestiaux* se différencient des précédents en ce que leurs panneaux sont munis de volets qu'on peut ouvrir pour aérer l'intérieur. En y installant des bancs mobiles, on peut aménager ces wagons pour le transport des troupes (fig. 20). Quand il s'agit de transporter des animaux de valeur, des chevaux par exemple, ces wagons sont divisés en stalles ou boxes, avec ou sans compartiment pour le conducteur ; on les désigne alors sous le nom de *wagons écuries*.

18. Wagons spéciaux. — Il existe un certain nombre de wagons couverts spécialement appropriés au transport de la marée ou des produits de laiteries ; d'autres, appelés *wagons citerne*s, servent à transporter les bières, les alcools, le pétrole, le goudron, etc. ; d'autres encore sont affectés au transport du poisson ou des viandes abattues, et sont munis d'appareils réfrigérants, mais ces véhicules spéciaux, qui appartiennent le plus souvent à des particuliers, sont des exceptions dans la grande masse des wagons couverts.

Les wagons à marchandises de tous types coûtaient approximativement en 1914 :

le fourgon.....	5.500 fr.
le wagon tombereau.....	3.000 fr.
le wagon couvert ordinaire.....	3.500 fr.
le wagon plate-forme.....	2.000 fr.

Ces prix sont actuellement augmentés d'environ 200 0/0.

§ 5. — WAGONS DE SERVICE

19. Classification. — On peut classer dans la catégorie des wagons de service : les wagons à ballast, les wagons accumulateurs à gaz, les wagons citerne, les wagons de secours et les grues roulantes.

20. Wagons à ballast. — Ces wagons sont des plates-formes spécialisées dont les côtés tombants ont 0 m. 40 de hauteur et permettent un déchargement rapide du ballast sur la ligne. Ils se font à frein (avec guérite pour le serre-frein), ou sans frein.

21. Wagons accumulateurs à gaz. — Les wagons accumulateurs à gaz (fig. 21) sont affectés au transport du gaz destiné à l'éclairage des voitures. Ce sont aussi des plates-formes, lesquelles reçoivent trois réservoirs cylindriques en tôle, d'une capacité de 5 à 6 mètres cubes chacun, et dans lesquels on emmagasine le gaz sous une pression qui peut atteindre jusqu'à 9 ou 10 atmosphères. A raison de cette forte pression, ces cylindres sont en tôle d'acier de 11 millimètres d'épaisseur ; ils sont timbrés à 11 atmosphères et essayés à 15. Le poids de chaque réservoir est d'environ 1900 kilos.

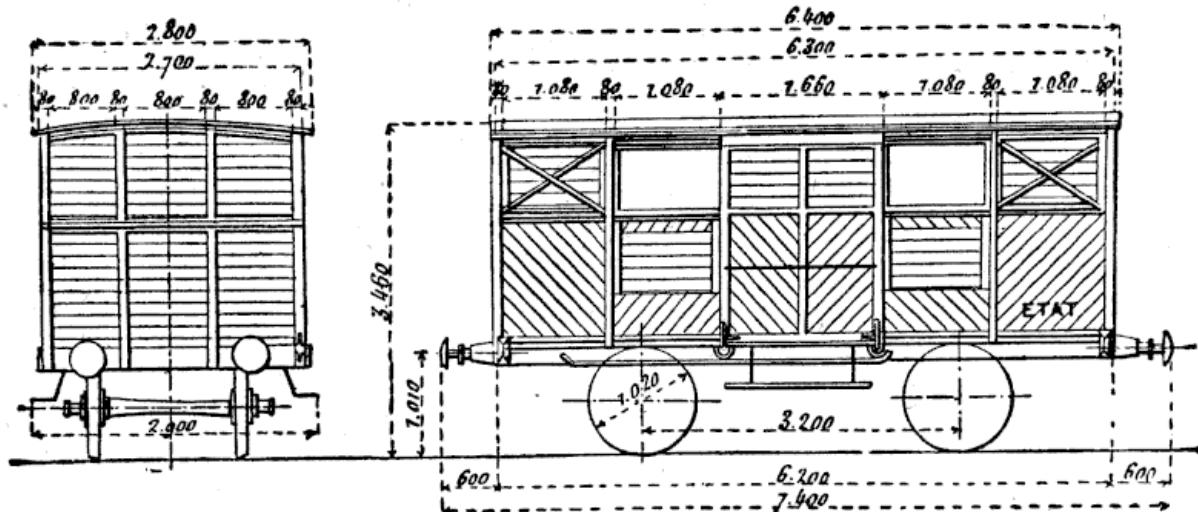


FIG. 20.

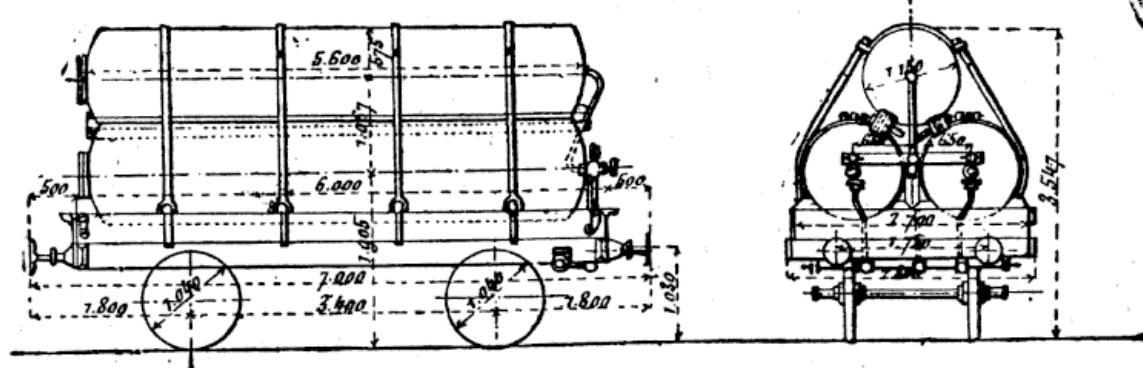


FIG. 21.

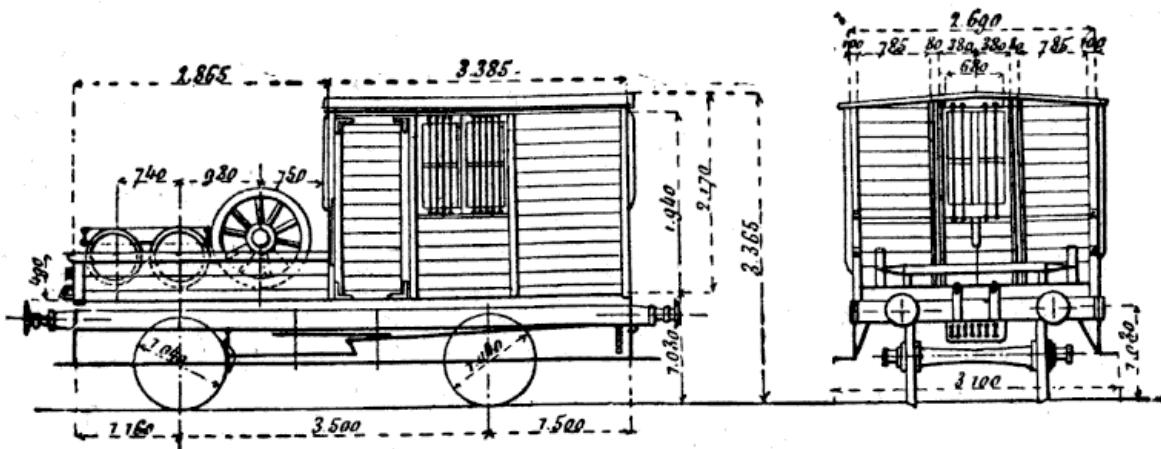
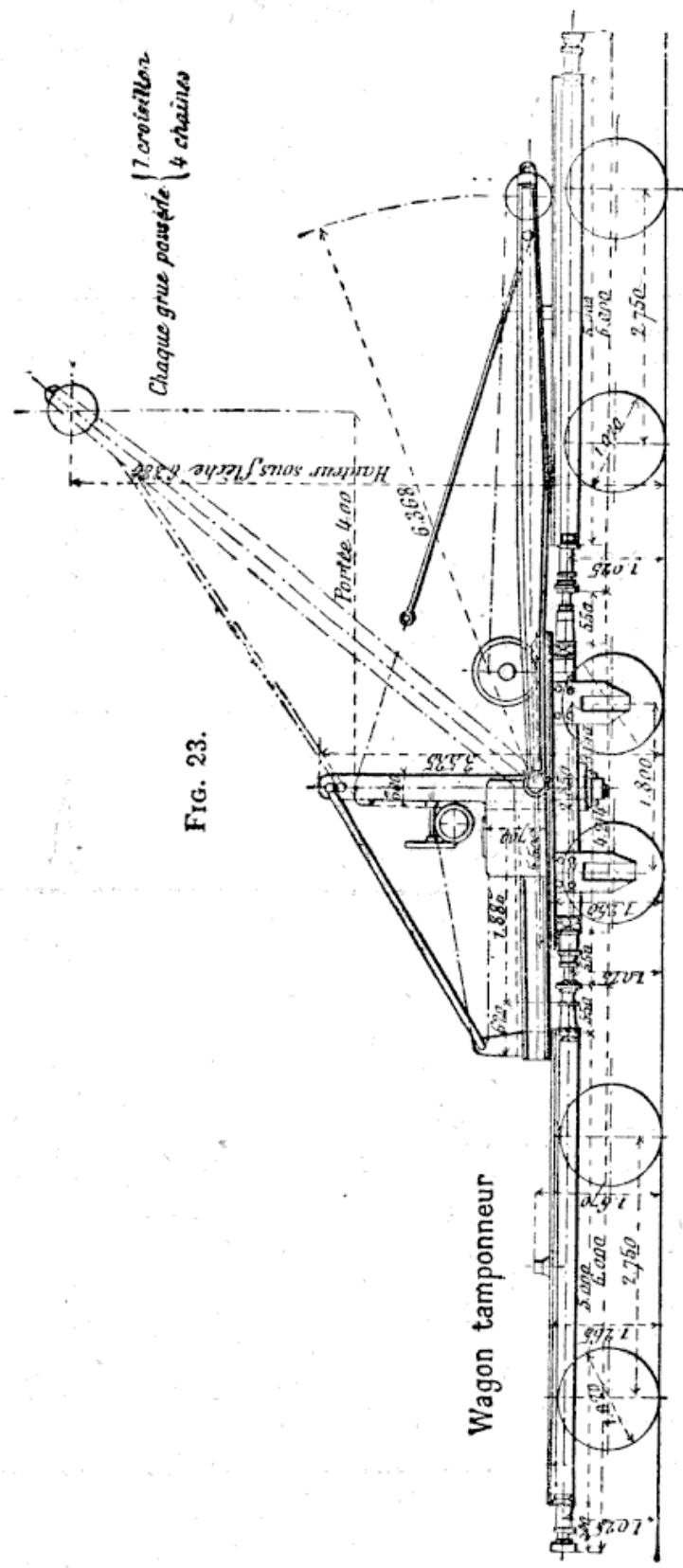


FIG. 22.

22. **Wagons citerne**s. — Les wagons citerne ressemblent aux précédents, avec cette différence qu'ils ne portent qu'un seul réservoir dont la capacité est d'environ 8 mètres cubes et qui, lorsqu'il est plein, correspond à peu près à la charge-limite du véhicule.



23. Wagons de secours. — Les wagons de secours (fig. 22) sont des véhicules qui sont en général moitié couverts et moitié découverts. Ils renferment dans la partie couverte l'outillage et tous les agrès nécessaires aux travaux de relèvement des véhicules déraillés ou avariés et reçoivent, sur la plate-forme découverte, les essieux de rechange ainsi que la partie du matériel de secours qui ne craint pas les intempéries.

24. Grues roulantes.

— Les grues roulantes (fig. 23) sont des grues de chargement montées sur plate-forme, de manière à pouvoir pivoter autour d'un axe vertical. Elles sont destinées à la manutention des fardeaux exceptionnellement lourds qui sont remis aux gares non pourvues de grues de chargement fixes.

Lorsque la grue rou-

lante est attelée aux trains, pour son transport d'une gare à une autre, elle est insérée entre deux plates-formes dont l'une supporte la flèche préalablement abattue tandis que l'autre sert de wagon tamponneur.

Pour augmenter la puissance de l'appareil en service, on peut agrafer la grue aux rails de la voie et soulever ainsi des charges dépassant de 1/5° environ la charge maximum autorisée.

En général, les grues roulantes sont d'une force de 5 tonnes, quand elles sont libres, et de 6 tonnes lorsqu'elles sont agrafées.

CHAPITRE IV

VOITURES A VOYAGEURS

SOMMAIRE. — § 1^{er}. CLASSIFICATION.

- § 2. VOITURES A COMPARTIMENTS ISOLÉS ET A ACCÈS BI-LATÉRAL.
- § 3. VOITURES A COULOIR LONGITUDINAL AVEC ACCÈS PAR BOUTS.
- § 4. VOITURES A COULOIR LONGITUDINAL ET ACCÈS LATÉRAUX.
- § 5. INSCRIPTIONS PORTÉES PAR LES VOITURES ET LES WAGONS.

§ 1^{er}. — CLASSIFICATION

Les voitures à voyageurs se rangent aujourd'hui en trois catégories principales :

- 1^o *Voitures à compartiments isolés* ;
- 2^o *Voitures à couloir longitudinal avec accès par bouts* ;
- 3^o *Voitures à couloir longitudinal et accès latéraux*.

§ 2. — VOITURES A COMPARTIMENTS ISOLÉS ET A ACCÈS BI-LATÉRAL

Pendant longtemps, les voitures à voyageurs n'ont été que de ce type qui présentait l'avantage d'utiliser aussi complètement que possible la caisse du véhicule. Les voitures de 3^e classe avaient ordinairement 5 compartiments de 10 places chacun, et les voitures de 2^e et de 1^{re} classes avaient 4 ou 3 compartiments de 10 ou 8 places. L'ancienne ordonnance du 15 novembre 1846 prescrivait, comme dimensions minima des places : 0m.45 de largeur, 0m.65 de profondeur, et 1m.45 de hauteur. Le décret du 1^{er} mars 1901, qui a modifié cette ordonnance, et dont les prescriptions sont celles suivies aujourd'hui, stipule seulement que le ministre détermine, la compagnie entendue, quelles doivent être ces dimensions minima qui sont d'ailleurs notablement augmentées.

Les voitures sont ordinairement portées par deux essieux et quelquefois par trois (compagnie P.-L.-M.).

Avec les améliorations successivement réalisées dans le matériel roulant, on en est arrivé à faire les voitures beaucoup plus longues, en augmentant l'écartement des essieux, de sorte qu'on a aujourd'hui des voitures comportant jusqu'à 8 et même 10 compartiments transversaux. Cette disposition a pour effet de réduire notablement le poids mort qui, dans les voitures à voyageurs, est d'autant plus considérable que le confort offert au public est plus grand.

Trois classes sont généralement offertes aux voyageurs. En Belgique cependant on a supprimé les 1^{res} classes que l'on a remplacé, il est vrai, par des places de luxe dans les express, et, en Angleterre, les trains à long parcours, de Londres en Écosse, par exemple, n'ont que des 3^{es} et des 1^{res} classes. Les trains de banlieue ne comportent quelquefois que des 1^{res} et des 2^{es} classes.

Les compartiments de 1^{re} classe sont à 6 ou 8 places. On les capitone à l'intérieur et l'on munit leurs banquettes de coussins ainsi que d'accoudoirs ou strapontins mobiles ; des poignées en passementerie sont disposées sur les faces intérieures latérales pour faciliter la montée des voyageurs ; les glaces sont mobiles, pourvues de stores ou de rideaux et leurs châssis sont garnis de velours ou de drap, afin d'atténuer le bruit ; le plancher est recouvert d'un tapis et des filets sont placés au-dessus des sièges pour recevoir les menus bagages que les voyageurs désirent garder avec eux. Des doubles planchers et doubles plafonds sont souvent établis tant pour assourdir le bruit du roulement du train que pour assurer une meilleure protection contre la chaleur ou le froid.

Les compartiments de 2^e classe sont un peu moins confortables, mais ils présentent à peu près les mêmes dispositions, surtout dans les voitures de construction récente et contiennent de 8 à 10 places (1).

Les compartiments de 3^e classe sont généralement de 10 places. Ils sont munis de banquettes presque toujours rembourrées.

Les compartiments de toutes classes sont fermés par un pène taillé en bec de cane muni d'un ressort et manœuvré, soit automatiquement par la fermeture de la portière, soit, pour l'ouverture, par le moyen d'une

(1) Certaines voitures de 2^e classe des chemins de fer de petite ceinture de Paris contiennent jusqu'à 12 places.

poignée intérieure ou d'un levier extérieur. La fermeture est, en outre, complétée, sauf pour les voitures de banlieue, par un loqueteau placé à la partie inférieure de la portière.

§ 3. — VOITURES A COULOIR LONGITUDINAL AVEC ACCÈS PAR BOUTS

Ces voitures qu'on appelle quelquefois *voitures américaines*, parce qu'elles sont employées depuis longtemps en Amérique, sont, aujourd'hui d'un usage courant. Elles procurent aux voyageurs de grands avantages pour les longs parcours en ce qu'elles donnent un accès permanent aux cabinets de toilette avec water-closets et permettent, au moyen d'aménagements spéciaux, de réaliser l'*intercirculation* avec les autres voitures du train, avec les wagons-restaurants notamment. Une circulaire ministérielle du 20 octobre 1898 a recommandé aux compagnies l'emploi des voitures à couloir de toutes classes, en vue de leur application à tous les trains de vitesse et de grand parcours.

Les voitures à couloir sont généralement de grande longueur. Quand elles ne dépassent pas 12 mètres, on peut les faire porter simplement sur deux essieux dont l'écartement atteint jusqu'à 7 m. 25 (Compagnie P.-L.-M.) et même 8 m. 50. Au-delà de cette longueur, on emploie les bogies, et on peut alors avoir des voitures qui atteignent jusqu'à 25 mètres (sleeping-cars de la Compagnie des Wagons-Lits).

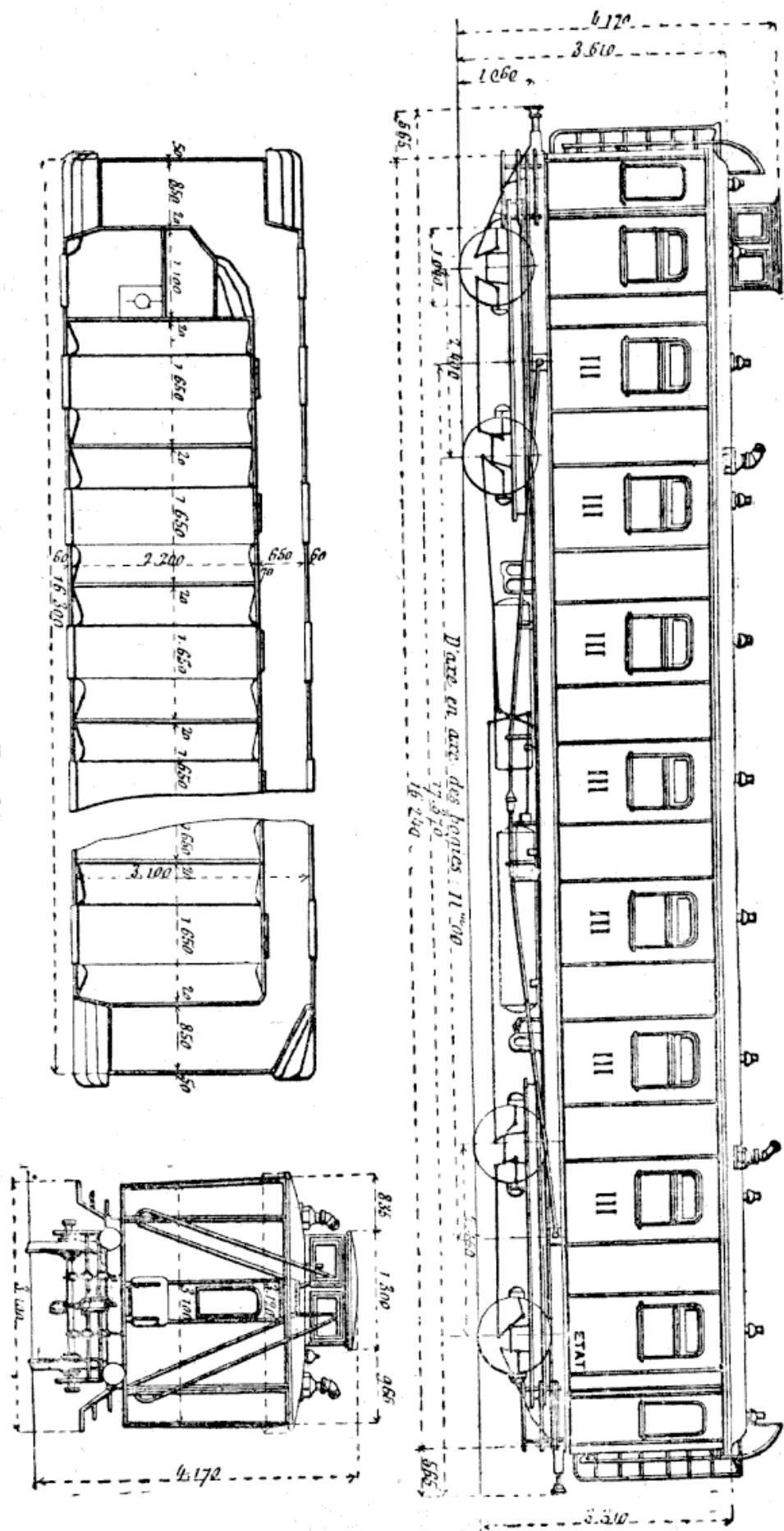
Nous donnons ci-après (p. 31) le dessin d'une voiture de 3^e classe de l'Etat français, supportée par des bogies.

Le couloir est placé latéralement, sa position dans l'axe des voitures ayant été reconnue incommode. L'existence de ce couloir a conduit à élargir les voitures, et les fenêtres ont alors été pourvues de dispositifs empêchant les voyageurs de se pencher au dehors.

Les grandes voitures de 1^{re} classe contiennent presque toujours des compartiments de luxe dits *fauteuils-lits*, *coupés-lits*, *lits-toilette*, *couchettes*, etc., utilisables moyennant un supplément de taxe.

§ 4. — VOITURES A COULOIR LONGITUDINAL EN ACCÈS LATÉRAUX

Dans les voitures avec accès par bouts, on est obligé d'affecter l'une des deux portières à l'entrée des voyageurs et l'autre à leur sortie, pour



éviter, autant que possible, la rencontre, dans un étroit couloir, de voyageurs circulant en sens inverse avec leurs bagages à la main ; mais en pratique il est bien difficile d'obtenir ce résultat et il peut s'ensuivre des inconvénients sérieux, tant au point de vue de la commodité des voyageurs que de la régularité du service. Aussi a-t-on été amené à créer un autre type de voitures à couloir, dans lequel les accès latéraux existent pour chaque compartiment, comme dans les anciennes voitures. Le dégagement du couloir est ainsi facilement assuré, sans que la commodité en soit notablement diminuée. Lorsque ces voitures ne sont pas aménagées pour l'intercirculation, on crée à chacune de leurs extrémités, des compartiments disposant d'une place de plus, en arrêtant le couloir à l'entrée du dernier compartiment.

Outre les trois catégories de voitures que nous venons d'énumérer, il faut encore indiquer les *wagons-salon*, les *wagons ambulants des postes* et les *wagons cellulaires* de l'administration pénitentiaire.

Les prix des voitures à voyageurs de tous types sont variables : les anciennes voitures ordinaires de 1^{re} classe à 3 compartiments coûtaient de 16.000 fr. à 18.000 fr. Les voitures de 2^e classe à 4 compartiments de 10.000 fr. à 12.000 fr., et celles de 3^e classe à 5 compartiments, de 7.000 fr. à 8.000 fr. Les voitures de luxe sont de tous prix ; quelques-unes coûtent actuellement plus de 300.000 fr.

§ 5. — INSCRIPTIONS PORTÉES PAR LES VOITURES ET WAGONS

Les voitures ou wagons de même type sont généralement classés par *séries* auxquelles on affecte une ou plusieurs lettres de l'alphabet. Ils sont, en outre, numérotés dans chaque série. On peut ainsi les suivre dans leurs mouvements en tenant, par pointages, une sorte de comptabilité de leur répartition. Les lettres A, B, C et D sont généralement employées pour désigner respectivement les voitures de 1^{re}, de 2^e, de 3^e classes et les fourgons à bagages. Une voiture mixte, contenant des compartiments de 1^{re} et de 2^e classes, sera appelée AB. Une voiture contenant les trois classes sera appelée ABC. On ajoute souvent à ces lettres des indices en lettres minuscules pour distinguer, dans une même série, les véhicules qui présentent certaines dispositions spéciales. Les lettres

majuscules après le D sont ordinairement employées pour les wagons à marchandises, mais la signification de ces lettres varie d'un réseau à l'autre.

La désignation de la classe des voitures à voyageurs est inscrite, soit sur chaque portière, soit en deux ou trois points seulement du panneau latéral des voitures. Autrefois, on écrivait en entier les mots : *première*, *seconde* ou *troisième*, on se borne aujourd'hui à écrire en chiffres romains : I, II ou III, ce qui est beaucoup plus simple.

La *tare*, c'est-à-dire le poids du véhicule à vide, est indiquée sur le longeron ; elle est vérifiée et corrigée chaque fois que le véhicule subit des transformations aux ateliers.

Pour les wagons à marchandises, on marque aussi sur le longeron le *chargement maximum autorisé*.

Enfin, aux termes des articles 12, 13 et 14 de l'ordonnance de 1846, modifiée par décret du 1^{er} mars 1901, le nombre de places qu'offre chaque compartiment doit être inscrit à l'intérieur de ce compartiment, et tous les véhicules, machines comprises, doivent porter, avec un numéro d'ordre, les initiales ou le nom du chemin de fer auquel ils appartiennent. Les contributions indirectes apposent aussi, sur les voitures à voyageurs, l'estampille prescrite pour les voitures publiques par la loi du 25 mars 1817.

CHAPITRE V

FORMATION DES TRAINS

SOMMAIRE. — § 1^{er}. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

§ 2. ATTELAGES : Attelages ordinaires. Attelages automatiques, (attelage Bourault).

§ 3. DISPOSITIFS EMPLOYÉS POUR L'INTERCIRCULATION ET L'INTERCOMMUNICATION : Intercirculation. Intercommunication. Intercommunication électrique. Intercommunication par l'air comprimé. Intercommunication dans les trains de marchandises.

§ 4. FREINS CONTINUS DES TRAINS DE VOYAGEURS : Généralités. Frein à vide. Freins à air comprimé (Principes et classification). Frein Westinghouse. Frein Wenger. Frein Lipkowski. Frein électrique Achard. Automaticité des freins continus.

§ 5. FREINS CONTINUS APPLIQUÉS AUX TRAINS DE MARCHANDISES : Généralités. Frein Guérin. Frein électrique. Frein Héberlein.

§ 6. CHAUFFAGE : Généralités. Bouillottes. Chaufferettes à l'acétate de soude. Bouillottes mixtes à eau et charbon dense. Thermo-siphon. Chauffage à la vapeur.

§ 7. ÉCLAIRAGE : Généralités. Éclairage à l'huile, au pétrole. Éclairage au gaz. Éclairage mixte au gaz et à l'acétylène mélangés. Éclairage électrique.

§ 1^{er} — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Ayant décrit les divers types de wagons et de voitures, il nous faut indiquer maintenant par quels organes ces véhicules sont reliés entre eux, en vue de la formation des trains.

Nous aurons ainsi à décrire successivement :

- 1^o *Les attelages destinés à la traction ,*
- 2^o *Les dispositions employées pour l'intercirculation et l'intercommunication ;*
- 3^o *Les freins continus.*

Il nous restera ensuite à traiter du chauffage et de l'éclairage des voitures.

§ 2. — ATTELAGES

25. Attelages ordinaires. — Dans un train en mouvement, les véhicules se transmettent les uns aux autres des efforts de traction et de compression, suivant que le mouvement est accéléré ou retardé. Les appareils qui servent à la conjugaison des véhicules sont établis en vue de cette double éventualité et forment deux catégories distinctes les *appareils de traction* et les *appareils de choc*.

Un attelage se compose généralement de barres de traction ou d'attelage placées dans l'axe des véhicules et de tampons de choc placés de part et d'autre. Deux chaînes dites *de sûrelé* sont en outre placées entre les tampons et la barre de traction, en vue de parer éventuellement aux ruptures d'attelage (fig. 25).

Les efforts de traction ou de choc doivent être amortis, tant pour la commodité des voyageurs que pour la conservation du matériel. A cet effet, on a pendant longtemps utilisé (et ils existent encore sous nombre de véhicules) des ressorts semblables

aux ressorts de suspension, mais placés horizontalement dans le châssis, comme l'indique la figure 2 de la page 10. Lorsque les attelages se tendent, le ressort est tiré en son milieu ; quand les tampons se serrent, ce sont les extrémités du ressort qui sont repoussées par les tiges des tampons, tandis que le milieu reste fixe, arrêté par la butée de la traverse. Des taquets, convenablement disposés, limitent d'ailleurs la course des barres de traction et de choc, pour éviter que la limite d'élasticité des ressorts soit dépassée.

Comme il y a avantage à avoir des ressorts plus flexibles pour le choc que pour la traction, on réunit les deux ressorts opposés d'un même véhicule par des bielles disposées de manière à limiter le ressort à une partie seulement de sa longueur quand il fonctionne comme ressort de traction, et à lui laisser, pour le choc, toute son élasticité.

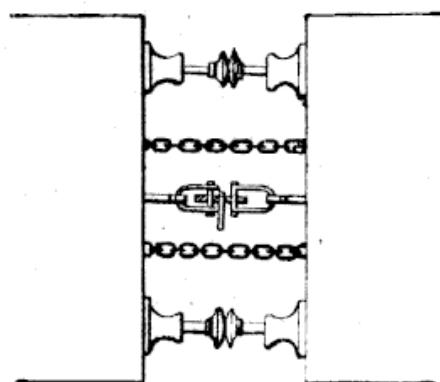


FIG. 25.

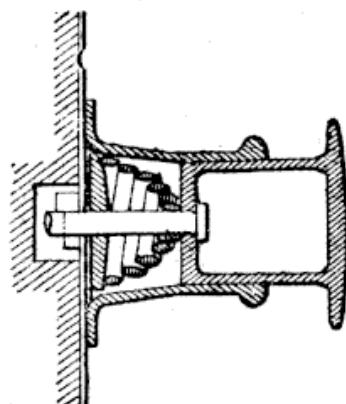


FIG. 26.

Aujourd'hui, on emploie de préférence les ressorts spirales, tant pour la traction que pour le choc (fig. 26 et 27).

On donne aux ressorts de choc et de traction une *bande*, c'est-à-dire une tension initiale qu'on augmente en serrant la vis du tendeur au moment de l'attelage. Cette *bande d'attelage* atteint quelquefois jusqu'à 2.500 kilog.

Les *barres de traction* ou *d'attelage* se composent de deux *manilles* en forme d'**U** allongé, réunies par un tendeur à vis. L'une des manilles est articulée dans l'œil du crochet de traction ; l'autre peut s'engager dans le *crochet de traction* fixé à l'autre véhicule.

Chaque véhicule porte son croch

chet et sa barre d'attelage pour que la conjugaison puisse se faire indifféremment avec la barre de l'un ou de l'autre, et pour qu'en cas de rupture de la barre un nouvel attelage puisse être aussitôt réalisé.

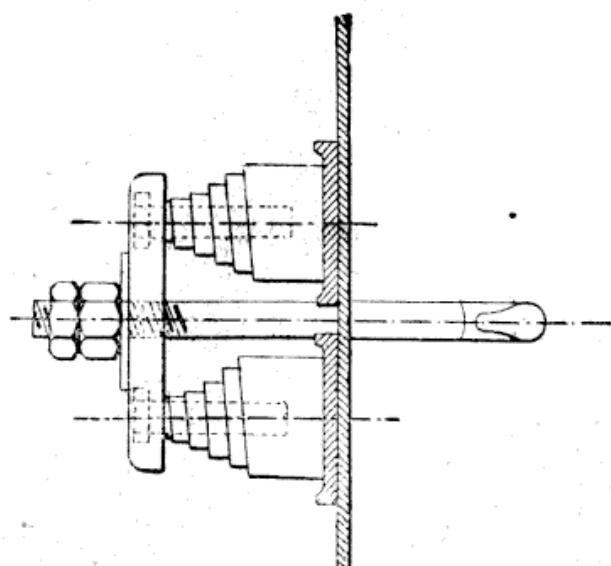


FIG. 27.

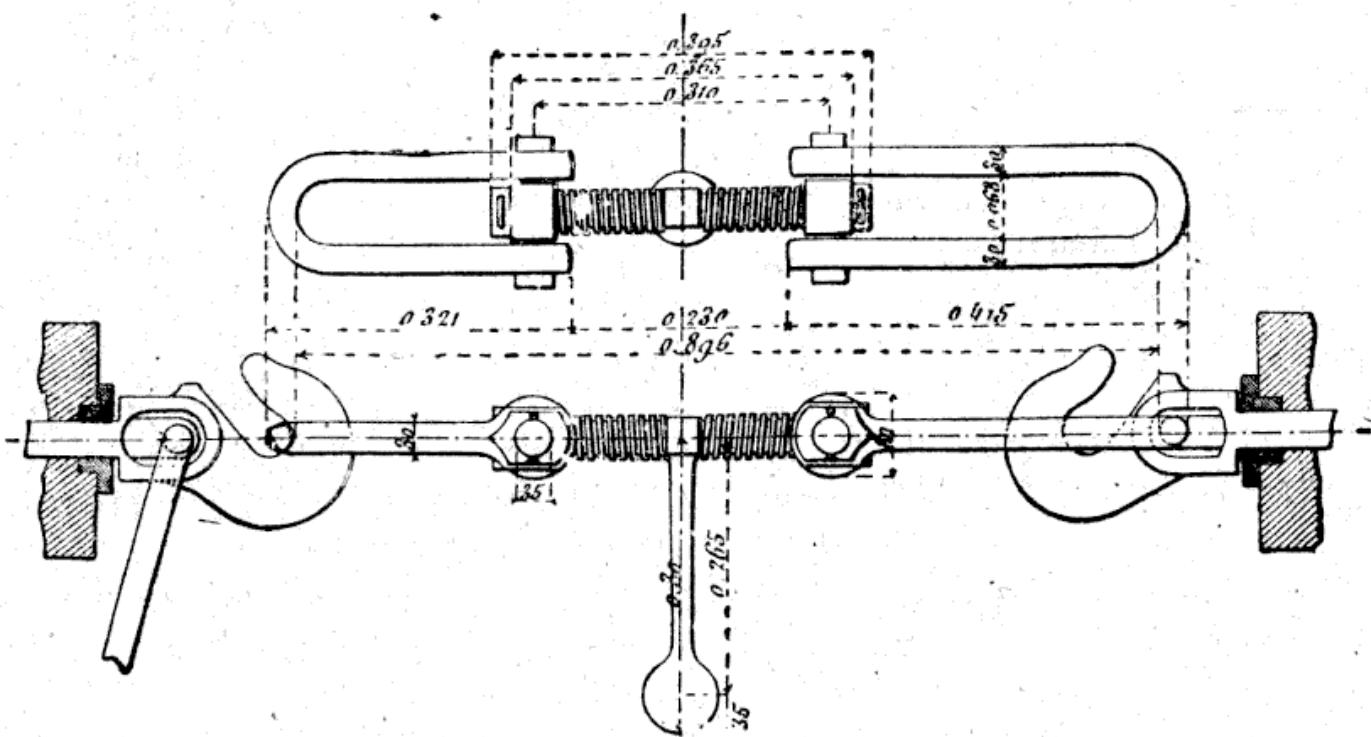


FIG. 28.

Le tendeur à vis sert à produire, entre les véhicules, un contact énergique qui doit être assuré, non seulement au repos, mais pendant la marche afin d'atténuer les mouvements de *lacet*. L'inscription dans les courbes reste possible en raison du jeu des ressorts, mais la raideur de ceux-ci atténue ou supprime les oscillations des véhicules autour de leur axe.

Les deux tampons d'un attelage se faisaient autrefois, l'un plat et l'autre bombé, de telle façon que le contact se fit toujours entre une surface plane et une surface convexe, pour faciliter l'inscription des véhicules dans les courbes, aujourd'hui, ils se font tous bombés.

Les tampons sont placés à environ 1 mètre au dessus des rails ; leur écartement est de 1 m. 71 à 1 m. 76.

Dans le matériel des lignes à voie étroite, on remplace généralement le double tampon par un tampon unique placé au-dessus de l'attelage.

26. Attelages automatiques. — Le système d'attelage qui vient d'être décrit présente un sérieux inconvénient : il faut qu'un homme s'introduise entre les tampons pour faire l'accrochage et le serrage, ce qui constitue une cause permanente d'accidents.

C'est ainsi qu'on a relevé, en France, sur environ 300.000 véhicules, plus de 300 accidents par an, dont 1/10^e suivis de mort.

On ne s'étonnera donc pas qu'un grand nombre d'inventeurs se soient mis à rechercher un système d'attelage évitant l'introduction du personnel entre les véhicules.

En 1903, dans un concours sur les attelages automatiques, ouvert par le gouvernement russe à Saint-Pétersbourg, plus de 800 projets ou modèles d'appareils ont été déposés et le premier prix a été attribué à un ingénieur français, M. Boirault, dont nous décrirons plus loin le système.

En Amérique, la question est résolue et l'attelage automatique, rendu obligatoire par une loi de 1893, est aujourd'hui appliqué partout. Le système américain, qu'on a pu voir à l'Exposition Universelle de 1900, à Vincennes, se compose de deux mains articulées s'agrafant dans le sens vertical et retenues par un clavetage automatique dont les dispositions varient dans chaque compagnie. L'attelage contient, dans son bâti, des ressorts puissants qui permettent de supprimer les tampons de choc. Il s'applique ordinairement à des wagons lourds de grande capacité. Son adaptation au matériel européen conduirait au remplacement des

traverses de tête des véhicules, ainsi qu'à une augmentation de poids de plus de 600 kg. D'autre part, il ne pourrait pas être monté sur les wagons à côté de l'ancien système, de sorte que le service des trains pendant la période de transition d'un système à l'autre, serait rendu à peu près impossible.

Il n'en est pas de même du système Boirault qui s'ajoute facilement

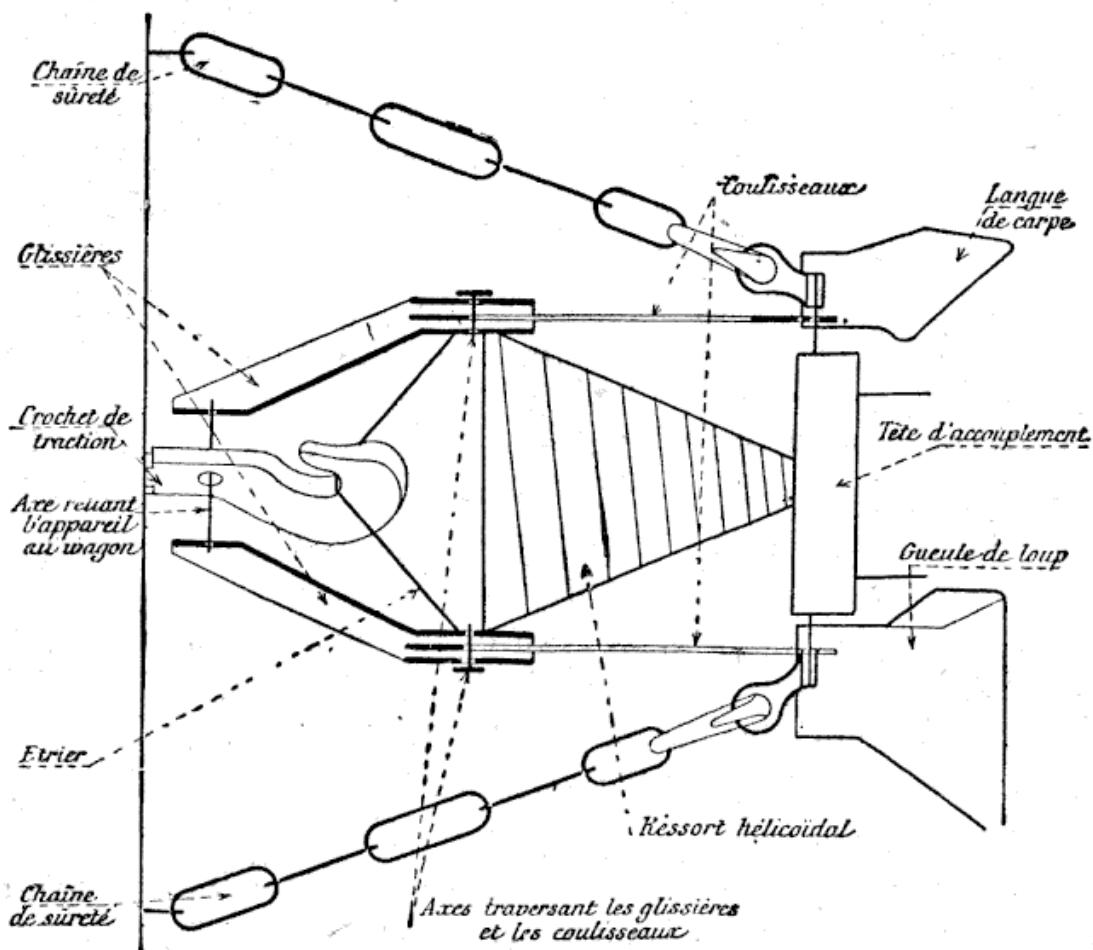


FIG. 29.

Plan schématique de l'attelage automatique.

à l'attelage actuel et permet, à volonté, l'usage du nouveau système ou de l'ancien.

Il a été recommandé, par une circulaire ministérielle de 1905, à l'attention des compagnies de chemins de fer français et est actuellement à l'essai sur quelques centaines de véhicules de la plupart de ces compagnies.

Le système se compose essentiellement d'une tête d'accouplement qui est une sorte de tampon appuyé sur un fort ressort hélicoïdal rattaché à une armature à glissières formant un cadre compressible lequel

est monté sur un très gros boulon traversant l'œil du crochet de traction ; le tout disposé comme il est indiqué au schéma ci-dessus (fig. 29).

La tête d'accouplement est très épaisse, de forme parallélépipédique ; elle est munie de deux orifices et de deux oreilles placés symétriquement et en diagonale, de façon que lorsque deux véhicules viennent au contact, les oreilles de l'une des têtes d'accouplement pénètrent dans les ouvertures de l'autre et réciproquement. Cette pénétration a, en outre, pour effet de faire déclencher un verrou transversal placé dans l'épaisseur de la tête d'accouplement, de sorte que les quatre oreilles sont verrouillées simultanément et constituent l'attelage.

Pour dételer, on tire, au moyen de chaînettes dont les poignées sont à l'extérieur des tampons, sur un balancier qui commande les ver-

rous, ces verrous se trouvent alors bandés, en vue d'un nouvel attelage, par le ressort hélicoïdal auquel le balancier est rattaché. Le déverrouillage étant opéré, les véhicules primitivement attelés deviennent libres.

Nous donnons ci-dessus (fig. 30) une vue perspective de la tête d'accouplement.

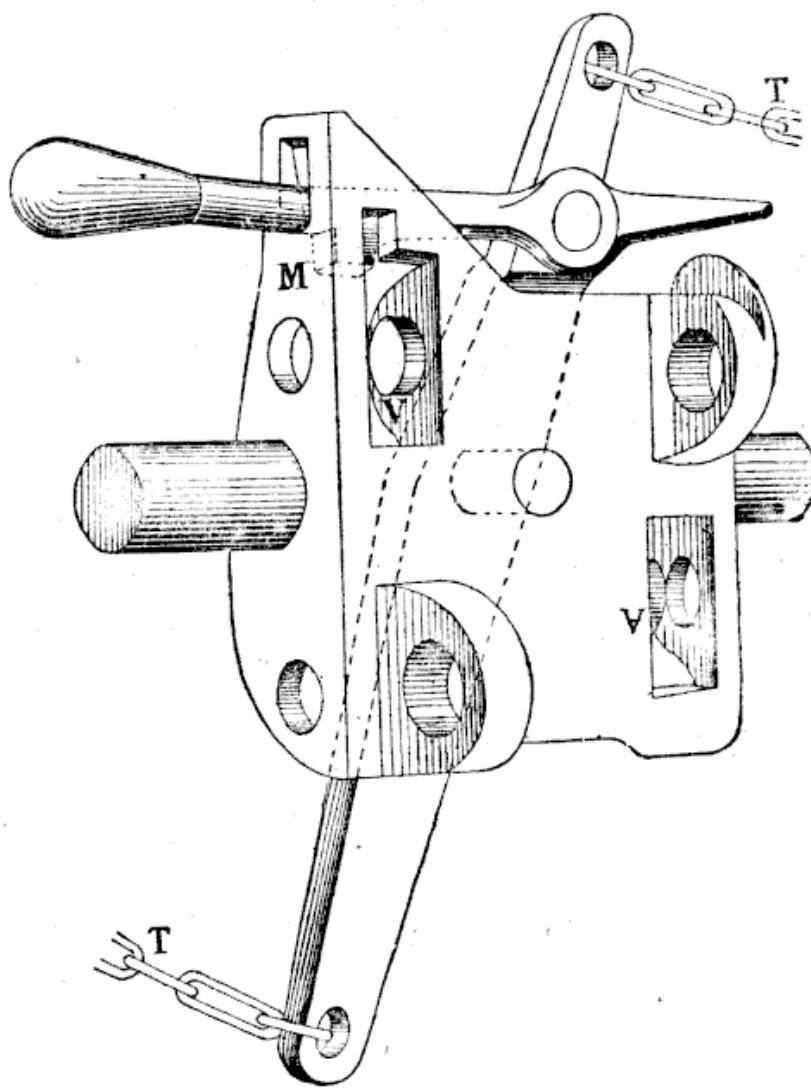


FIG. 30.

L'une des chaînettes T a été tirée, les verrous V, bandés par le ressort hélicoïdal, sont maintenus dans la position de déverrouillage par la butée du mentionné M contre la paroi intérieure de la tête d'accouplement.

L'appareil est prêt pour l'attelage

Pour permettre aux oreilles d'une tête de pénétrer toujours dans les ouvertures de l'autre, quelles que soient les positions relatives des deux véhicules à atteler, on a complété l'appareil par un système de guidage fixé au cadre compressible et comprenant, pour chaque tête d'accouplement, deux pièces en tôle en saillie dénommées : l'une, *langue de carpe*, l'autre (qui affecte la forme d'un tronc de pyramide creux), *gueule de loup*. Lorsque deux appareils se trouvent face à face, prêts à s'accoupler, la langue de carpe de l'un pénètre dans la gueule de loup de l'autre et amène les oreilles de l'une des têtes d'accouplement au droit des ouvertures ad hoc de l'autre.

La tête d'accouplement étant, nous l'avons dit, d'une forte épaisseur, on a pu, indépendamment du système de verrouillage qu'elle comporte, y pratiquer des conduits pour le passage de l'air comprimé et de la vapeur nécessaires au frein continu et au chauffage, de sorte que l'automaticité de l'attelage s'applique aussi bien aux conduites desservant ces installations qu'à l'entraînement des véhicules.

On voit que ce système résout ainsi le problème de l'automaticité de l'attelage. Il présente en outre l'avantage d'être peu encombrant, de ne peser que 60 kilog. environ et de pouvoir se monter sur tous les wagons en très peu de temps, tout en conservant l'ancien attelage aussi long-temps qu'on le désire (1).

§ 3. — DISPOSITIFS EMPLOYÉS POUR L'INTERCIRCULATION ET L'INTERCOMMUNICATION

27. Intercirculation. — L'intercirculation est la facilité donnée aux voyageurs de circuler d'un compartiment à un autre ou d'une voiture à une autre au moyen de couloirs longitudinaux disposés à l'intérieur des véhicules et de passerelles mobiles reliant ces véhicules entre eux.

Nous donnons ci-après (fig. 31) le type de passerelle couverte, à soufflets, ordinairement employé à cet effet.

28. Intercommunication. — L'intercommunication est le moyen de faire communiquer, à distance, les voyageurs avec le personnel du

(1) Lorsqu'on se sert de l'ancien attelage, le nouveau dispositif s'efface par une suspension ingénieuse sur la traverse de tête et sans encombrement appréciable.

train, ou bien les agents d'un même train entre eux, pour demander du secours en cas de danger. Par une circulaire du 10 juillet 1886, le Ministre des Travaux Publics a rendu obligatoire l'intercommunication pour tous les trains de voyageurs.

Les systèmes employés se divisent en deux groupes, suivant qu'ils fonctionnent par l'électricité ou par l'air comprimé. Les réseaux français

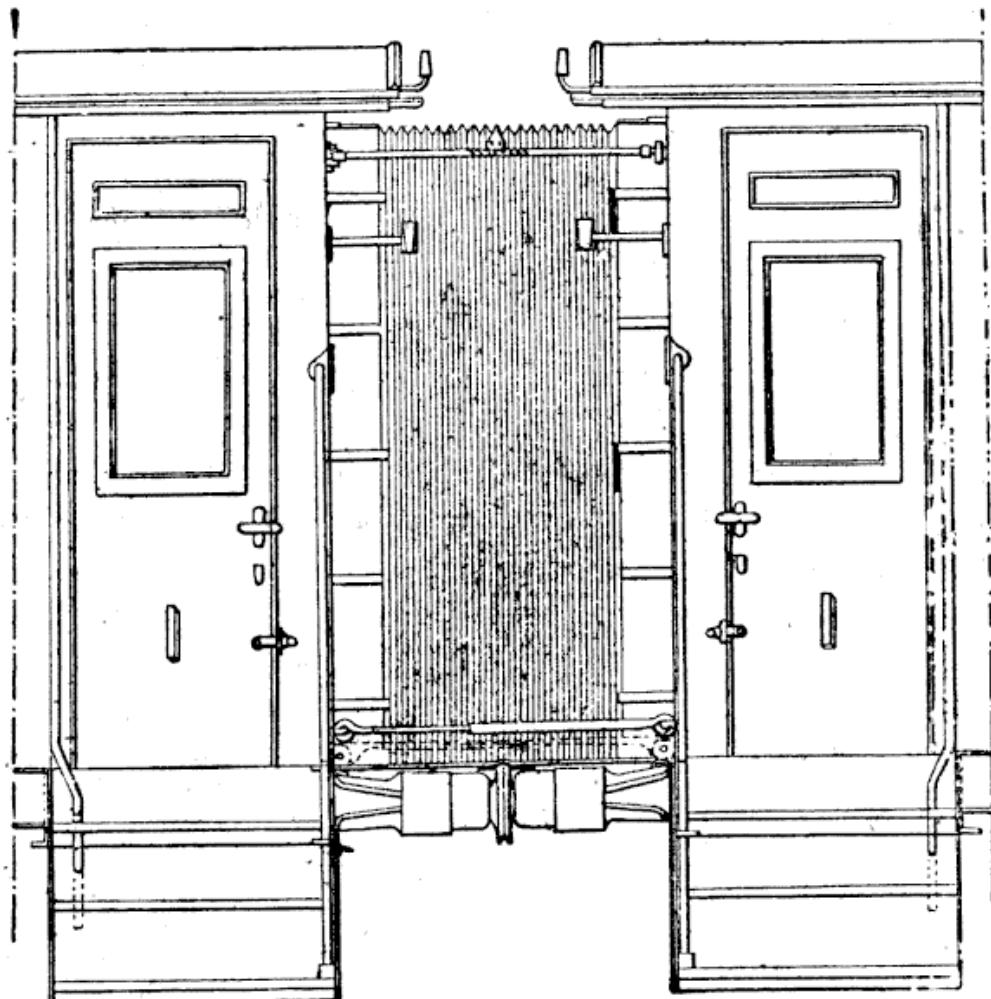


FIG. 31.

Accouplement de deux grandes voitures à intercirculation.

ont adopté soit le dernier système, soit les deux à la fois, le système à air comprimé étant alors réservé aux agents du train.

29. Intercommunication électrique. — Le système électrique repose sur l'emploi de 2 fils, isolés électriquement d'un bout à l'autre du train et réunis, dans le fourgon de tête et dans celui de queue, par un circuit électrique comprenant une pile et une sonnerie trembleuse. On met à la disposition des voyageurs, dans chaque compartiment, soit un bouton d'appel, soit un anneau au moyen duquel on peut actionner un

commutateur mettant en communication les deux fils et faisant retentir la sonnerie des fourgons. Un voyant sortant à l'extérieur de la voiture indique le compartiment d'où est parti l'appel.

30. Intercommunication par l'air comprimé. — L'intercommunication par l'air comprimé se réalise de différentes façons suivant le type de frein continu employé, mais le principe de l'installation est toujours le même et nous ne décrirons que le système en usage sur le réseau de l'Etat,

De la conduite générale du frein continu se détache, à l'une des extrémités de chaque voiture, un branchement spécial qui aboutit à une soupape fixée sur le panneau de tête. En tirant sur la poignée placée à l'intérieur des voitures, on provoque l'ouverture de cette soupape, l'air comprimé s'échappe et le serrage des freins commence à se produire. En même temps apparaissent deux voyants placés sous la corniche, et de part et d'autre de la voiture d'où est parti l'appel, tandis que la poignée abaissée de quelques centimètres, indique le compartiment dans lequel on réclame du secours.

Le mécanicien est averti du fonctionnement de l'appareil, tant par l'abaissement rapide de la pression au manomètre de la conduite générale, que par le ralentissement du train ; il ferme alors son régulateur et met le robinet de manœuvre du frein dans la position de serrage maximum, afin d'éviter de vider l'air des réservoirs de la machine.

L'arrêt est ainsi promptement obtenu et le chef de train se transporte rapidement vers la voiture où apparaissent les voyants.

Pour remettre l'appareil en ordre de marche, le conducteur doit agir simultanément sur les deux poignées, dans le sens des flèches du croquis

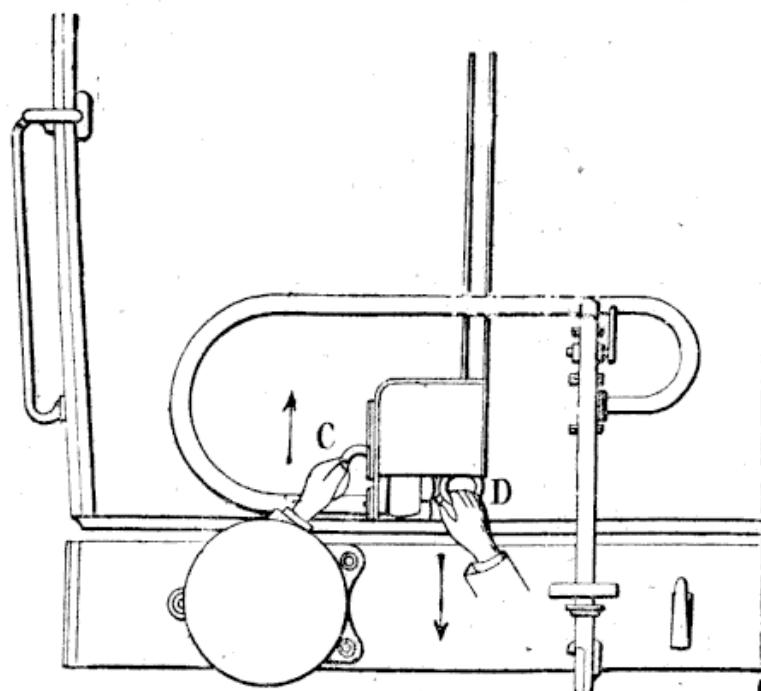


FIG. 32.

ci-dessus (fig. 32), en relevant de la main gauche la poignée de la crémaillère C et en tirant de la main droite la poignée D du levier de déclic jusqu'à ce que l'échappement d'air ait cessé.

Il convient d'ailleurs de remarquer que dans tous les trains de voyageurs les conducteurs de train ont à leur disposition un robinet monté sur la conduite générale du frein, qui leur permet de provoquer eux-mêmes l'arrêt en cas d'urgence et réalise ainsi — pour le cas où il existe une intercommunication électrique, la double intercommunication dont il a été question plus haut.

31. Intercommunication dans les trains de marchandises.

— Dans les trains de marchandises, l'application du frein continu n'a pu encore être réalisée. On assure alors une communication entre le chef de train ou le conducteur de tête et le mécanicien au moyen d'un cordeau qui relie le fourgon ou le frein de tête à la machine en franchissant parfois plusieurs wagons intercalés, et qui actionne un timbre placé sur le tender. Quand le timbre retentit, le mécanicien doit arrêter son train.

Nous ne dirons rien de l'intercommunication entre le personnel et les voyageurs à l'aide des marchepieds et des mains-courantes des véhicules; elle n'est pas sans présenter de graves inconvénients pour le personnel et la plupart des réseaux l'interdisent rigoureusement.

§ 4. — FREINS CONTINUS DES TRAINS DE VOYAGEURS

32. **Généralités.** — Les freins continus sont normalement manœuvrés par le mécanicien et agissent simultanément sur tous les véhicules d'un train, y compris le tender. Une circulaire ministérielle du 29 mars 1886 les a rendus obligatoires pour tous les trains de voyageurs.

L'arrêt d'un train muni de freins continus peut être obtenu très rapidement. Ainsi l'on estime qu'en palier, un train lancé à 100 kilomètres à l'heure est arrêté en 400 mètres; à 80 kilomètres en 250 mètres et à 40 kilomètres en 70 mètres. Ces résultats marquent l'importance des freins continus.

Il existe plusieurs systèmes de freins continus. Les plus répandus sont, aujourd'hui, le *frein à vide* et le *frein à air comprimé*.

33. **Frein à vide.** — Le *frein à vide* est en usage en Autriche ainsi que sur beaucoup de lignes anglaises et commence à se répandre en

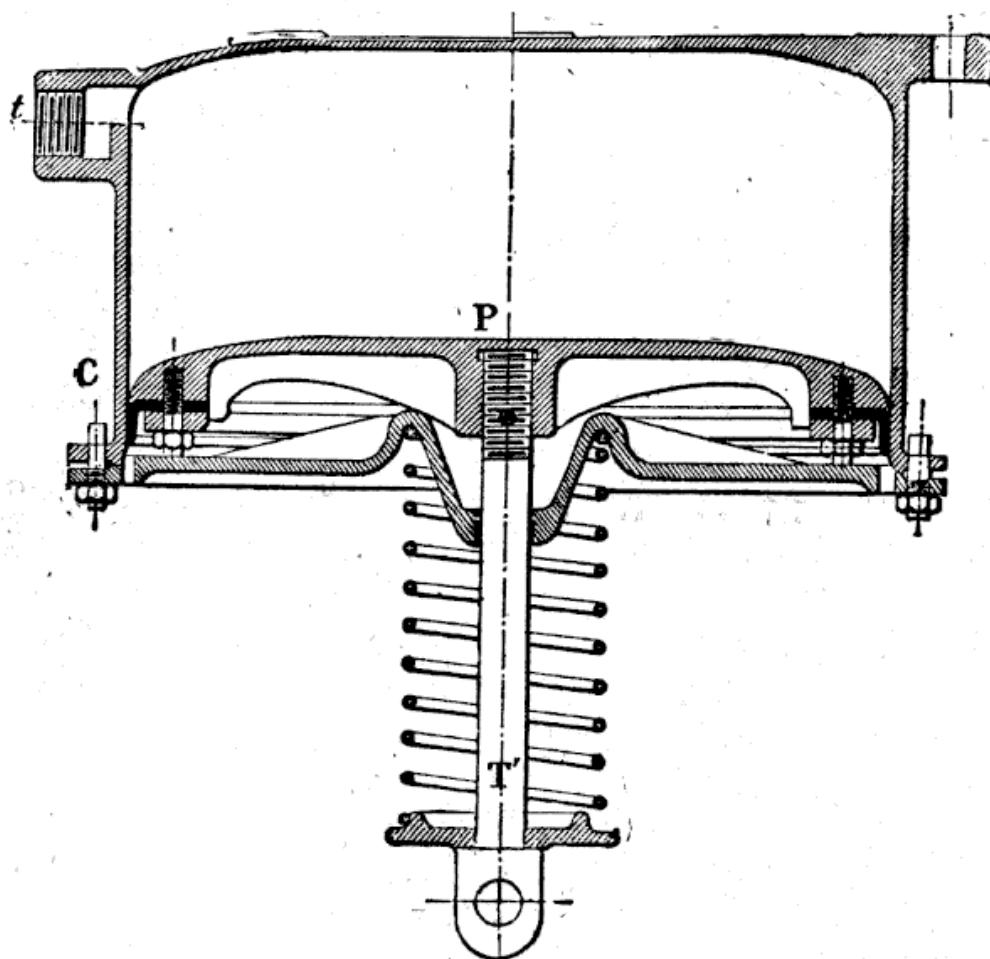


FIG. 33.

Frein à vide. Cylindre à freins (coupe).

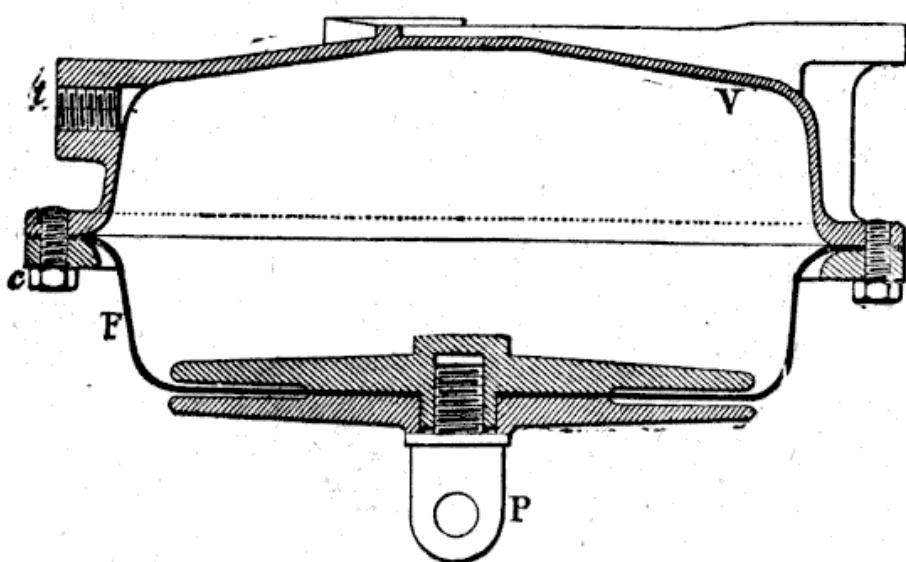


FIG. 34.

Frein à vide. Vase à diaphragme.

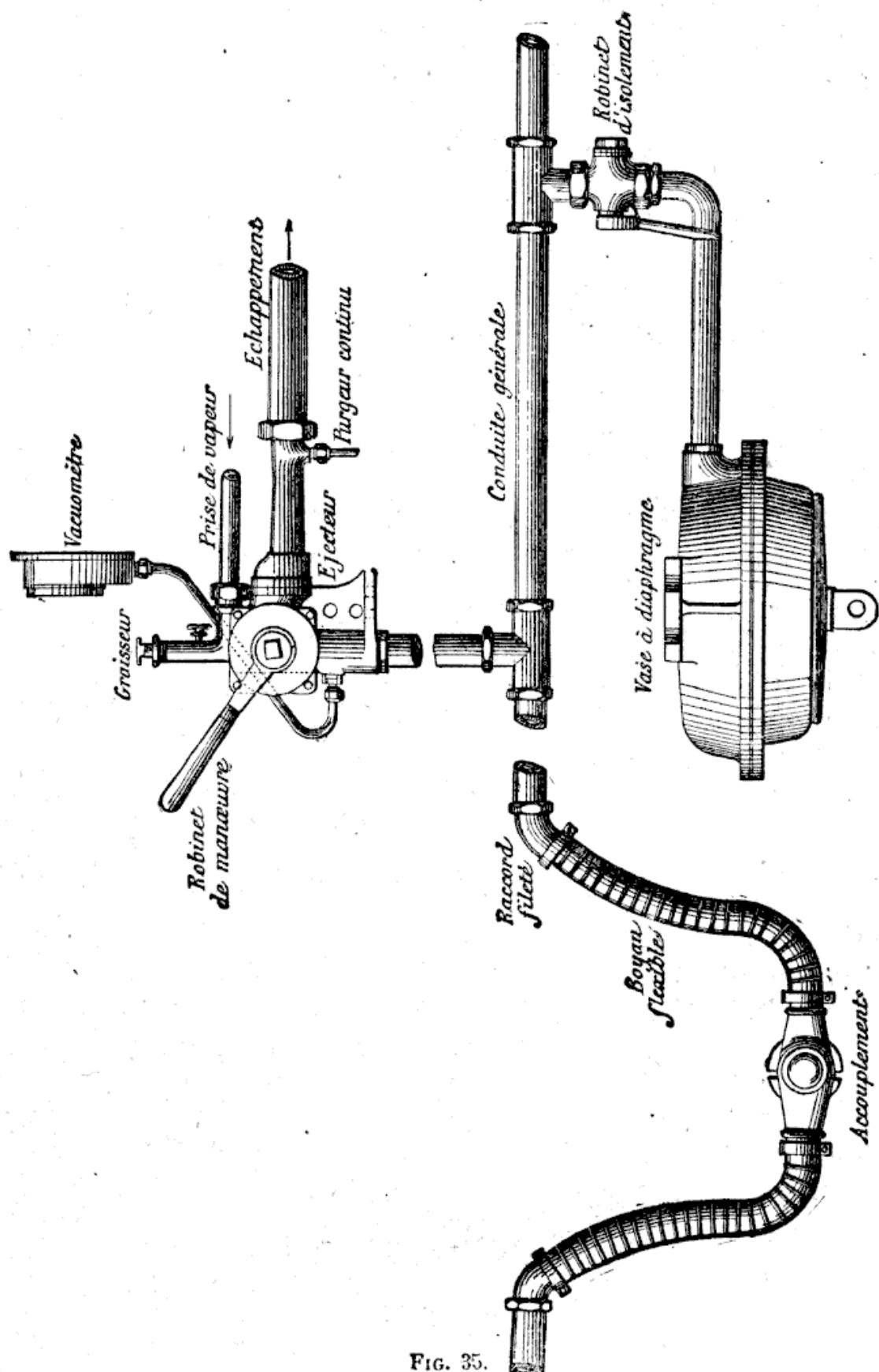


FIG. 35.

Frein à vide direct, c'est-à-dire non automatique. Ensemble des appareils montés sur une locomotive.

France sur les réseaux secondaires. Chaque véhicule qui en est muni porte un cylindre pneumatique formé d'une cloche en tôle dans l'intérieur de laquelle se meut un piston de fonte qui sert de diaphragme mobile et qui est relié par une tige à la timonerie, de façon à mettre les sabots en prise lorsqu'on fait le vide dans la cloche (fig. 33).

Le diaphragme peut être aussi constitué par un piston suspendu au bord inférieur de la cloche par une forte toile caoutchoutée F (fig. 34).

Le vide est obtenu au moyen d'un éjecteur de vapeur placé sous la locomotive et qui, par l'intermédiaire d'une conduite allant d'un bout à l'autre du train, produit par entraînement l'aspiration de l'air contenu dans les cloches. Des boyaux d'accouplement sont disposés, à cet effet, à chaque extrémité des véhicules et doivent être soigneusement entretenus pour éviter toute fuite qui rendrait impossible la production du vide (fig. 35).

Le desserrage est obtenu par le jeu d'un clapet qui fait rentrer l'air dans la conduite.

Ce frein présente l'inconvénient de n'être pas automatique, c'est-à-dire de ne pas arrêter de lui-même le train en cas de rupture d'attelage ou d'avarie aux conduites. On y remédie maintenant en ajoutant au cylindre à frein deux nouveaux organes : un réservoir intermédiaire R et un distributeur D (fig. 36).

Le cylindre à frein ou le vase à diaphragme est alors réuni, non plus directement à la canalisation générale, mais au réservoir intermédiaire et le jeu du

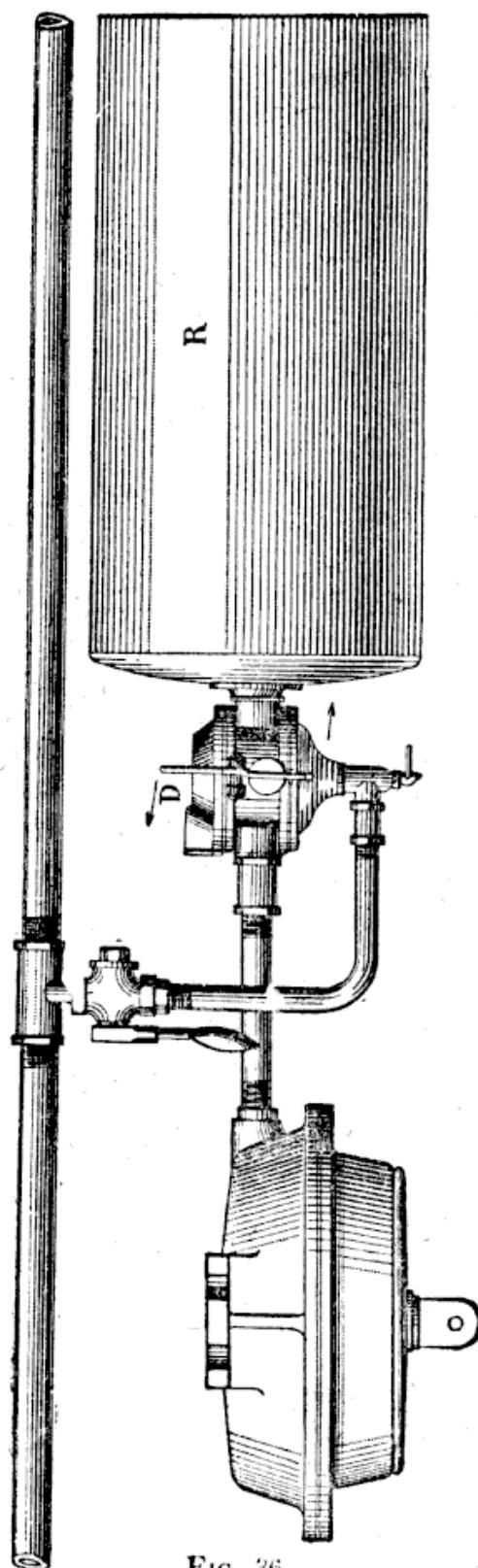


FIG. 36.

Transformation du frein à vide direct en frein à vide automatique.

distributeur le met en communication, soit avec ce réservoir, soit avec l'air extérieur.

Normalement, les freins étant desserrés, le cylindre est isolé du réservoir qui, lui, communique avec la conduite dans laquelle le vide est entretenu.

Pour obtenir le freinage, il suffit de faire entrer l'air dans cette conduite ; le distributeur met alors en communication le cylindre à frein avec le réservoir à vide et la raréfaction de l'air de celui-ci suffit pour amener le déplacement du diaphragme qui produit le serrage des sabots.

Le desserrage s'obtient quand on refait le vide dans la conduite, ce qui rétablit les communications de marche.

Les freins à vide sont simples, robustes et demandent peu d'entretien ils sont, en outre, énergiques, bien que la dépression obtenue ne dépasse pas 2/3 d'atmosphère, mais ils entrent plus lentement en action que ceux à air comprimé dont nous allons parler.

34. Frein à air comprimé (Principe et classification). — Dans les *freins à air comprimé*, les sabots sont actionnés par une timonerie mue par des pistons qui produisent le serrage et le desserrage, suivant que la pression s'exerce sur l'une de leurs faces ou sur l'autre.

Ils sont de deux systèmes principaux : le système *Westinghouse* et le système *Wenger*.

35. Frein Westinghouse. — Le *frein Westinghouse* est le plus répandu. En France, il est appliqué sur tous les grands réseaux.

Il comporte essentiellement un compresseur qui commande un moteur à vapeur placé sur la machine et souvent appelé *petit cheval*. L'air est comprimé dans un réservoir principal d'une capacité de 300 à 450 litres, d'où, à l'aide d'une conduite générale régnant, au moyen de raccords spéciaux, sous toute la longueur du train, il est distribué dans une série de réservoirs auxiliaires placés sous le tender et sous chaque voiture. De ces réservoirs, l'air comprimé peut être envoyé dans un cylindre à frein, placé également sous chaque voiture et dont le piston commande le serrage des sabots des freins. La communication entre les réservoirs auxiliaires et les cylindres se fait au moyen d'un organe des plus ingénieux nommé *triple valve* (1) qui fonctionne sous la seule

(1) Ainsi nommée parce qu'elle commande trois orifices : celui de la conduite générale, celui du réservoir auxiliaire et celui du cylindre à freins.

variation de la pression. Quand celle-ci est normale, la triple valve occupe une position telle que l'air comprimé ne peut pénétrer dans les cylindres à frein, et que les freins restent desserrés; si la pression cesse dans la conduite générale, la triple valve n'est plus en équilibre, elle change de position et laisse échapper l'air comprimé des réservoirs dans les cylindres à frein où il agit sur la face du piston pour produire le serrage. Quand l'air comprimé a cessé d'agir sur le piston, celui-ci est ramené à sa position normale par un ressort à boudin et les freins se desserrent.

Le croquis ci-après (fig. 37) indique le fonctionnement de la triple valve.

A l'état normal de non-serrage, l'air comprimé arrivant par la conduite générale remplit la cavité A et repousse le piston P à fond de

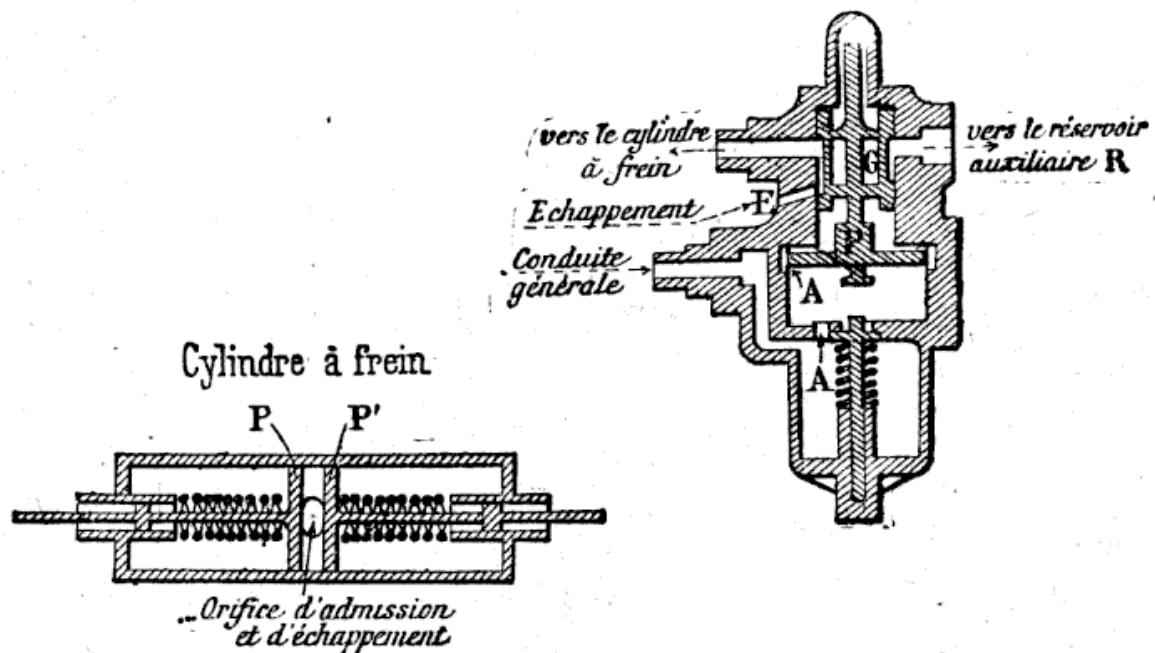


FIG. 37.

course vers le haut. Dans cette position du piston, l'air comprimé pénètre par un élargissement de la cavité A, dans la chambre située au-dessus du piston et de là, dans le réservoir auxiliaire R jusqu'à ce que la pression soit équilibrée. A ce moment, le cylindre à frein est en communication avec l'atmosphère par l'échappement E, la garniture G du piston présentant une rainure qui met en relation, dans cette position, l'orifice du cylindre à frein et celui de l'échappement. Les freins sont alors desserrés.

Mais quand le mécanicien, par un mouvement de son robinet de manœuvre du frein, vide la conduite générale, l'équilibre de pression est



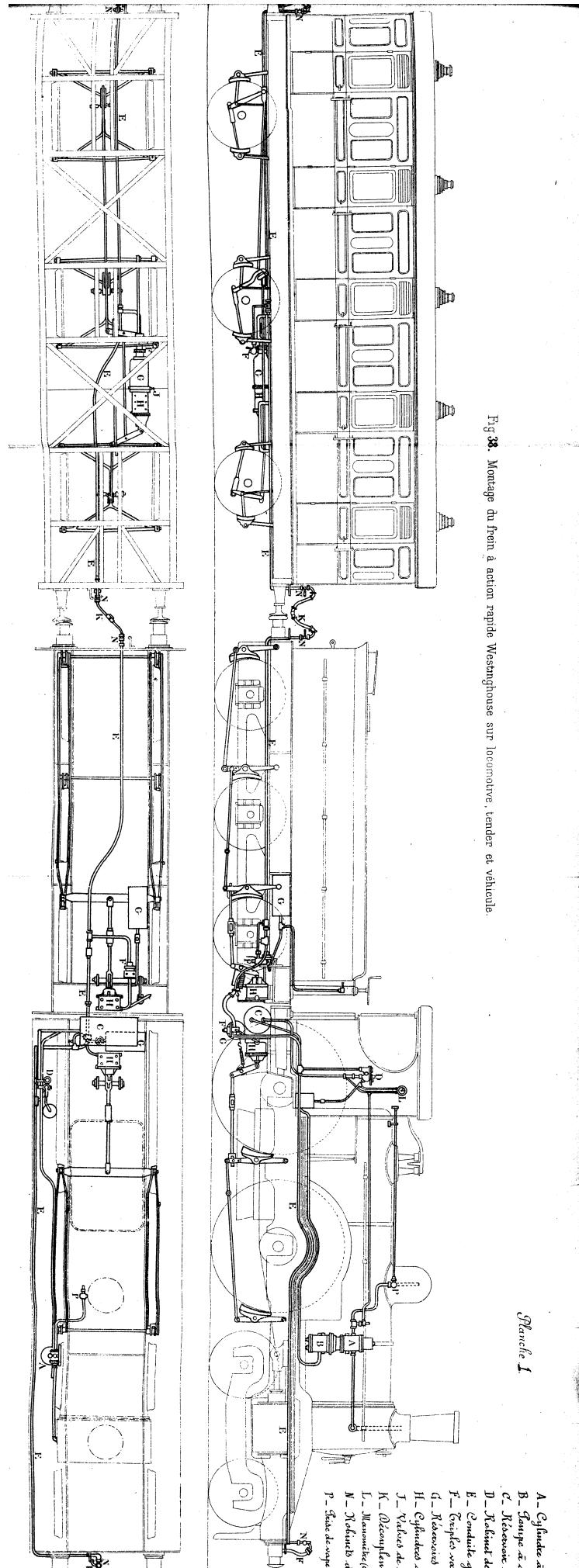


Fig. 38. Montage du frein à action rapide Westinghouse sur locomotive, tender et véhicule.

rompu, et l'air comprimé dans le réservoir auxiliaire repousse le piston P vers le bas. Dans ce mouvement, l'orifice d'échappement se ferme et les orifices du réservoir auxiliaire et du cylindre à frein se découvrent de manière à faire passer l'air comprimé dans le cylindre à frein. Là, il agit sur les deux pistons p et p' rattachés à la timonerie et les freins se serrent.

Si le mécanicien manœuvre de nouveau son robinet de manière à ramener la pression dans la conduite générale, l'opération inverse se produit : le piston P est soulevé, le cylindre à frein se vide par l'échappement, les freins se desserrent sous l'action des ressorts à boudin qui les sollicitent et la pression se rétablit dans le réservoir auxiliaire. L'appareil est prêt à fonctionner pour un nouveau serrage. Il suffit donc, pour la manœuvre des freins, que le mécanicien ait à sa portée, sur la machine, un robinet lui permettant de vider ou de remplir la conduite générale. Dans la première position de ce robinet, la conduite générale est mise en relation avec l'atmosphère pour produire le serrage ; dans la deuxième position, ce robinet met en relation la conduite générale avec le réservoir principal de la machine pour produire le desserrage. Il résulte de cette disposition qu'une fuite dans la conduite générale, provoquée par une avarie quelconque ou par une rupture d'attelage agirait automatiquement pour produire le serrage des freins et aurait, en outre, pour effet, de vider le réservoir principal si le mécanicien n'avait pas le soin, dès qu'il s'aperçoit de l'incident, de mettre son robinet dans la position de serrage maximum, position qui, tout en mettant la conduite générale en relation avec l'atmosphère, ferme la communication avec le réservoir principal.

Au début, ce frein n'était pas modérable et le réseau P.-L.-M. l'avait modifié en y apportant une deuxième conduite destinée à envoyer directement dans les cylindres à frein de l'air comprimé introduit en quantité variable à la volonté du mécanicien, pour modérer l'action sur les pistons de l'air comprimé provenant des réservoirs auxiliaires. Depuis lors, l'inventeur est parvenu à rendre son frein modérable à volonté.

Quand les freins d'un wagon sont bloqués, on peut toujours les débloquer à la main en tirant une tige placée sur le côté des voitures et communiquant avec un robinet de purge du cylindre à frein.

La figure 38 indique comment les différents organes du frein Westinghouse peuvent être installés sur une locomotive, son tender et un véhicule ordinaire attelés ensemble.

36. **Frein Wenger.** — Le frein Wenger, dû à un ingénieur français est fondé sur le même principe que le frein Westinghouse. Il est employé en France sur le réseau de l'Etat concurremment avec le « Westinghouse » et a été également adopté par les chemins de fer russes.

Il diffère du frein Westinghouse en ce que la triple valve est remplacée par une soupape d'échappement et que le cylindre moteur du frein fait corps avec le réservoir d'air comprimé.

Les schémas ci-après (fig. 39) indiquent le fonctionnement de la soupape d'échappement et du cylindre à frein.

L'air amené par la conduite générale, soulève le piston de la soupape

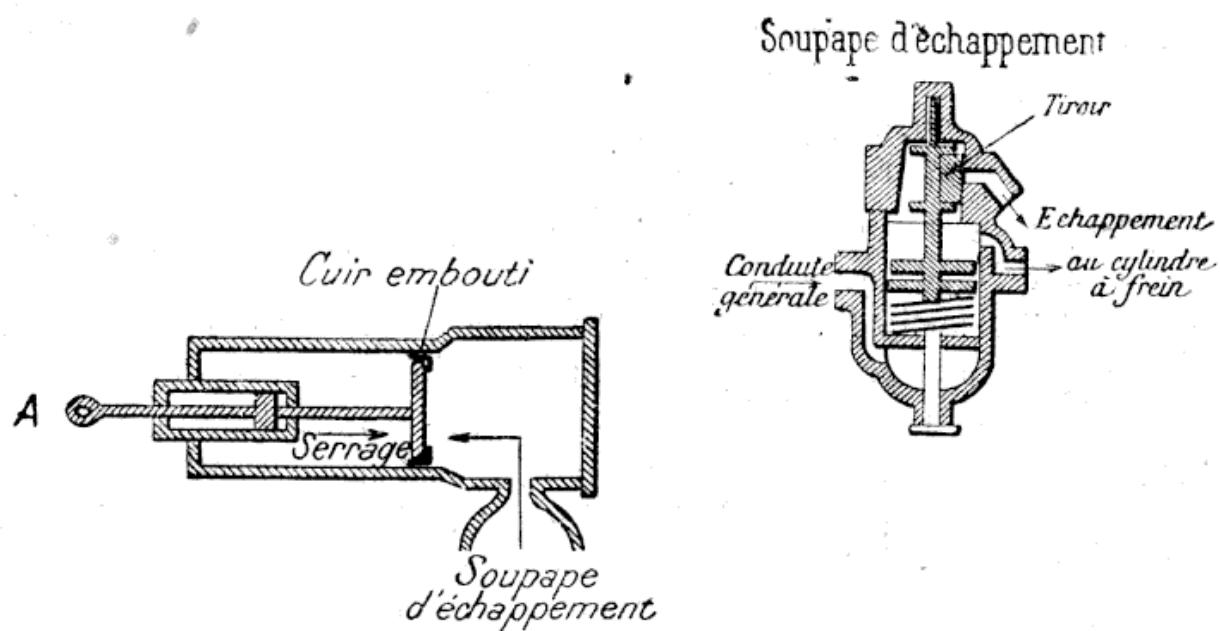


FIG. 9.

d'échappement, ferme l'orifice d'évacuation à l'air libre devant lequel le tiroir vient se plaquer, pénètre dans le cylindre à frein par la face avant du piston, passe autour du cuir embouti dont ce piston est garni et remplit le réservoir. Il y a alors équilibre ; le cuir embouti, pressé de gauche à droite, assure, en effet, l'étanchéité du piston, tandis que, dans l'autre sens, il laisse passer l'air comme une soupape qui se soulève. Si on laisse échapper l'air comprimé à l'avant du piston, l'équilibre est rompu et l'air comprimé, agissant sur la face arrière, amène le piston à fond de course, entraînant la timonerie et les freins rattachés en A à la tige.

Cet effet se produit quand on abaisse la pression dans la conduite générale, car alors le piston de la soupape d'échappement étant sollicité

par une pression supérieure venant du cylindre à frein, s'abaisse, entraînant le petit tiroir qui cesse de fermer l'orifice d'échappement, et l'air comprimé dans le cylindre à frein s'échappe. Mais cet échappement d'air,

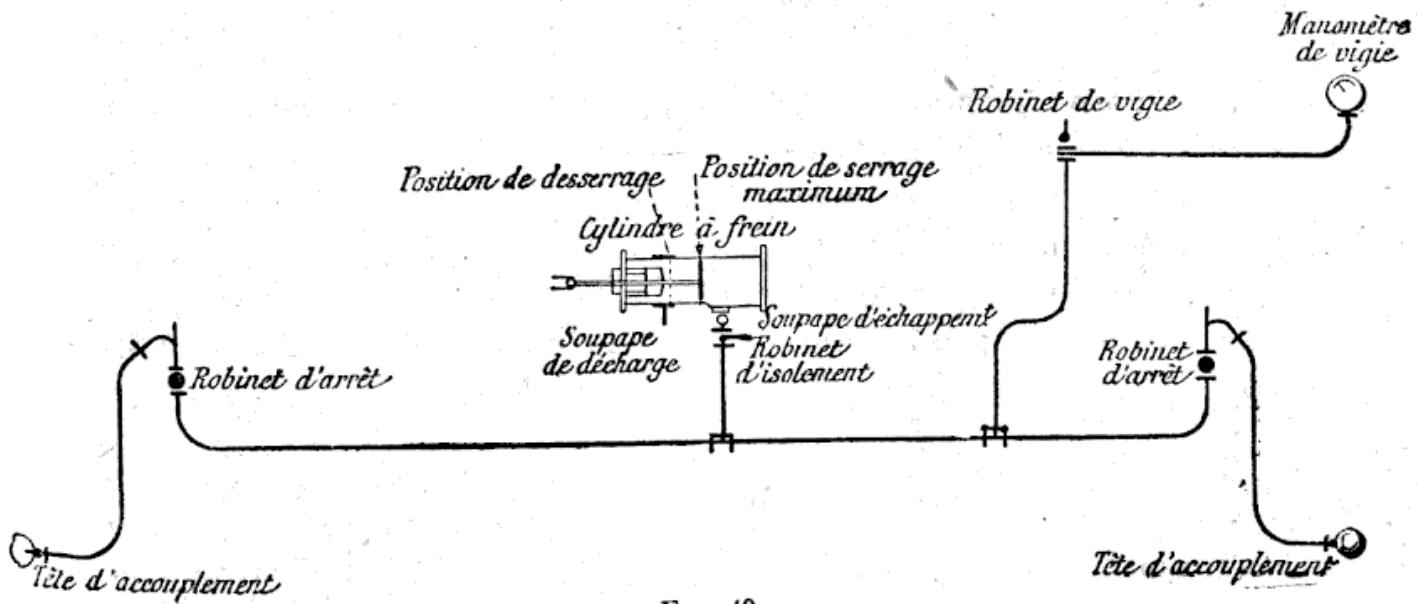


FIG. 40.
Schéma d'installation du frein Wenger.

qui a produit le serrage, égalise bientôt la pression sur les deux faces du piston de la soupape d'échappement ; ce piston, sollicité par le ressort à boudin qui est à sa partie inférieure, reprend alors sa position normale

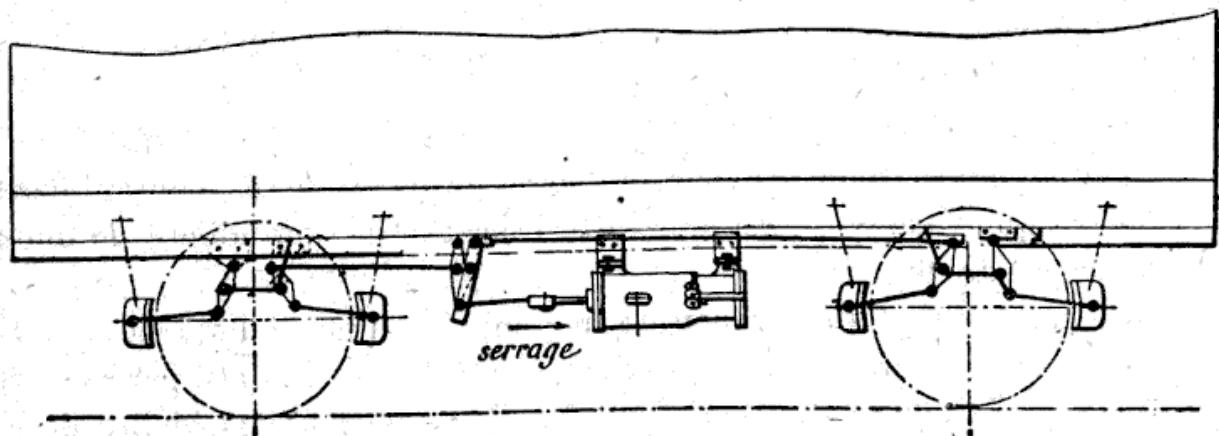


FIG. 41.

et referme l'orifice de sortie. L'intensité du serrage est, par suite, d'autant plus grande que l'abaissement de pression dans la conduite générale est plus prononcé.

Nous donnons ci-dessus (fig. 40 et 41), d'une part, le diagramme de la disposition des conduites et du cylindre à frein sous une voiture ordinaire, et d'autre part l'indication de la transmission aux doubles sabots des roues, du mouvement produisant le serrage.

37. Frein Lipkowski. — On pourrait aussi citer le *frein Lipkowski*, où le cylindre moteur des freins est formé d'un réservoir, d'un grand cylindre à piston et d'un petit cylindre également à piston. Ce dernier sert à approcher les sabots des roues et le grand cylindre n'entre en action que pour produire le serrage énergique. Comme aux freins décrits plus haut, un distributeur assure le fonctionnement par l'abaissement de la pression dans la conduite générale.

38. Frein électro-magnétique Westinghouse. — En plus de son frein à air, la Société Westinghouse construit un système de frein électro-magnétique qui est d'un usage courant aux Etats-Unis et commence à se répandre en Europe.

Ce système est constitué par un électro-aimant E (fig. 42) suspendu à une très faible distance au-dessus du rail par des ressorts R et R', qui le rattachent au châssis du véhicule.

Les pôles P et P' de cet électro sont disposés en forme de patin et viennent s'appliquer sur le rail au moment du freinage.

Une timonerie comportant deux leviers AB, A'B', reliés à des bielles *extensibles* CB, C'B' suspendus par d'autres bielles KL KL' et entretoisés suivant AA', complète le système en reliant l'électro aux sabots destinés à freiner les roues.

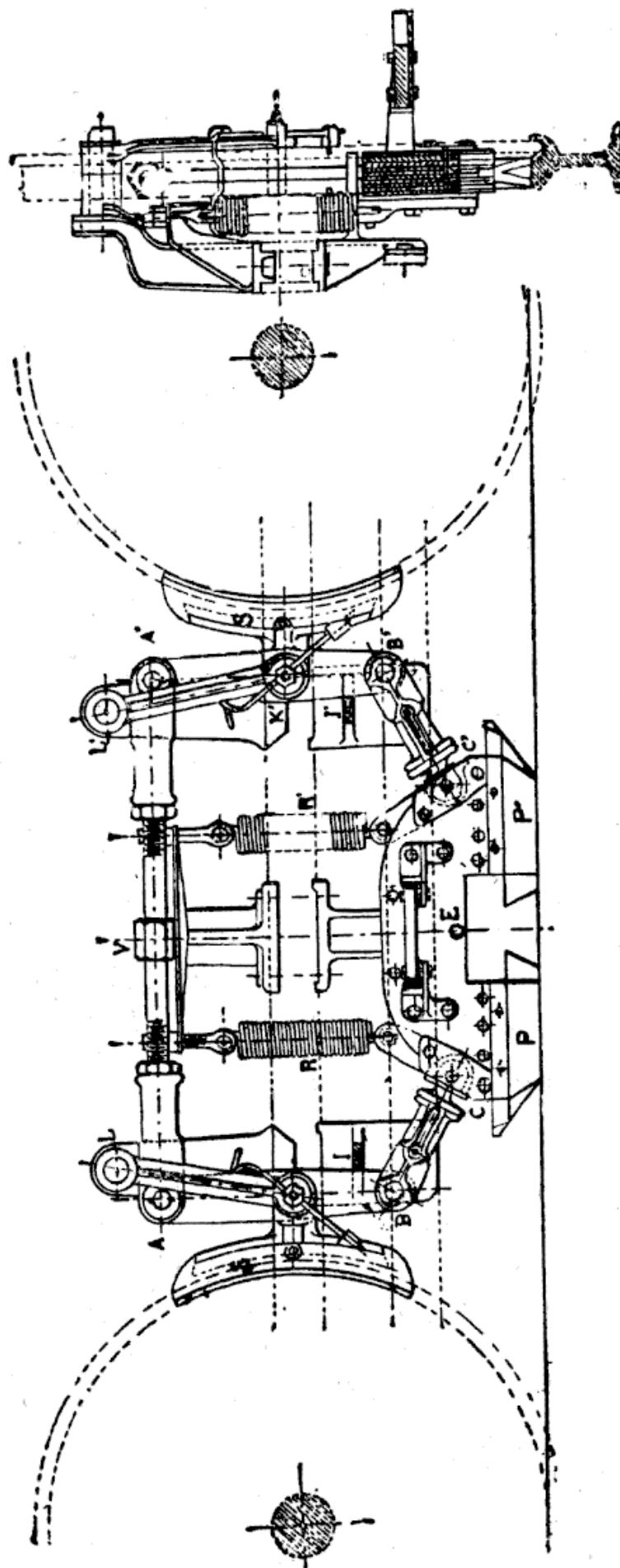
Chaque véhicule est pourvu de deux appareillages identiques.

On obtient le ralentissement ou l'arrêt en envoyant un courant dans l'électro qui s'excite; il est alors attiré par le rail et y adhère de toute sa force portante.

Le mouvement de la voiture n'étant pas immédiatement arrêté, l'électro tend à demeurer en arrière; son déplacement relatif par rapport au châssis se transmet alors, par le jeu des leviers et des bielles de la timonerie : d'abord au sabot d'arrière puis à l'autre sabot.

La figure schématique n° 43 permet de se rendre compte du fonctionnement du dispositif et des efforts qu'il réalise.

Dès la suppression du courant, les patins de l'électro quittent le rail et les sabots se desserrent.



Ce système de frein fonctionne avec un courant de 10 ampères sous 10 volts pour un arrêt normal et de 40 ampères — même voltage — pour un arrêt d'urgence.

Il s'applique à peu près exclusivement aux lignes électrifiées et plus particulièrement aux tramways. Une ingénieuse disposition permet alors d'utiliser la puissance vive de la voiture à arrêter pour produire

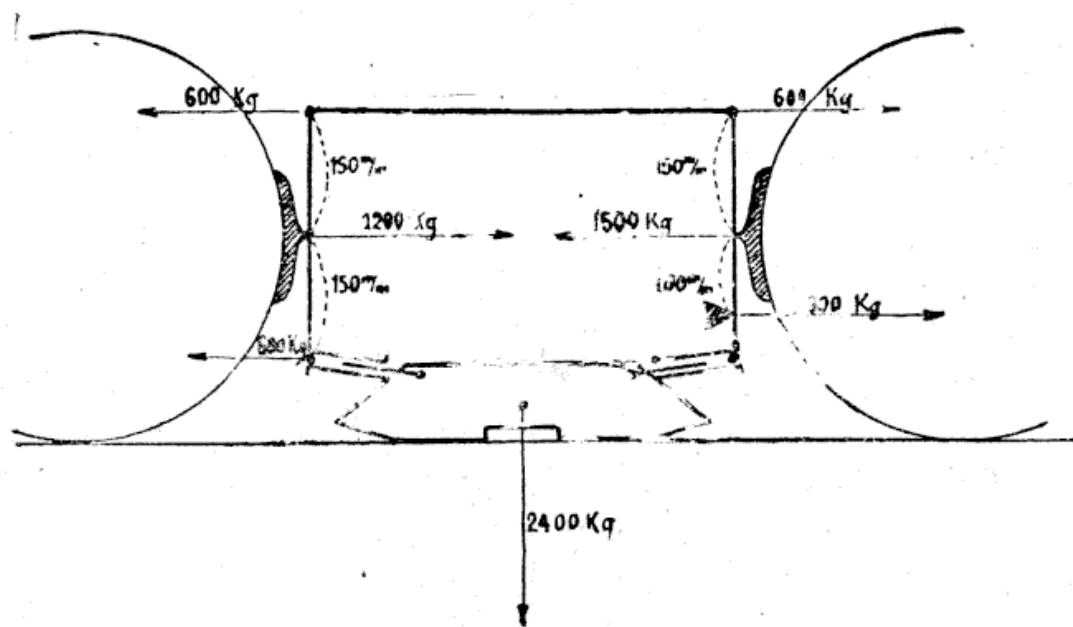


FIG. 43.
Diagramme des efforts.

le courant et, par suite, actionner les freins, sans aucune dépense de force.

40. Automaticité des freins continus. — On peut remarquer que dans les divers systèmes de freins, à vide ou à air comprimé, appliqués aux trains de voyageurs, l'automaticité du séfrage est assurée en cas d'avarie ou de rupture des conduites, ce qui constitue un accroissement notable de sécurité en cas de déraillement. D'autre part, ainsi que nous l'avons dit à propos de l'intercommunication, un robinet est placé dans les vigies des fourgons et permet au conducteur ou garde-frein d'agir directement sur les freins en cas d'urgence.

Par contre, aucun des freins électriques n'est automatique.



§ 5. — FREINS CONTINUS APPLIQUÉS AUX TRAINS DE MARCHANDISES

41. **Généralités.** — Jusqu'à aujourd'hui, les freins continus n'ont pu être appliqués qu'aux trains de voyageurs, sauf en Amérique où une loi du 2 mars 1893 les a rendus obligatoires à toutes les machines et à tous les wagons, sans exception, et où c'est le système Westinghouse qui est généralement employé.

Mais le matériel, le mode de circulation des trains et les conditions d'exploitation ne sont pas les mêmes en Amérique qu'en Europe. En effet, tandis que les trains américains sont exclusivement composés de wagons de grande capacité et, par suite, de nombre restreint, les trains européens et notamment les trains français comportent un nombre de véhicules qui peut aller jusqu'à 80, et qui comprend des tonnages très divers, les wagons vides pouvant par exemple alterner avec les wagons lourdement chargés.

Dans ces conditions, un freinage automatique agissant d'abord sur les premiers véhicules, tendrait à produire de violentes réactions dans tout le reste du train et constituerait un véritable danger. Nombreux ont été cependant et le sont encore les essais de freins automatiques applicables aux trains de marchandises.

42. **Frein Guérin.** — C'est ainsi qu'en France on a mis à l'épreuve le frein automatique Guérin, actionné par la pression des tampons qui se produit quand on ferme le régulateur de la machine ou lorsqu'on emploie la contre-vapeur. Mais il faut que le frein soit disposé de telle sorte qu'il n'entre en action qu'à une vitesse de 15 à 20 kilomètres, si l'on ne veut pas interdire les manœuvres par refoulement dans les gares. Il y a là un point délicat qui n'a pas encore permis une application pratique.

43. **Frein électrique.** — On a également renoncé au frein électrique avec lequel on n'a pu encore obtenir l'automaticité.

44. **Frein Héberlein.** — Enfin il en est de même du frein mécanique Héberlein, essayé sur le réseau d'Orléans et dans lequel un contre-poids, déclanché au moyen d'un cordeau régnant sur toute la

longueur du train, actionne les sabots au moyen de l'enroulement d'une chaîne.

Ce réseau poursuit actuellement l'étude de la question en l'orientant vers le fractionnement du train et en cherchant à obtenir, pour chaque fraction un freinage indépendant et plus ou moins rapide suivant que cette fraction se trouve plus loin ou plus près de la machine. Le système de freinage envisagé dans cette étude est le Westinghouse à air comprimé.

§ 6. — CHAUFFAGE

45. Généralités. — Pour le chauffage des voitures à voyageurs on a d'abord fait usage de chauferettes métalliques ou *bouillottes* remplies d'eau chaude qu'on renouvelait de temps en temps dans les trains à long parcours. Ce système est encore employé en France, sur les lignes secondaires, tandis qu'à l'étranger on chauffe surtout à l'aide de poêles ou de thermo-siphons.

46. Bouillottes. — Le système des *bouillottes* a, pour le public, l'inconvénient d'être rarement suffisant et de déranger les voyageurs au moment du remplacement des bouillottes, surtout la nuit.

Pour la compagnie de chemins de fer, il entraîne dans le service d'importantes complications. De nombreuses bouillotteries doivent être échelonnées sur les lignes pour réchauffer les bouillottes froides, au moyen d'appareils encombrants et coûteux, soit qu'on emploie la vapeur surchauffée, soit qu'on se serve de simples chaudières pour la production de l'eau chaude. Des chariots spéciaux, contenant une vingtaine de bouillottes débouchées ou vidées placées verticalement, sont amenés sous les rampes de distribution de la vapeur ou de l'eau chaude, de manière à opérer le réchauffage simultané des bouillottes par l'ouverture d'un robinet de prise. Les bouillottes sont ensuite conduites le long des trains où plusieurs hommes sont nécessaires pour le retrait des bouillottes vides et la mise en place des chaudes. Cette opération étant nécessairement longue, il faut prévoir, dans les marches de trains, des stationnements suffisants aux gares chargées de ce service. Ce sont là de sérieux inconvénients qui ont pesé lourdement sur l'exploitation des chemins de fer et dont on a cherché à s'affranchir.

47. Chaufferettes à l'acétate de soude. — On a essayé des *chaufferettes à l'acétate de soude*, qui dégagent plus de chaleur que les bouillottes à eau ordinaires. On plonge les chaufferettes pendant une heure et demie dans l'eau bouillante, afin de faire passer l'acétate de soude de l'état solide à l'état liquide, et la chaleur est restituée quand l'acétate revient à l'état solide. On a ainsi des bouillottes qui durent 10 à 12 heures, soit quatre fois plus que les bouillottes ordinaires.

48. Bouillottes mixtes à eau et charbon dense. — On a aussi employé sur certaines lignes des réseaux du Nord et de l'Ouest, des *bouillottes mixtes* à eau avec chauffage au moyen de charbon dense.

On a enfin appliqué partiellement sur divers réseaux, l'appareil à circulation d'eau chaude ou *thermo-siphon*, déjà en usage à l'étranger.

49. Thermo-siphon. — Ce système se compose essentiellement d'une chaudière suspendue sous le châssis de la voiture contre l'un des longerons, et dans laquelle l'eau est chauffée au moyen d'un petit poêle à coke. De la partie supérieure de la chaudière part un tuyau de distribution qui longe un des côtés de la voiture et amène l'eau chaude à l'une des extrémités de boîtes métalliques encastrées dans le plancher des compartiments et servant de chaufferettes. A l'autre extrémité de ces boîtes aboutit une tubation de retour qui est placée du côté de la voiture opposé au tuyau de départ, et qui ramène l'eau à la chaudière. L'action du foyer produit un mouvement continu de l'eau, de sorte que les chaufferettes se maintiennent à une température sensiblement uniforme. Il suffit d'entretenir le feu qui ne demande à être rechargé que de loin en loin. Ce système a donné pratiquement d'assez bons résultats, malgré les chances d'incendie que l'on avait redoutées au début, et il a été maintenu en usage sur un assez grand nombre de voitures.

50. Chauffage à la vapeur. — Aujourd'hui la tendance est pourtant de lui substituer le *chauffage à la vapeur*, qui évite l'entretien et la surveillance des foyers partiels répartis sous les véhicules.

Le chauffage à la vapeur est très répandu dans les chemins de fer de l'Europe centrale. La vapeur, prise sur la locomotive, circule dans une conduite générale placée sous les voitures et, sous l'influence d'une légère pression, pénètre dans les récipients où elle se condense et dont

elle échauffe la surface. — L'eau de condensation retombe dans la conduite générale à l'extrémité de laquelle elle est expulsée, avec un excès de vapeur, par un orifice de fuite. Les récipients sont quelquefois des cylindres entourant les voitures ou les compartiments et munis ou non de radiateurs, mais, aujourd'hui, on préfère les bouillottes fixes placées sous les pieds des voyageurs, comme cela se fait en France, avec faculté de les laisser agir directement ou par l'intermédiaire d'un tapis qui tempère la chaleur.

Dans quelques cas, on a mis à la disposition des voyageurs ou des

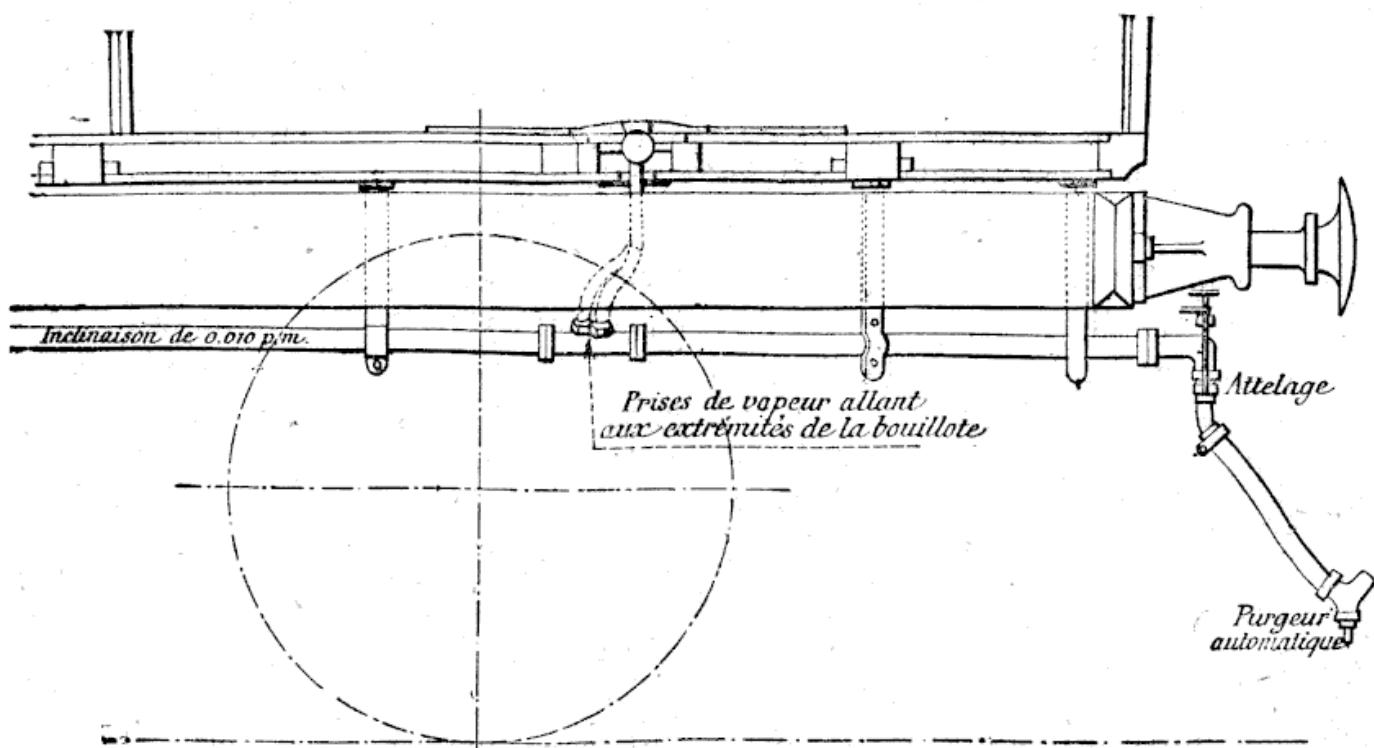


FIG. 44.

agents, des robinets permettant d'admettre ou d'intercepter l'introduction de vapeur dans les récipients.

Le chauffage à la vapeur évite toute manipulation de bouillottes et paraît donner toute satisfaction au public. Tout au plus pourrait-on objecter que la chaleur tend à diminuer vers l'arrière du train quand celui-ci est composé d'un grand nombre de voitures.

La compagnie de l'Est a adopté le chauffage par la vapeur et l'air comprimé combinés, ce dernier dans la proportion de 10 p. 100 environ servant à entraîner jusqu'au bout de la conduite la vapeur et l'eau de condensation, qui est ainsi chassée vers les purgeurs automatiques. Les

locomotives sont, d'ailleurs, aménagées en vue du chauffage par la vapeur seule aussi bien que par la vapeur combinée à l'air.

Ce système commence à recevoir quelques applications sur les autres réseaux.

Nous donnons ci-dessus (fig. 44) un croquis indiquant les dispositions adoptées sur les chemins de fer de l'Etat français. Des purgeurs automatiques existent entre deux véhicules consécutifs, et un robinet spécial, placé à l'arrière du fourgon de queue, permet de faire évacuer promptement l'eau de condensation au moment de la mise en train du chauffage.

Les purgeurs automatiques sont de différents modèles.

L'un des plus intéressants est constitué par une petite soupape évidée, très légère et s'appuyant normalement sur un siège tronconique fermant l'ouverture d'échappement à air libre.

Quand l'eau de condensation s'est accumulée au-dessus de cette soupape, celle-ci remonte à la surface du liquide par l'effet de son poids spécifique et l'échappement étant ouvert, l'eau est évacuée à l'extérieur.

Dès que la soupape n'est plus recouverte d'eau, son poids la ramène sur son siège, l'orifice d'échappement est fermé et la circulation de vapeur reprend entre les véhicules.

§ 7. — ÉCLAIRAGE

51. Généralités. — Les premiers appareils employés ont été des *lampes à huile* avec réservoir formant *couronne*, d'où se détachaient deux conduits venant alimenter une mèche plate placée au centre et un peu au-dessous du fond de la couronne. Ces lampes étaient munies de réflecteurs et étaient placées au plafond des compartiments, dans des *coupes* de verre. On accédait aux lampes par la toiture des wagons en ouvrant la cage à charnières de la lanterne qui fait saillie sur la toiture. Ce système d'éclairage existe encore dans un certain nombre d'anciennes voitures circulant sur des lignes secondaires, mais il est notoirement insuffisant et l'huile en excédent qui coule dans la coupe réduit encore le peu de lumière que fournit le brûleur.

Plus tard, quelques réseaux ont employé le *pétrole*, en substituant au bec plat un bec rond avec cheminée en verre, mais ce système s'est encore

montré défectueux à cause des nombreuses manipulations qu'il nécessite et des fréquentes réparations qu'il entraîne.

Enfin la Compagnie d'Orléans a maintenu longtemps et possède encore sur ses voitures les plus anciennes, l'éclairage minéral perfectionné "Shallis et Thomas" qui donne plus de lumière et pas d'ombre portée.

Aujourd'hui les seuls éclairages couramment appliqués sont l'éclairage au gaz et l'éclairage électrique.

52. Eclairage au gaz. — L'éclairage au gaz est actuellement très répandu en France et à l'Etranger. On n'emploie habituellement pas, pour cet éclairage, le gaz de houille ordinaire, parce que la compression lui fait perdre une partie de son pouvoir éclairant ; l'on se sert du gaz riche obtenu par la combustion des huiles lourdes.

Le gaz riche, ou gaz d'huile, comprimé sous une pression de 6 à 7 kilogs, possède un pouvoir éclairant trois fois et demie supérieur à celui du gaz de houille et se conserve indéfiniment. Il se fabrique dans des usines spéciales et, pour éviter la multiplicité de celles-ci sur un réseau de chemins de fer, on le transporte sur les divers lieux de chargement des voitures, au moyen d'accumulateurs constitués par des cylindres métalliques de grande capacité, montés sur des wagons spéciaux (voir fig. 21). On peut ainsi approvisionner les accumulateurs fixes placés dans les gares de chargement où une canalisation, munie de bouches de chargement placées sous les trottoirs, permet de remplir les réservoirs des voitures. Ceux-ci sont placés, soit sous le châssis, soit au-dessus de la toiture. Une soupape, placée de chaque côté des voitures et protégée par une boîte en métal, sert à l'introduction du gaz par l'intermédiaire d'un tuyau souple, préalablement vissé sur les orifices des bouches de chargement. Un manomètre, placé à côté des soupapes, indique la pression dans le réservoir, pour guider les agents dans l'opération du remplissage. Des tuyaux font communiquer les réservoirs avec les brûleurs placés dans l'intérieur de chaque compartiment entre une coupe en verre et un réflecteur en tôle émaillée. Bien qu'il soit assez coûteux, cet éclairage donne généralement satisfaction. On l'a encore amélioré en y appliquant dernièrement les manchons à incandescence.

53. Eclairage mixte au gaz et à l'acétylène mélangés. — En Allemagne, et en France sur le réseau P.-L.-M., on a essayé l'éclairage

à l'acétylène mélangé au gaz d'huile dans la proportion de 25 p. 100 d'acétylène pour 75 p. 100 de gaz d'huile. Ce mélange a l'avantage de donner une excellente lumière et d'éviter toute chance d'explosion mais il maintient, comme le précédent du reste, des dangers très sérieux d'incendie que l'éclairage électrique, dont il va être maintenant question, permet de supprimer complètement.

54. Eclairage électrique. — Après beaucoup de tâtonnements, ce mode d'éclairage est entré dans une phase vraiment pratique avec

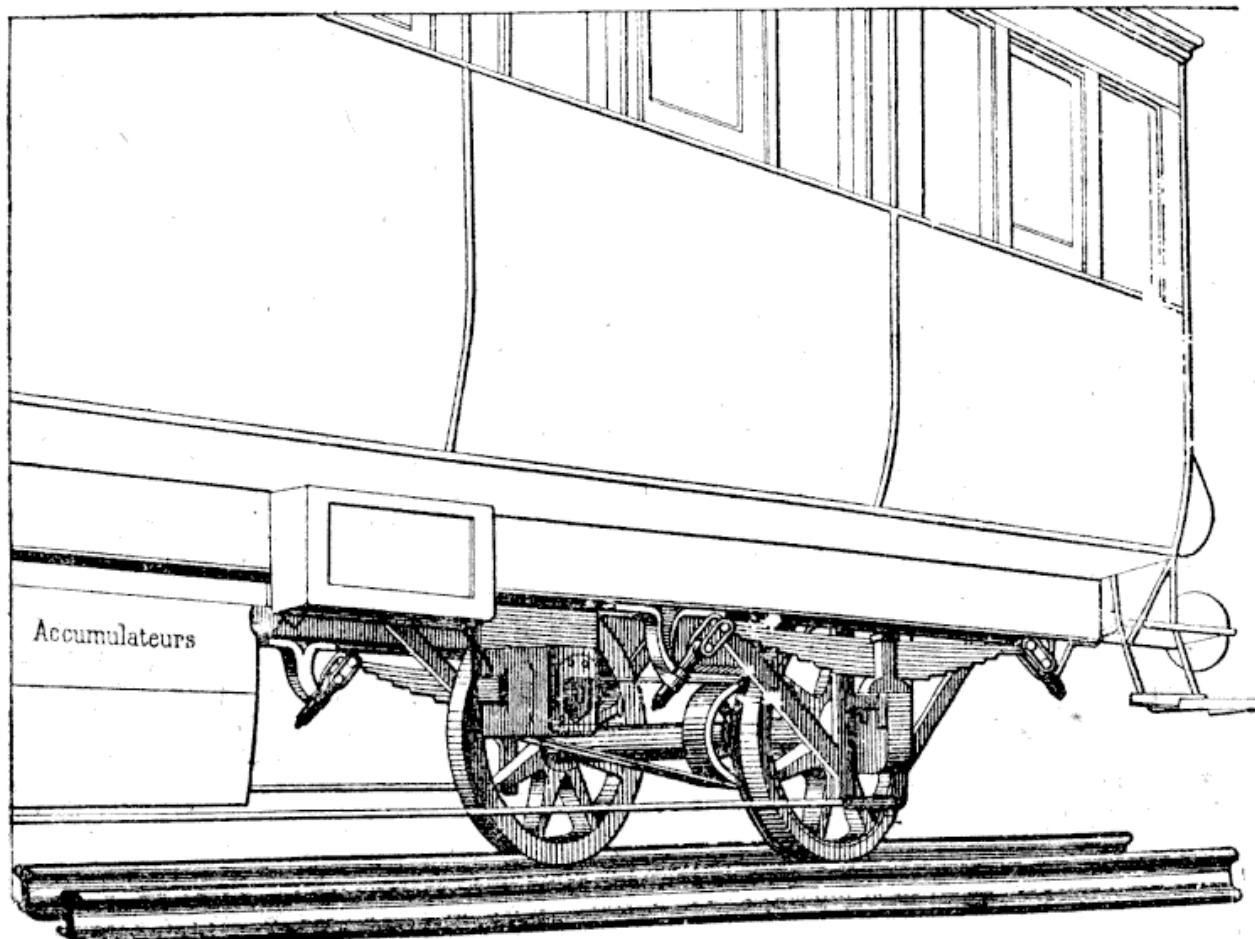


Fig. 45.

Vue perspective indiquant l'entrainement de la dynamo par une poulie à courroie montée sur l'essieu.

L'emploi de l'un des systèmes de Stone, Auvert, Brown-Boveri ou Vicarino, lesquels utilisent le mouvement d'un essieu pour produire l'électricité.

Avec le système Vicarino, qu'emploie le réseau de l'Etat, chaque voiture est munie :

1^o d'une dynamo Vicarino, suspendue sous la caisse et commandée,

au moyen d'une courroie, par une poulie en fonte calée sur l'un des essieux de la voiture ;

- 2^o d'une batterie d'accumulateurs de faible capacité ;
- 3^o d'un appareil auxiliaire servant à la fois de conjoncteur-disjoncteur et d'égalisateur de tension.

La dynamo produit, pendant la marche des trains, l'énergie électrique nécessaire à l'éclairage et au chargement des accumulateurs qui doivent fonctionner pendant les arrêts.

Le conjoncteur-disjoncteur, placé entre la dynamo et la batterie, établit la communication lorsque la vitesse de la dynamo est suffisante pour qu'elle produise un courant de tension égale à celle de la batterie ; il interrompt cette communication lorsque la vitesse est trop faible, afin d'éviter que le courant emmagasiné ne fasse retour à la dynamo, ce qui déchargerait les accumulateurs et pourrait endommager la machine.

Le poids de l'ensemble des appareils, dynamos et accumulateurs, est de 200 kilogs environ.

Ce système d'éclairage, dont nous donnons ci-dessus (fig. 45) une vue perspective, paraît donner toute satisfaction et tend à se généraliser (1).

Nous mentionnerons, en terminant qu'une circulaire ministérielle du 26 mars 1900 a invité les Compagnies à améliorer leur éclairage, en s'efforçant d'arriver à donner aux voyageurs la possibilité de lire aisément à toutes les places qu'ils occupent.

(1) Il va sans dire que sur les lignes électrifiées, c'est-à-dire parcourues par des trains que remorque une locomotive électrique, l'éclairage est aussi électrique. Il est généralement alimenté par le courant de traction.

DEUXIÈME PARTIE

Locomotives

CHAPITRE PREMIER (1)

DISPOSITIONS GÉNÉRALES D'UNE LOCOMOTIVE

SOMMAIRE. — § 1^{er} DÉFINITION ET CONSTITUTION DE LA LOCOMOTIVE.

§ 2. VÉHICULE.

§ 3. CHAUDIÈRE : Généralités. Foyer. Corps cylindrique. Boite à fumée.

§ 4. LE MÉCANISME EN GÉNÉRAL.

§ 5. DISTRIBUTION DE LA VAPEUR : Tiroirs plans. Distributions à deux excentriques (coulisses Stephenson, Gooch, Allan). Distribution Walschaerts. Distribution sans excentrique. Tiroirs cylindriques. Contre-vapeur.

§ 6. MACHINES COMPOUND.

§ 7. MACHINES A SURCHAUFFE.

§ 8. DISPOSITIFS EMPLOYÉS POUR FACILITER LE PASSAGE DES VÉHICULES DANS LES SINUOSITÉS DE LA VOIE : Bogies. Bissels. Boites radiales. Articulation de deux groupes d'essieux (Machines Mallet).

§ 9. INDICATEURS ET ENREGISTREURS DE VITESSE : Objet et classification de ces appareils. Enregistreurs établis sur la voie : a) appareil Rabier-Leroy ; b) appareil Sabouret. Enregistreurs portés par les locomotives : a) appareil Hausshalter ; b) chronotachymètre P.-L.-M. ; c) appareil Flaman.

§ 10. ORGANES ACCESSOIRES DES LOCOMOTIVES.

§ 11. CHASSE-NEIGE.

§ 12. TENDERS.

§ 13. COMBUSTIBLE EMPLOYÉ. CONSOMMATION DES MACHINES.

(1) En étudiant ce chapitre, il sera bon de se reporter fréquemment aux fig. 69, 70 et 71 ci-après, qui donnent les dispositions d'ensemble de deux types récents de locomotives.

§ 1^{er}. — DÉFINITION ET CONSTITUTION DE LA LOCOMOTIVE

Une locomotive est une machine à vapeur horizontale à haute pression. Cette machine est montée sur un châssis roulant et ses pistons actionnent des manivelles calées sur l'essieu moteur, de manière à imprimer au véhicule un mouvement de propulsion.

Une locomotive est formée de trois parties principales :

- 1^o le *véhicule*, composé du châssis et des supports ;
- 2^o la *chaudière*, destinée à produire la vapeur nécessaire ;
- 3^o le *mécanisme*, c'est-à-dire l'ensemble des organes destinés à transformer la pression de la vapeur en mouvement.

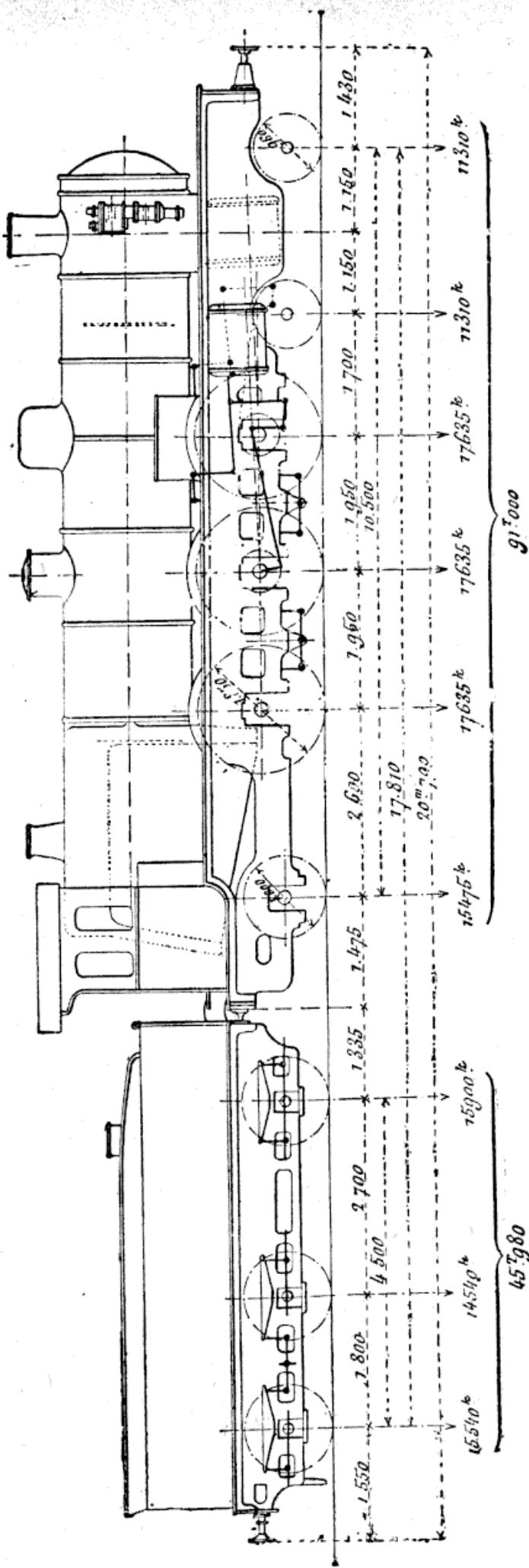
Elle se complète d'un *tender* qui est destiné à porter l'approvisionnement d'eau et de charbon et forme habituellement un véhicule distinct attelé à la locomotive. Seules, les locomotives ne devant accomplir que de faibles parcours ou assurer régulièrement des manœuvres de gare sont aménagées pour porter elles-mêmes leur approvisionnement ; elles sont alors désignées sous le nom de *locomotives-tenders*.

§ 2. — VÉHICULE

Le véhicule des locomotives se distingue de celui des voitures et wagons par la disposition des roues et le mode de construction du châssis.

En principe, une locomotive prend son point d'appui sur le rail par l'adhérence des roues motrices, ce qui lui permet de produire un effort de translation dans le sens de la voie. L'effort utile est limité par cette adhérence qu'il importe, dès lors, d'augmenter autant que possible, soit en chargeant spécialement l'essieu moteur, soit en accouplant, à l'aide de bielles, deux ou plusieurs roues voisines de même diamètre, de façon à faire entrer l'adhérence de ces roues dans la puissance d'action de la machine.

Le diamètre des roues de locomotive diffère de celui des autres véhicules. Il a pu être notablement augmenté par suite de la position qu'occupent ces roues à l'*extérieur* du châssis et par la nécessité d'atteindre de grandes vitesses. Le nombre de tours de roues à la seconde est, en effet, limité par le frottement et le souci de ne pas imposer aux



(Poids en ordre de marche)

Capacité ...	{	Combustible.	6000 kilos.
		Eau.....	20 mètres cubes.

FIG. 46.

Locomotive du type « Pacific » en service sur le réseau d'Orléans.

divers organes du mécanisme une fatigue compromettante pour la sécurité, de sorte que l'accroissement de vitesse, pour un nombre maximum de coups de piston, ne peut être obtenu qu'en augmentant le diamètre des roues motrices. Dans certaines machines à express, ce diamètre dépasse 2 mètres et atteint même 2 m. 30.

D'autre part, en vue de faciliter l'inscription d'une locomotive dans les courbes, on a été amené à placer, à l'avant, des roues de faible diamètre, indépendantes des roues motrices et réunies quelquefois en bogies, de même qu'on a ajouté souvent à l'arrière, pour améliorer les conditions d'équilibre du moteur, des roues porteuses, également de faible diamètre (fig. 46).

Les longerons des locomotives, comparés à ceux des wagons, présentent cette particularité qu'au lieu d'être constitués par des fers à **H**

ou à **U**, ils sont formés de tôle découpée de 0 m. 025 à 0 m. 035 d'épaisseur uniforme, pour donner plus de flexibilité dans les courbes. Les longerons sont reliés entre eux par des traverses destinées à maintenir leur écartement et à servir de points d'appui aux pièces du mécanisme. A l'avant de ces longerons est disposé un fort coffre

en tôle qui contrevente solidement tout le système et sert de point d'attache aux cylindres.

Ces cylindres, avec leurs tiroirs respectifs, sont invariablement fixés au châssis, tantôt à l'extérieur, tantôt à l'intérieur; dans ce dernier cas, ils contribuent au contreventement des longerons.

La chaudière repose sur le châssis, ordinairement à l'avant, par la boîte à fumée, et, à l'arrière, par la boîte à feu. Elle est fixée, du côté de la boîte à fumée, par des boulons et peut librement se dilater par l'arrière.

Le châssis repose sur les essieux par l'intermédiaire de ressorts à lames ou à boudins, comme ceux des wagons, mais beaucoup plus courts, afin d'éviter une trop grande flexion qui nuirait au fonctionnement des

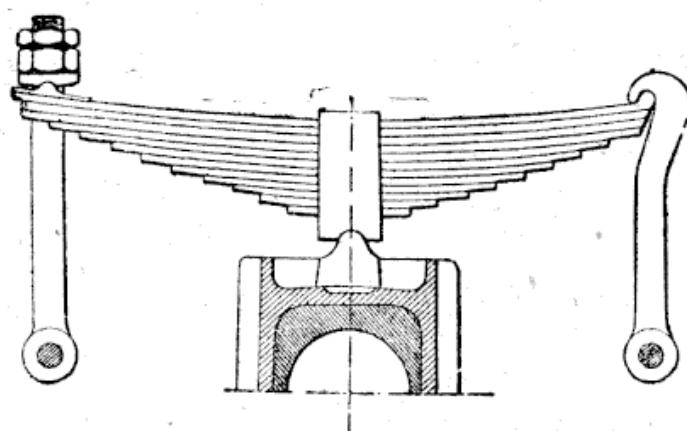


FIG. 47
Suspension.

pièces du mouvement et à la distribution. Cette suspension, qui comprend quelquefois des ressorts transversaux, est complétée par des tiges de suspension de longueur réglable par boulons de façon à pouvoir répartir

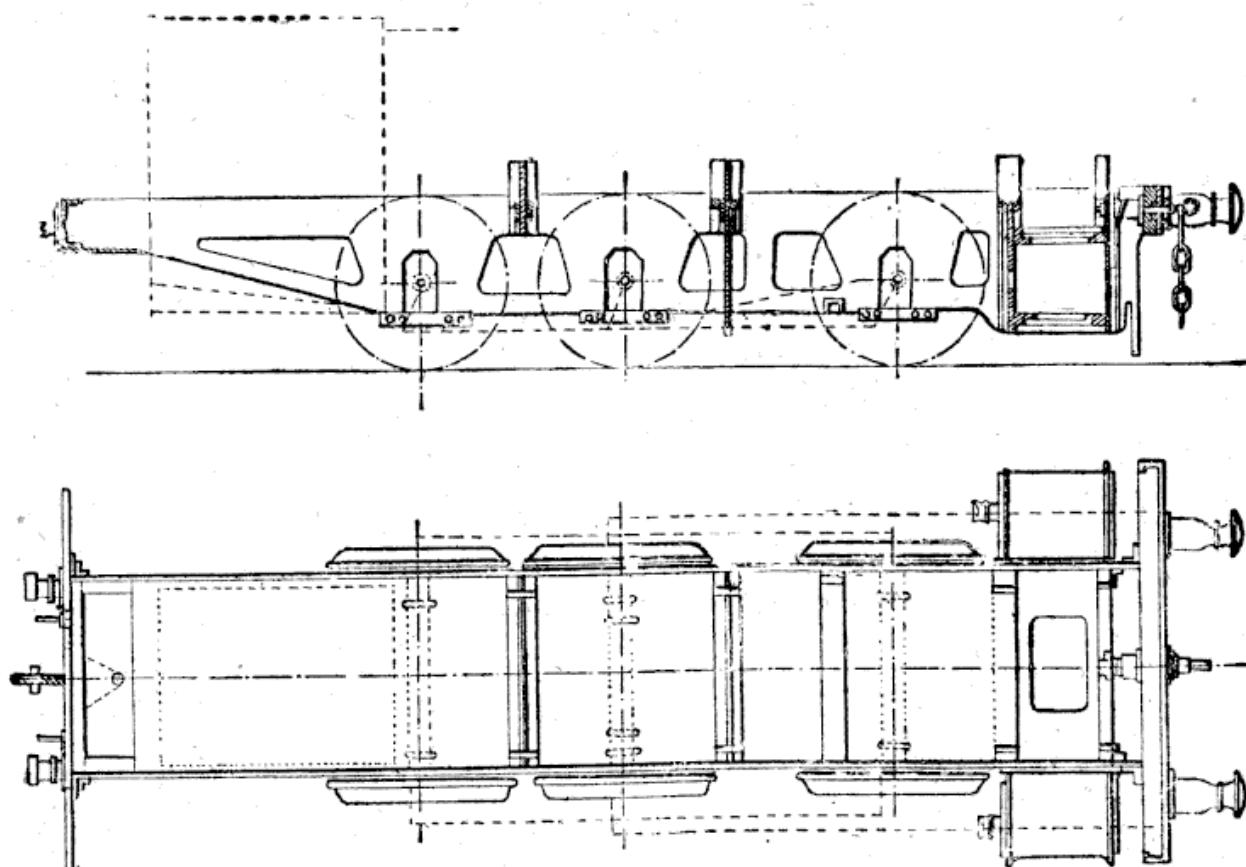


FIG. 48.

la charge également sur les roues d'un même essieu et suivant des prévisions déterminées sur chacun des essieux (fig. 47).

Nous donnons ci-dessus (fig. 48) le dessin du châssis d'une locomotive à marchandises à 3 essieux couplés.

§ 3. — CHAUDIÈRE

55. Généralités. — Une chaudière de locomotive doit être disposée de manière à produire rapidement une grande quantité de vapeur à haute pression, sous un petit volume. Il s'ensuit que son foyer doit assurer une combustion intense et posséder une surface de chauffe aussi étendue que possible. Les foyers de locomotive se font soit en cuivre rouge, soit en acier de premier choix; leurs enveloppes sont en acier. La pression

de la vapeur dans la chaudière qui n'était, à l'origine, que de 4 kilogs par centimètre carré, atteint aujourd'hui, jusqu'à 18 kilogs.

Nous distinguerons dans une chaudière :

- 1^o le *foyer*,
- 2^o le *corps cylindrique*,
- 3^o la *boîte à fumée*.

56. Foyer. — Le foyer, placé à la partie postérieure de la locomotive, est une caisse sensiblement parallélipipédique à double paroi ouverte par le bas, où se trouve la grille supportant le combustible.

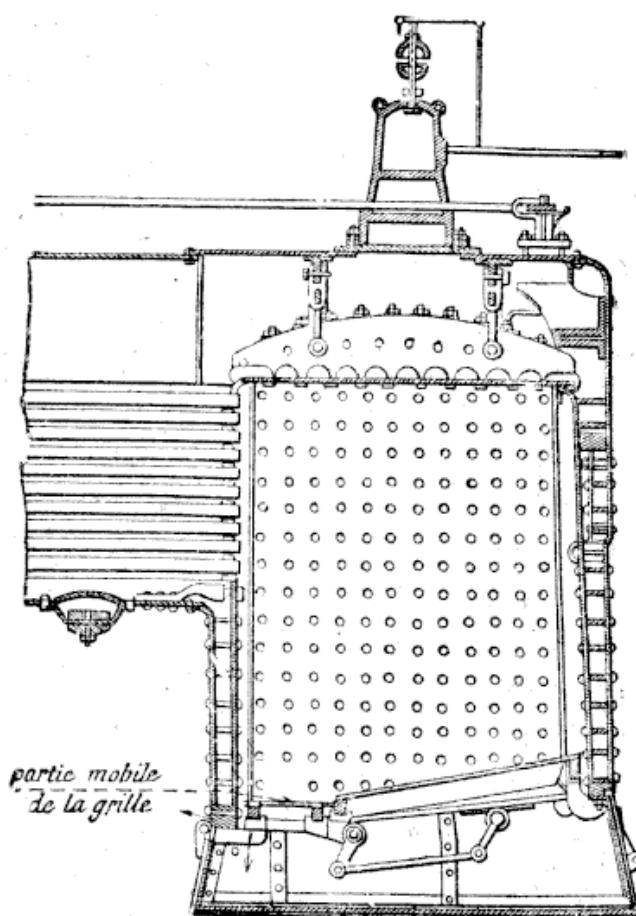


FIG. 49.

La paroi extérieure, dénommée aussi *boîte à feu*, est réunie à la paroi intérieure qui forme le *foyer* proprement dit, par des entretoises creuses, en cuivre rouge ou en bronze manganésé, vissées à leurs extrémités, puis rivées.

Le foyer proprement dit a sa face supérieure ou *ciel* et ses faces latérales en contact direct avec l'eau de la chaudière; sa face latérale arrière est percée d'une porte par laquelle le chauffeur introduit le charbon. La paroi d'avant, ou *plaqué tubulaire*, est percée de trous destinés à recevoir les tubes que traversent la flamme et la fumée. Le ciel du

foyer est consolidé au moyen de fermes longitudinales ou transversales formant une armature des plus résistantes, ou par des tirants rattachés aux parties voisines de la boîte à feu. La grille est horizontale ou légèrement inclinée. Sa partie la plus basse (environ un tiers de la surface totale) est mobile de manière à permettre au mécanicien de « basculer son feu ». Au-dessous de la grille est le cendrier, qui est la pièce la plus basse de la machine, et qui est disposé de façon à pouvoir être démonté

ou enlevé, en cas d'amoncellement de neige sur la voie. Avec les nouvelles locomotives, le foyer atteint une longueur qui dépasse parfois 3 mètres et une surface de grille qui atteint 3 m² 25.

Divers dispositifs sont employés pour consumer la fumée ou activer le tirage. On obtient ce dernier résultat au moyen du *souffleur*, qui permet au mécanicien d'envoyer de la vapeur dans la cheminée et de provoquer ainsi un entraînement d'air au travers du foyer, indépendamment de celui provoqué par l'échappement de vapeur des cylindres qui, en marche, s'effectue également dans la cheminée.

Quant à la combustion de la fumée, l'emploi des divers appareils fumivores actuellement en usage, n'a pas encore permis de la rendre parfaite.

Nous donnons ci-dessus (fig. 49) la coupe longitudinale d'un foyer ordinaire.

Comme nous l'avons dit ailleurs, la surface de chauffe réduite d'une locomotive s'obtient en ajoutant à la surface de chauffe du foyer le tiers de la surface intérieure des tubes (Cours de Chemins de fer ; *Études et Travaux d'infrastructure, pages 20 et suivantes*). Cette surface de chauffe réduite varie, suivant le type des locomotives, de 100 à 200 m².

57. Corps cylindrique. — Le *corps cylindrique* est un cylindre en tôle d'acier formant le prolongement de l'enveloppe du foyer, sur laquelle il est rivé. Il contient le faisceau tubulaire réunissant les deux plaques tubulaires dont l'une n'est autre que la face avant du foyer et l'autre la face arrière de la boîte à fumée. La partie supérieure de ce cylindre forme chambre de vapeur. Il est surmonté du dôme de vapeur qui est formé d'un cylindre à axe vertical soigneusement rivé au premier et dans lequel se fait la prise de vapeur destinée à agir sur les pistons.

Le diamètre du corps cylindrique varie de 1 mètre à 1 m. 50 et sa longueur, de 3 mètres à 6 mètres. Les tubes parallèles au nombre de 150 à 350, se font en laiton ou en acier et ont de 0 m. 040 à 0 m. 065 de diamètre intérieur. La plupart des tubes en acier portent des ailettes intérieures qui augmentent la surface de chauffe et la puissance de vaporisation de la chaudière (1).

(1) On reproche aux tubes à ailettes, dits tubes *Serve*, de fatiguer les plaques tubulaires lorsqu'ils dépassent une longueur de 4 m. 50. Aussi la tendance actuelle est-elle de renoncer à leur emploi, malgré les avantages qu'ils présentent au point de vue de la vaporisation.

Les tubes occupent les deux tiers inférieurs du corps cylindrique et doivent, ainsi que le foyer, être entièrement baignés par l'eau. S'il n'en était pas ainsi, les parties émergentes, non refroidies par l'eau, seraient surchauffées, amollies, se crèveraient même sous l'action de la pression intérieure; d'où projection d'eau et de vapeur surchauffée, accident ou, tout au moins, arrêt.

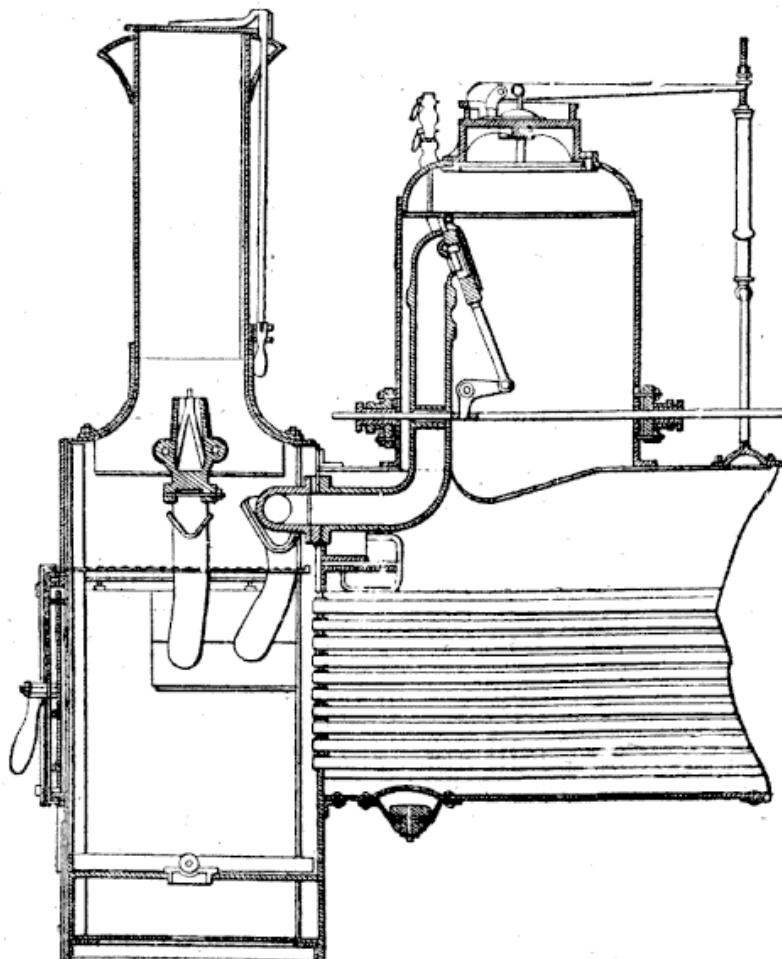


FIG. 50.

peur lorsque la pression maximum de marche (celle du timbre) est atteinte.

L'alimentation en eau de la chaudière s'effectue au moyen d'injecteurs à vapeur divers qui sont tous des variantes de l'injecteur primitif Giffard et qui entraînent l'eau amenée du tender dans la chaudière par une canalisation à raccords souples entre le tender et la machine. On peut réchauffer cette eau en y envoyant, par une conduite spéciale, la vapeur en excédent au moment où fusent les soupapes de sûreté. Chaque machine doit être munie de deux injecteurs destinés à se suppléer mutuellement en cas d'avarie.

Les chaudières de locomotives sont munies à l'arrière, et bien en vue du mécanicien, des appareils indicateurs et de sûreté des chaudières ordinaires qui renseignent à tout instant sur leurs conditions de marche : tube-indicateur en verre et robinets-jauge étagés indiquant le niveau de l'eau, manomètre métallique indicateur de pression, deux soupapes de sûreté chargées par des leviers avec ressorts à boudin dits « balances », qui laissent échapper la vapeur lorsque la pression maximum de marche (celle du timbre) est atteinte.

Le niveau de l'eau doit être maintenu sensiblement à la même hauteur (0 m. 10 au moins au-dessus du ciel du foyer). Une baisse anormale de ce niveau peut, en découvrant le foyer et les tubes, amener les avaries indiquées ci-dessus. Pour les prévenir, dans le cas où l'attention du mécanicien serait en défaut, on dispose sur le ciel du foyer des « plombs fusibles », sortes de dés vissés sur le ciel et obturés par un alliage fusible qui fond lorsque la surchauffe se produit ; l'eau et la vapeur projetées dans le foyer éteignent le feu.

Les eaux employées à l'alimentation des locomotives contiennent toujours, quel que soit le soin apporté à leur choix, des matières en dissolution ou en suspension (sels calcaires, boues) qui se déposent sur les parois du foyer et des tubes lors de la vaporisation ; ces dépôts tartreux ou boueux nuisent à la bonne vaporisation et peuvent, quand ils sont en couche assez épaisse, amener les mêmes accidents dits « coups de feu » que le manque d'eau. Il est donc de toute nécessité de les enlever et de soumettre les chaudières à des nettoyages intérieurs périodiques. A cet effet, des ouvertures, fermées en temps

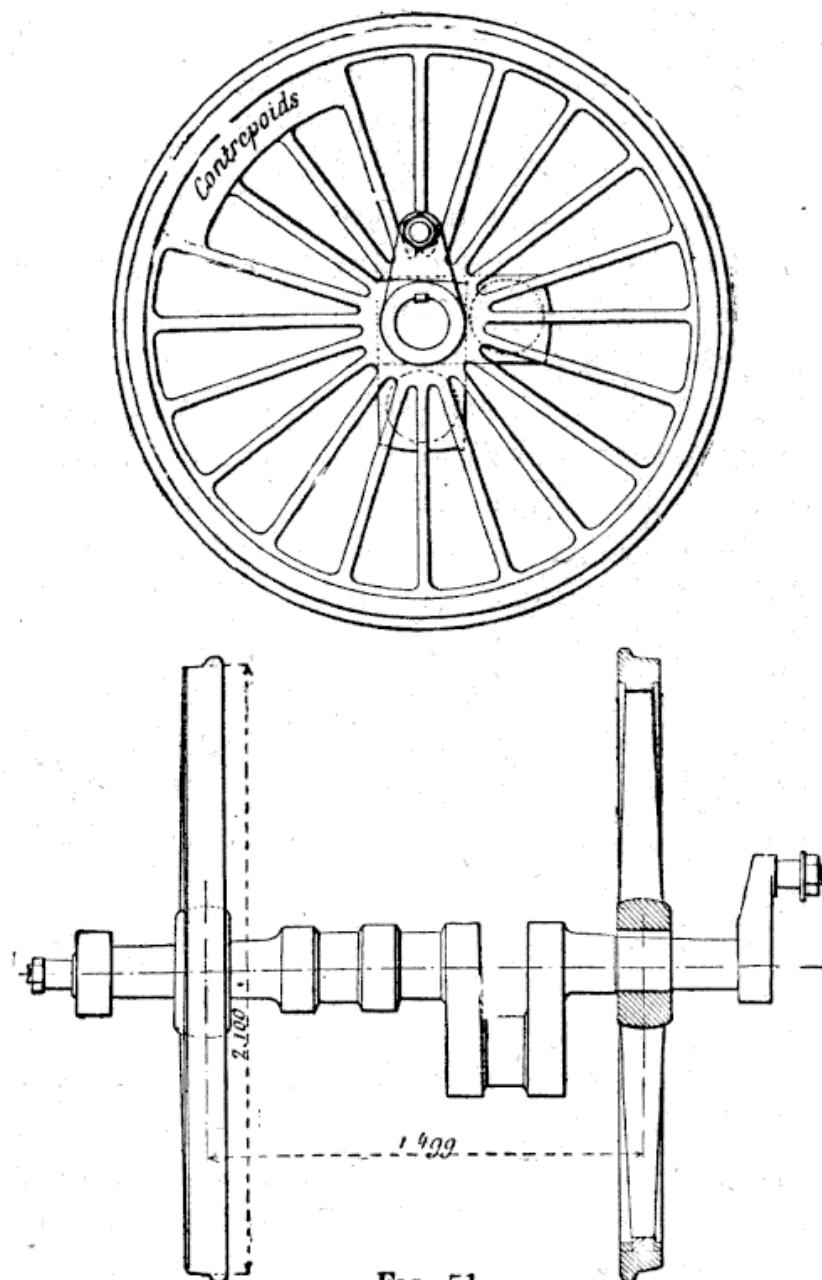


FIG. 51.

Roues de locomotive et essieu moteur.

normal par des obturateurs intérieurs autoclaves, sont pratiquées dans les chaudières. Il existe des autoclaves au-dessus de l'enveloppe du foyer, à la partie inférieure du pourtour de celle-ci et sur la plaque tubulaire avant ; enfin le dôme de vapeur ou une autre grosse tubulure spéciale porte un grand autoclave dont l'ouverture, dite « trou d'homme », est suffisamment grande pour laisser un homme pénétrer dans la chaudière. Ces nettoyages, qui sont faits dans les dépôts par un personnel spécial, consistent en grands lavages faits au moyen d'un fort jet d'eau sous pression, complétés par un grattage des tubes et des parois du foyer. Pour éviter l'adhérence des dépôts, on a parfois le tort d'introduire des matières dites « antilartriques » dans la chaudière ; il est préférable de les mettre dans le tender où elles précipitent les sels de l'eau en évitant leur introduction dans la chaudière.

Les accidents sérieux de chaudières de locomotives sont relativement rares, à cause des soins dont elles sont l'objet. Il se produit néanmoins des ruptures de tubes dont les conséquences sont peu graves, le feu étant immédiatement éteint par l'eau. Le mécanicien doit alors tamponner les orifices du tube crevé, rallumer son feu après avoir rempli sa chaudière et repartir.

Les chaudières de locomotives subissent, comme toutes les autres, une épreuve hydraulique sous une pression égale à la pression maximum de marche, augmentée d'une surcharge de 6 kilogs. Une médaille poinçonnée, fixée à la chaudière, indique la pression du timbre. Ces épreuves sont renouvelées tous les dix ans ainsi qu'après chaque réparation importante.

58. Boîte à fumée. — La boîte à fumée, placée à l'avant de la machine, au point où débouchent les tubes et à la base de la cheminée d'évacuation, est destinée à recevoir les gaz et résidus qui proviennent de la combustion. La plus grande partie de ces résidus s'évacue par la cheminée, sous l'action du tirage et de l'échappement de la vapeur, mais il reste néanmoins des particules de combustible non consumées, ou *escarbilles*, qui, arrêtées par une grille *ad hoc*, s'accumulent dans cette boîte et en nécessitent le nettoyage journalier. Une porte en tôle ferme bien hermétiquement, à l'avant, la boîte à fumée (voir fig. 44).

§ 4. — LE MÉCANISME EN GÉNÉRAL

Ayant donné aux paragraphes précédents les indications relatives à la production de la vapeur, il nous faut dire maintenant quelle est son action sur le mécanisme destiné à produire le mouvement.

Au départ du *dôme*, la vapeur est amenée, par l'ouverture d'une valve dite *régulateur* et commandée par un levier placé à portée de la main du mécanicien, dans des *cylindres* dont l'axe est horizontal ou légèrement incliné, et qui sont placés en avant de la machine, soit à l'extérieur, soit à l'intérieur du châssis. Dans chacun de ces cylindres, au nombre de 2 ou 4 par locomotive, suivant les types, se trouve un piston sur lequel la vapeur, introduite au moyen d'un appareil de distribution nommé *tiroir*, agit de manière à presser alternativement sur chacune des deux faces pour produire un mouvement de va-et-vient. La vapeur s'échappe ensuite, par un orifice spécial, dans la cheminée de la machine, provoquant par entraînement, un appel d'air au travers du foyer.

Dans les machines à cylindres extérieurs, le mouvement est transmis par *chaque tige* de piston à une *bielle* articulée reliée aux *manivelles* calées sur les *essieux moteurs* (fig. 51) et produisant le mouvement de rotation de ces essieux ainsi que des roues qui font corps avec eux. Pour les locomotives à cylindres intérieurs, les manivelles sur lesquelles agissent les bielles sont formées par un double coude de l'essieu. Les manivelles sont disposées de telle sorte, aux deux extrémités d'un même essieu, que lorsque l'une d'elle est horizontale, l'autre est verticale.

De cette manière, lorsqu'une manivelle est au *point mort* (1), l'autre est dans la position d'action maximum et l'on obtient ainsi un mouvement parfaitement continu. Nous avons déjà dit que, pour augmenter l'adhérence, on réunissait à la roue motrice une ou plusieurs roues voisines de même diamètre, au moyen de bielles d'accouplement.

§ 5. — DISTRIBUTION DE LA VAPEUR

59. Tiroirs plans. — La vapeur, partie du dôme quand le régulateur est ouvert, suit un *tuyau de prise de vapeur* qui se bifurque de

(1) On dit que la manivelle est au *point mort* quand elle se trouve exactement dans le prolongement de la tige du piston et de la bielle motrice.

manière à aboutir, au-dessus de chaque cylindre, dans la *boîte à vapeur* ; celle-ci renferme le tiroir, sorte de petite caisse métallique, de forme parallélopipédique ou cylindrique évidée en **U** et renversée. Ses bords inférieurs, bien dressés, sont maintenus entre deux glissières latérales et appliqués contre la paroi extérieure du cylindre, plane et également bien dressée dite *table des lumières* ou *glace du tiroir*. Sur cette table débouchent les orifices ou *lumières* de trois canaux ménagés dans l'épaisseur du cylindre. Deux de ces canaux, dits de *distribution* aboutissent à l'intérieur et aux extrémités du cylindre, le troisième, médian, est celui d'*échappement*, il débouche dans la cheminée, comme il a déjà été dit.

La figure n° 52 ci-contre indique le mode de fonctionnement du tiroir.

La pression de la vapeur contenue dans la boîte à vapeur A applique le tiroir D, en forme de coquille renversée, contre la table des lumières en recouvrant constamment la lumière d'échappement E et alternativement chacune des deux lumières d'admission FF', laissant l'autre ouverte à l'introduction de la vapeur. Cette dernière agit sur la face correspondante du piston et amène son déplacement, pendant que la vapeur ayant tra-

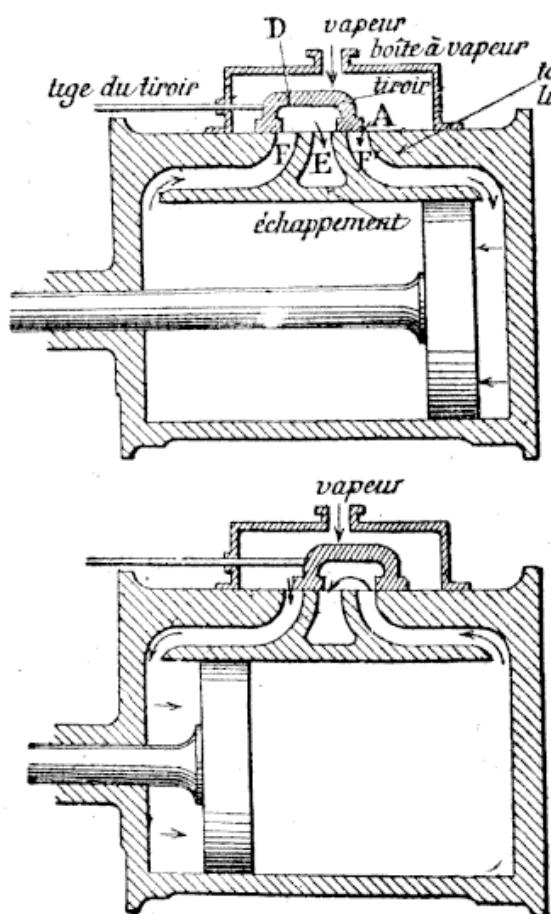


FIG. 52.

vailé sur la face opposée s'échappe par le canal extrême, l'intérieur du tiroir et l'échappement. Le déplacement du tiroir est commandé par un excentrique calé sur l'essieu moteur avec une certaine avance sur le piston. On conçoit que ce tiroir, se déplaçant ainsi, ouvre alternativement chaque orifice d'admission et amène le mouvement de va-et-vient du piston. Ces orifices ne demeurent ouverts et la vapeur n'est admise que pendant une partie de la course du piston ; cette vapeur ainsi enfermée se détend et travaille par sa seule force élastique. Le principe de la

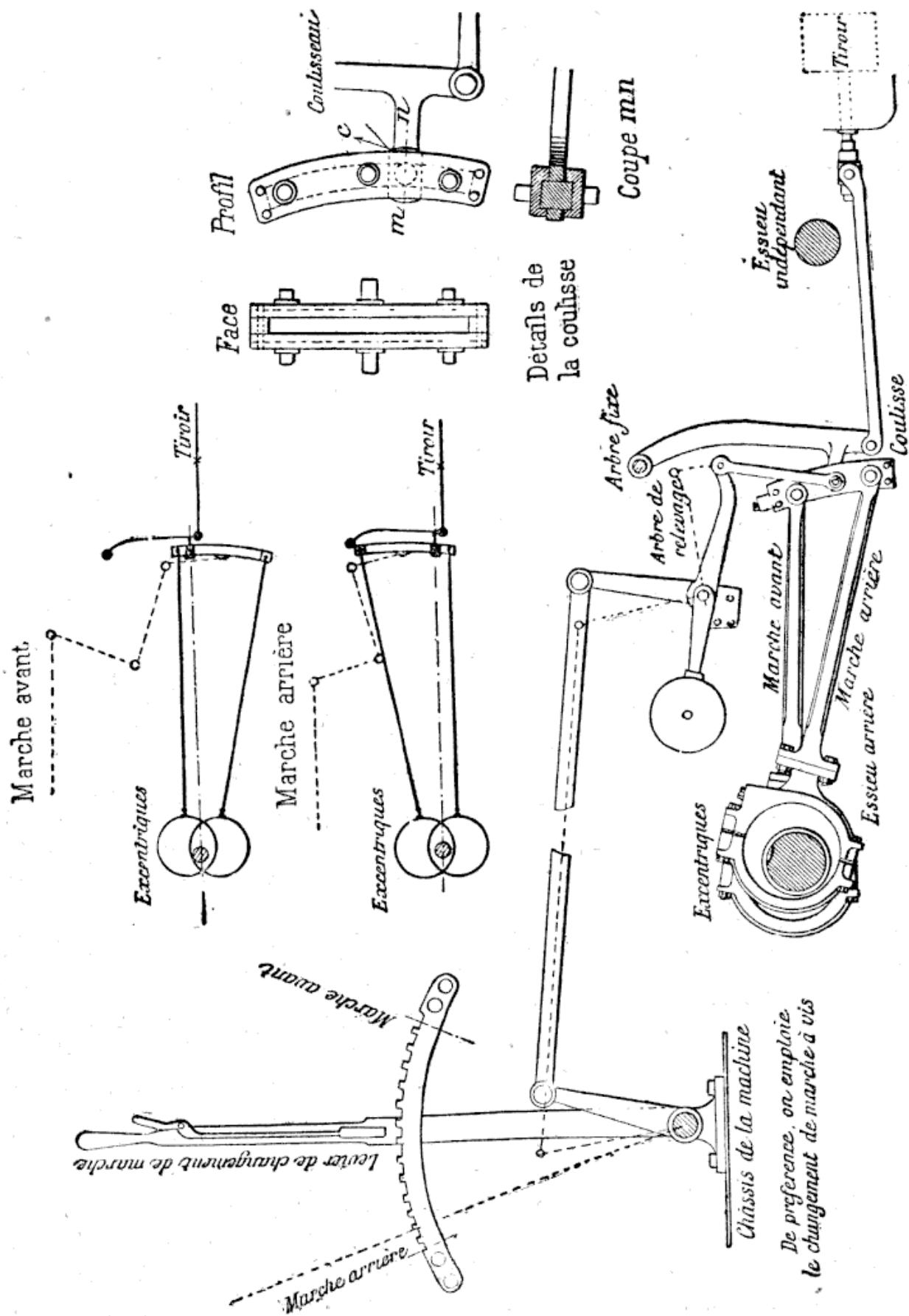


FIG. 53.

Coulisse de Stephenson modifiée (réseau de l'Ouest-État).

distribution est le même que celui des machines fixes. Toutefois la commande du tiroir n'est pas directe, elle s'effectue par l'intermédiaire d'un organe appelé *coulisse*, qui a pour but de modifier, à la volonté du mécanicien, la course du tiroir, c'est-à-dire la *détente* de la vapeur, et aussi d'inverser la distribution, c'est-à-dire de *renverser la marche*.

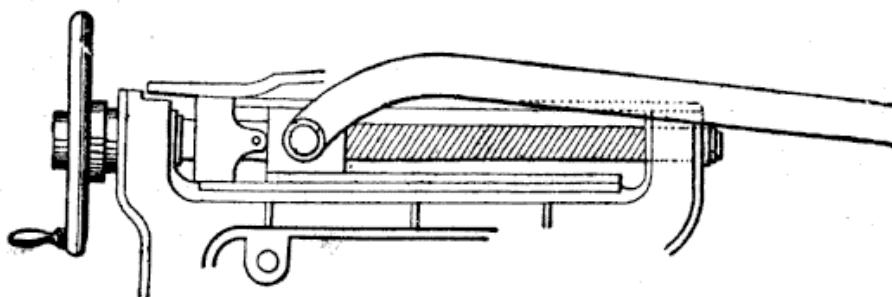


FIG. 54.

Vis de changement de marche.

60. Distributions à deux excentriques. — L'appareil de distribution, dont les figures 53 montrent les divers organes, se compose de deux excentriques disposés symétriquement sur l'essieu moteur et

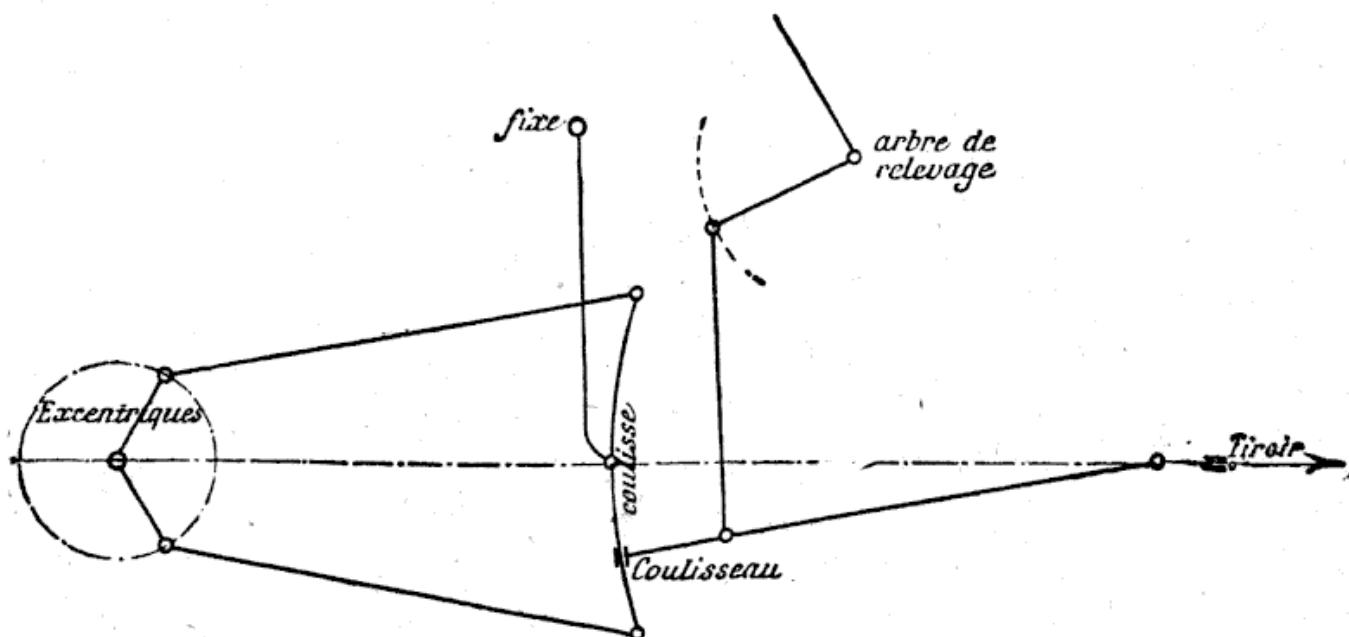


FIG. 55.

Coulisse de Gooch (schéma)

talés sur cet essieu avec l'angle d'avance ordinaire. Les deux *barres* d'excentrique s'articulent aux extrémités d'une pièce en arc de cercle appelée *coulisse*, à laquelle elles donnent un mouvement d'oscillation autour de son centre de suspension. Dans l'évidement ou dans les rainures

des flasques de la coulisse est engagé un *coulisseau* C, solidaire de la tige du tiroir et d'une tige oscillant autour d'un axe fixe. La coulisse, suspendue par son centre, peut-être relevée ou abaissée au moyen d'un système de leviers coudés tournant autour d'un axe B, dit *arbre de relevage*. On peut amener ainsi le coulisseau qui, lui, reste toujours à la même hauteur, à être conduit par l'un ou par l'autre excentrique et donner ainsi la marche avant ou la marche arrière. On peut également arrêter le coulisseau en des points intermédiaires, ce qui a pour résultat de modifier la détente.

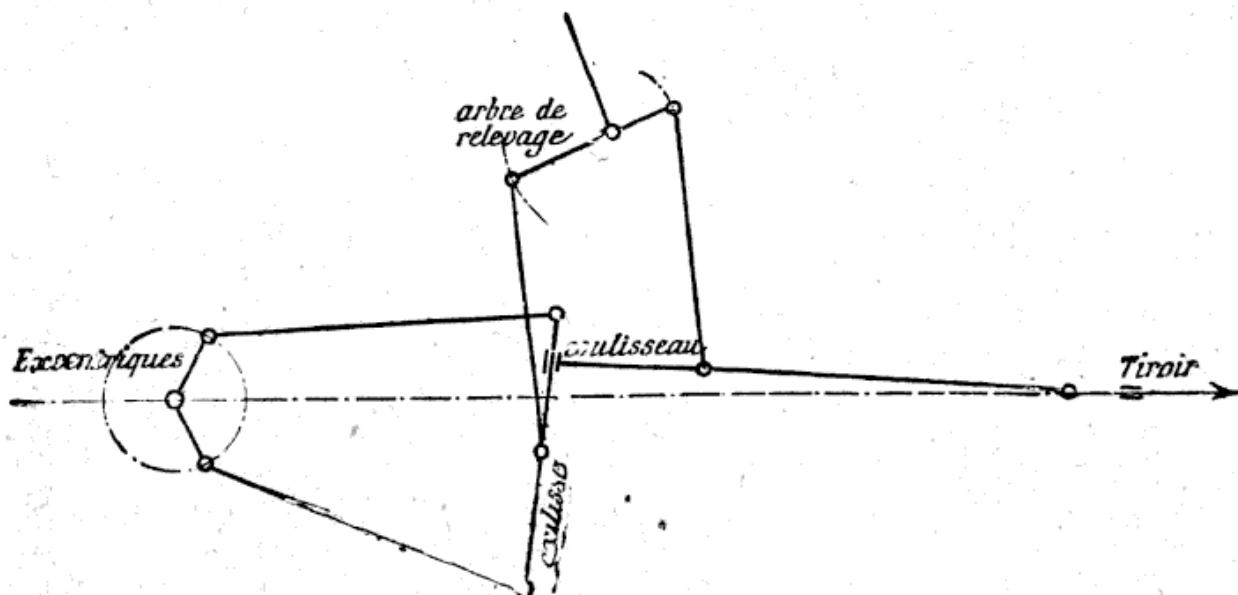


FIG. 56.

Coulisse d'Allan (schéma).

La commande de l'arbre de relevage s'effectue au moyen d'un *levier*, dit *de changement de marche*, se déplaçant devant un secteur à crans ou, plus habituellement, au moyen d'un *volant de changement de marche* à vis (fig. 54), disposés sur la plate-forme de la locomotive, à la portée du mécanicien (1).

La coulisse dite « de Stéphenson », qui vient d'être décrite, est la plus

(1) Sur les locomotives puissantes, le frottement des tiroirs sur leurs tables et des tiges dans leurs garnitures rend pénible la manœuvre du levier de changement de marche ; cette manœuvre n'est pas non plus sans danger car, mal enclenché sur son secteur, le levier peut se déplacer brusquement et blesser le mécanicien. Ce sont là les raisons qui ont fait substituer au levier en question le *volant de changement de marche*.

Dans certains cas on facilite encore la manœuvre du changement de marche par l'addition, au système à vis, d'un appareil à contrepoids de vapeur.

ancienne et se trouve encore couramment employée sur des locomotives de faible tonnage. Sur les nouvelles et fortes locomotives, on installe plutôt maintenant des distributions à coulisses, système de Gooch (fig. 55), d'Allan (fig. 56) ou de Walschaerts, basées sur le même principe, mais à un seul ou même sans excentrique. La distribution de Walschaerts, dont nous donnons ci-après le croquis (fig. 57), est une des plus répandues.

61. Distribution Walschaerts. — Le mécanisme de distribution de Walschaerts n'a qu'un excentrique réduit à un simple bouton sur une contre-manivelle quand il est à l'extérieur de la machine. Cet excentrique unique est calé à angle droit sur la manivelle motrice ; il fait osciller une coulisse autour de tourillons fixés en son milieu. Une bielle T, rattachée

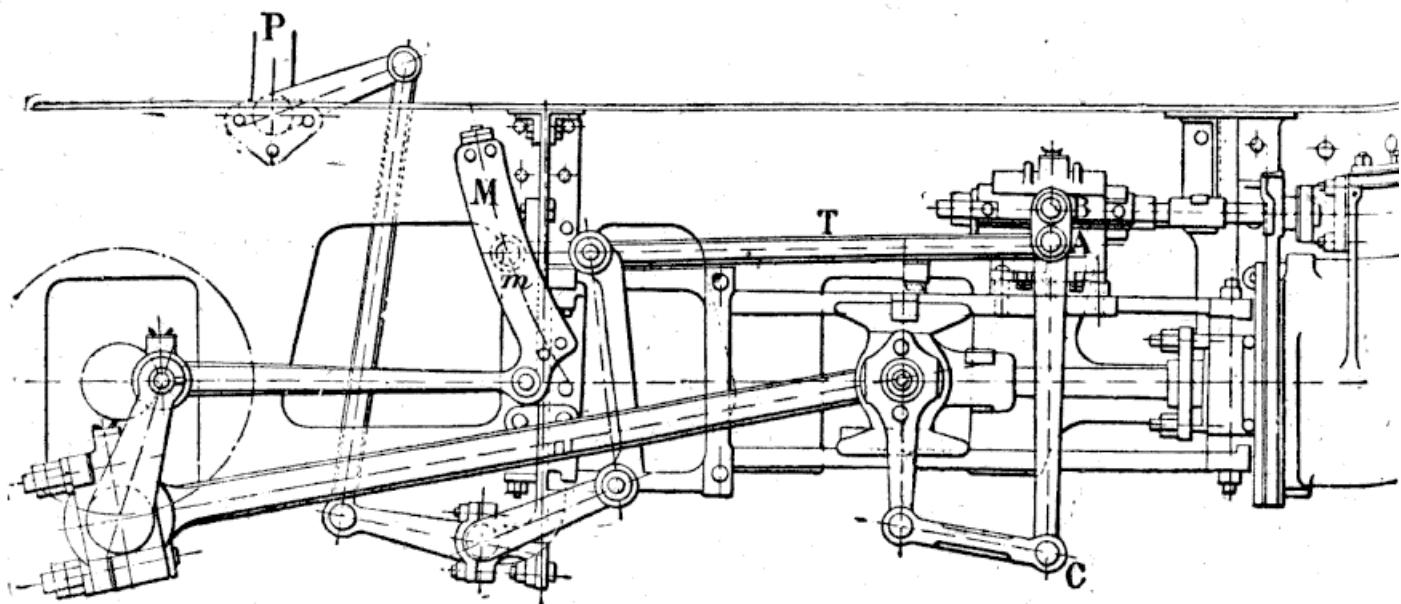


FIG. 57.

Distribution Walschaerts d'une locomotive-tender du chemin de fer du Nord.

par une tige de suspension au levier de l'arbre de relevage, se termine par un coulisseau qui se déplace dans la coulisse M quand on manœuvre cet arbre de relevage. L'autre extrémité de la bielle est articulée en A, non sur la tige du tiroir, mais sur un levier dit *levier d'avance*, dont une extrémité C suit le mouvement de la tête du piston et dont l'autre extrémité B entraîne la tige du tiroir, guidée en ligne droite.

Le rayon de la coulisse est égal à la longueur de la bielle T. Quand la manivelle motrice est à un point mort, le centre de la coulisse se trouve

précisément au point A, extrémité de la bielle, de sorte qu'on peut promener le coulisseau *m* le long de la coulisse M, en manœuvrant l'arbre de relevage P, sans que le tiroir se meuve : il a donc des avances linéaires constantes.

62. Distribution sans excentrique. — Certains systèmes de distribution, employés sur les locomotives, n'ont pas du tout d'excentrique et comportent une prise de mouvement sur le corps même de la bielle motrice.

Par exemple, sur certaines locomotives des chemins de fer de

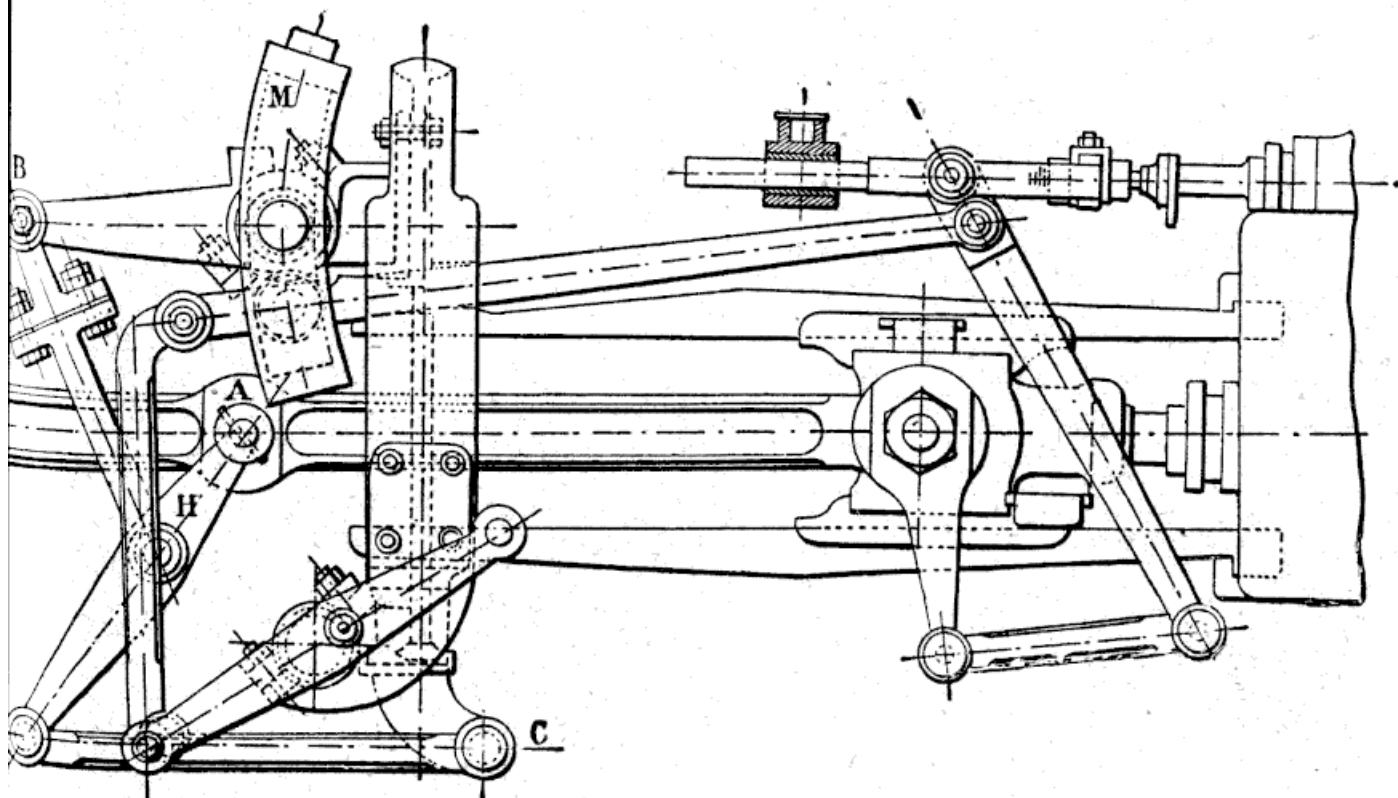


FIG. 58.

l'Ouest-État (ancien réseau de l'Ouest), on trouve un mécanisme analogue à celui de Walschaerts, où l'excentrique qui fait osciller la coulisse est remplacé par un système articulé d'une part, vers le milieu de la bielle motrice, en A, et, d'autre part, à l'extrémité d'un levier calé sur l'axe d'oscillation, perpendiculairement à la coulisse.

La figure 58 ci-dessus montre que ce système comprend : un levier articulé en un point fixe C sur le support des glissières ; un second levier articulé en D sur le premier et en A sur la bielle motrice, un troisième

levier articulé en un point intermédiaire H du second et à l'extrémité B de la tige perpendiculaire à la coulisse M. Le point intermédiaire est choisi sur le second levier, de manière à décrire une courbe se rapprochant d'une circonférence.

63. Tiroirs cylindriques. — Nous avons donné plus haut quelques indications sur le fonctionnement des tiroirs plans ordinairement employés pour la distribution de la vapeur dans les cylindres.

Vers 1880, M. Ricour, alors Ingénieur en chef de la traction aux chemins de fer de l'Etat, a étudié et fait appliquer un système nouveau de tiroirs cylindriques, qui s'est répandu depuis, en France et à l'étranger. Les tiroirs cylindriques ont l'avantage de consommer moins de travail en

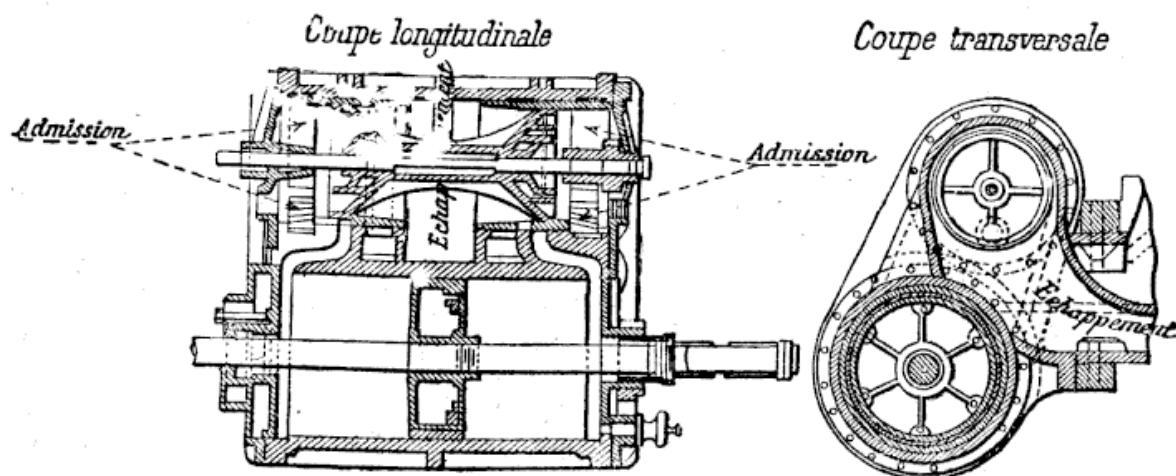


FIG. 59.

Tiroir cylindrique avec admission par les bords extérieurs

frottements que les tiroirs plans ordinaires et, par suite, de s'user moins vite en ménageant aussi les mécanismes de distribution. Ils permettent en outre d'obtenir facilement de plus grandes sections de passage pour la vapeur. Malgré certaines complications accessoires (soupapes de rentrée d'air et même soupapes de sûreté sur les cylindres) ils paraissent devoir améliorer sérieusement la distribution, surtout pour les locomotives appelées à traîner de fortes charges.

Nous en donnons ci-dessus un croquis (fig. 59).

On voit que le tiroir est formé de deux pistons conjugués qui se meuvent dans un cylindre entouré de deux lumières annulaires. C'est le passage des arêtes circulaires du tiroir cylindrique sur les arêtes également circulaires des lumières qui distribue la vapeur. Toutefois ces

lumières ne peuvent être ouvertes sur leur circonférence entière, parce que les arêtes du piston pourraient heurter celles des lumières ; on les interrompt par une série de barrettes pleines qui prolongent la surface cylindrique et supportent le tiroir piston en une série de points suffisamment rapprochés. Ces barrettes enlèvent environ un tiers de la section de passage, mais celle-ci reste quand même sensiblement plus grande qu'avec des tiroirs plans.

Le tiroir cylindrique qu'on appelle aussi *piston distributeur*, entraîne la suppression de la lumière centrale d'échappement, assez compliquée, que nécessitent les tiroirs plans ; il suffit de brancher le tuyau d'échappement vers le milieu du cylindre où joue le tiroir cylindrique. La vapeur de la chaudière doit, d'ailleurs, être amenée aux deux extrémités, sur les faces extérieures des deux pistons conjugués.

On peut aussi disposer le tiroir cylindrique de manière à faire arriver la vapeur entre les pistons et la faire échapper aux deux extrémités.

64. Contre-vapeur. — En inversant la distribution, en cours de marche, on s'oppose à la marche en avant, et la vapeur, agissant alors en sens inverse de l'impulsion donnée antérieurement aux pistons, tend à arrêter leur mouvement ; elle agit ainsi comme frein. C'est ce que l'on appelle la *contre-vapeur*. Son usage augmente notablement la puissance du freinage, mais il demande, de la part du mécanicien, une grande prudence, et l'emploi simultané de petits injecteurs d'eau chaude et de vapeur dans les conduits d'échappement, pour éviter les échauffements. Quand ces conditions sont convenablement remplies, les cylindres et les tiroirs ne sont pas plus fatigués que dans la marche normale.

§ 6. — MACHINES COMPOUND

Dans les machines à simple distribution, ainsi que nous venons de le voir, la vapeur, après avoir travaillé avec plus ou moins de détente dans le cylindre, s'échappe dans l'atmosphère ; elle possède encore à ce moment, une certaine force élastique qui est perdue. On a cherché à utiliser cette force en recueillant la vapeur dans un réservoir à sa sortie du cylindre et en la faisant travailler ensuite dans un autre cylindre possédant ses organes de distribution comme le premier ; c'est le principe

des machines *compound* (composées). Elles sont formées d'un cylindre dans lequel la vapeur de la chaudière est admise à pleine pression et dont l'échappement s'effectue dans un réservoir intermédiaire alimentant le deuxième cylindre, plus grand que le premier. Ce dispositif permet d'utiliser plus complètement la vapeur qui, travaillant d'abord à haute pression (16 kilogs par exemple) peut avoir encore dans le grand cylindre une tension de 3 à 4 kilogs. Les locomotives comportent ordinairement deux machines compound, c'est-à-dire quatre cylindres disposés : deux à l'extérieur du châssis et deux à l'intérieur. Les pistons attaquent parfois un seul essieu moteur, mais le plus généralement deux essieux : on a fait aussi des machines compound à 2 et à 3 cylindres. Toutefois, ces dernières ne se sont pas répandues.

Un dispositif permet, au besoin, d'admettre la vapeur de la chaudière dans le réservoir intermédiaire, pour faire fonctionner les quatre cylindres à pleine pression et augmenter temporairement la puissance de la vapeur pour un démarrage ou pour gravir une rampe.

Jusqu'à ces dernières années, la locomotive compound était à la fois la plus puissante et la plus économique. Un autre type de locomotive vient de réaliser, plus simplement, les mêmes avantages. C'est la locomotive dite à « surchauffe ».

§ 7. — MACHINES A SURCHAUFFE

La surchauffe, appliquée depuis longtemps déjà dans les machines fixes, consiste à recueillir, dans un réservoir spécial nommé *surchauffeur*, la vapeur saturée prise dans la partie la plus élevée de la chaudière et à la chauffer à nouveau, c'est-à-dire à la *surchauffer* jusqu'à la transformer en une sorte de gaz. Les condensations dans les cylindres, au moment du travail, sont ainsi, en partie, évitées ; la vapeur est mieux utilisée et on réalise une économie de combustible comparable à celle réalisée par le compoundage.

Il existe d'assez nombreux types de « surchauffeurs ». Le plus répandu est le surchauffeur Schmidt dont nous donnons ci-après (fig. 59 bis) un schéma.

Ce surchauffeur est installé dans la partie supérieure du faisceau tubulaire de la chaudière et consiste en un certain nombre de tubes de faible diamètre logés, pour éviter les coups de feu, dans des tubes

à fumée de gros diamètre : 100 à 130 millimètres. Ces derniers, au nombre d'une trentaine, contiennent chacun deux tubes du surchauffeur qui aboutissent à deux collecteurs : l'un de vapeur saturée et l'autre de vapeur surchauffée. C'est dans ce dernier que se fait la prise de vapeur.

Avec cette disposition, on obtient assez facilement de la vapeur à 300 degrés. Cette température ne doit d'ailleurs pas être sensiblement dépassée pour que la lubrification des cylindres puisse toujours être assurée convenablement.

La surchauffe permet une économie de 10 p. 100 de charbon et de

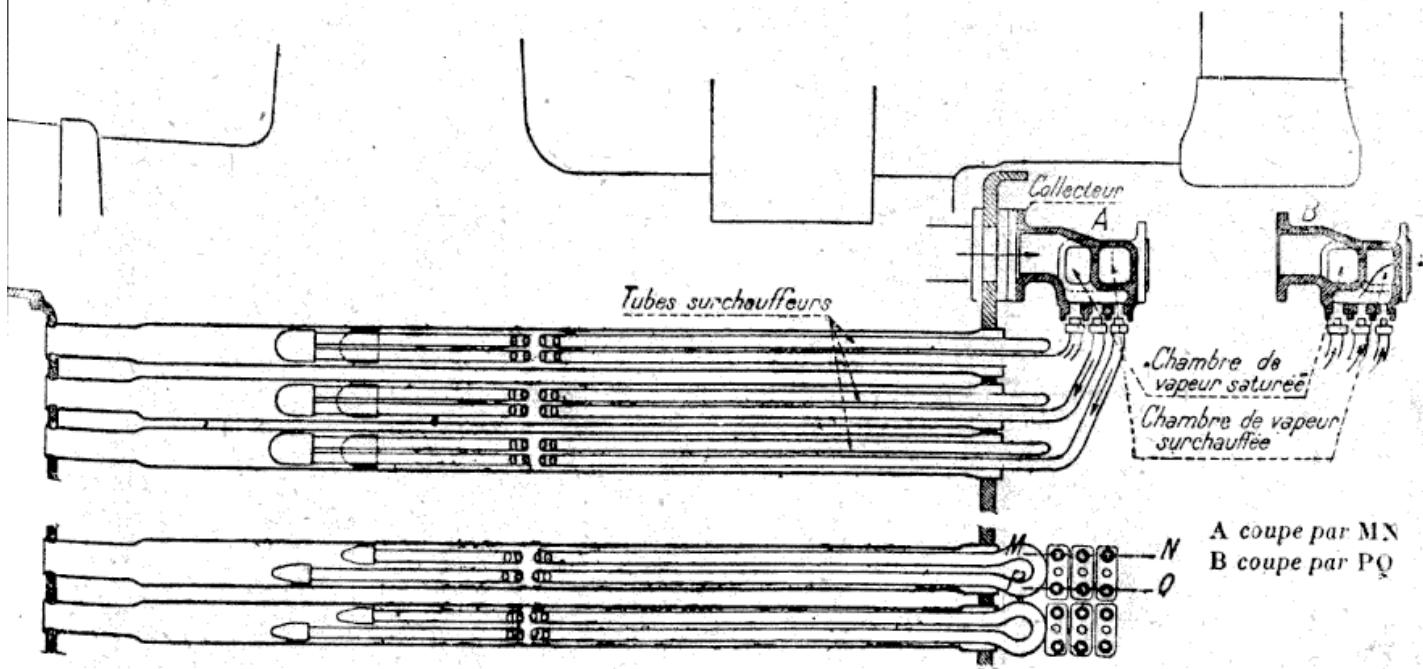


FIG. 59 bis.
Surchauffeur Schmidt.

18 p. 100 d'eau. Elle peut ainsi remplacer le compoundage avec le double avantage d'un abaissement possible du *timbre* de la chaudière et d'une simplification du mécanisme. Son application s'étend de plus en plus.

§ 8. — DISPOSITIFS EMPLOYÉS POUR FACILITER LE PASSAGE DES VÉHICULES DANS LES SINUOSITÉS DE LA VOIE

65. Bogie. — Le bogie (fig. 60) est un petit chariot ou *truck*, à quatre roues de faible diamètre et à essieux rapprochés, portant à sa partie centrale une sorte de bâti en acier moulé, destiné à supporter un pivot servant à la fois de point d'appui et de centre de rotation pour

faciliter le passage des véhicules dans les courbes. La charge repose souvent sur le bâti par l'intermédiaire de forts ressorts transversaux à lames, tandis que le châssis repose sur chacune des quatre boîtes à graisse, par l'intermédiaire de ressorts de suspension ordinaires.

On place le bogie sous tous les véhicules à grand empattement, sous les tenders de grande capacité ainsi qu'à l'avant, et parfois aussi à l'arrière, de certaines locomotives.

Le bogie pouvant librement tourner autour de son pivot, on comprend

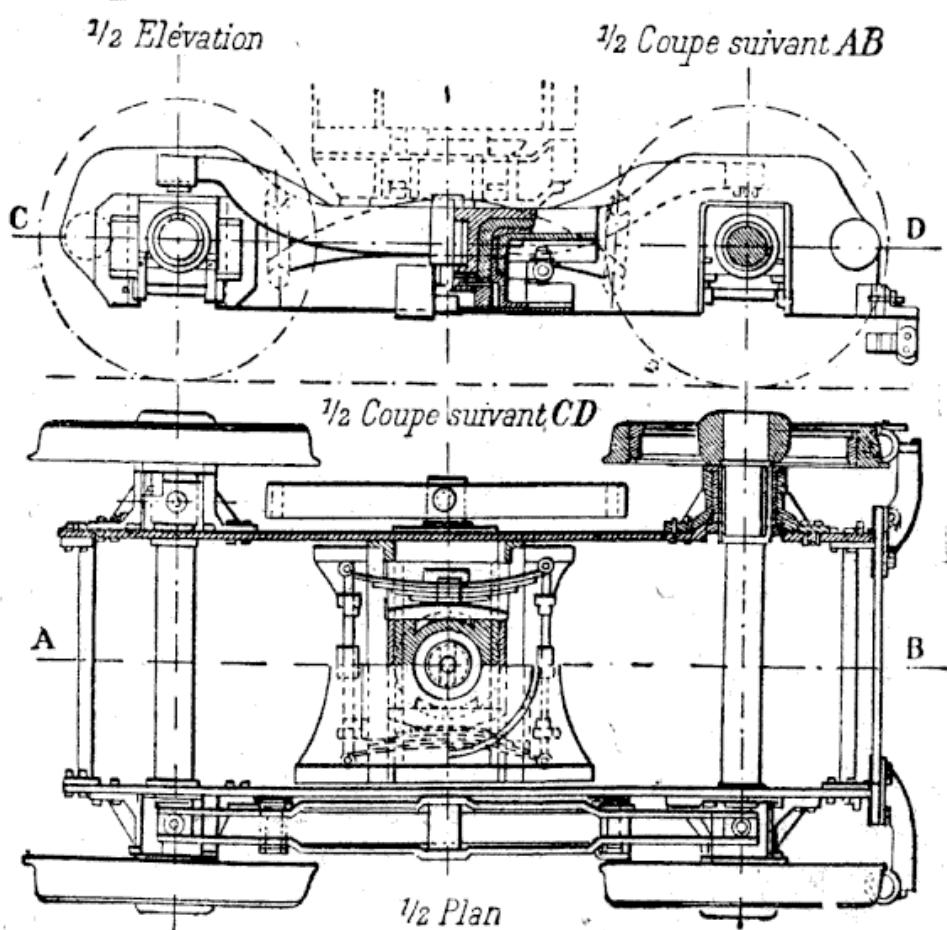


FIG. 60.

que son axe transversal puisse toujours prendre la position radiale qui est commandée par le rayon des courbes.

Si donc on place un bogie à chaque extrémité d'une voiture à grand empattement, celle-ci s'inscrira dans les courbes sans aucune difficulté, la caisse de la voiture étant guidée par les deux pivots qui commandent son axe longitudinal. On voit que, dans ce cas, ce n'est plus l'empattement de la voiture, mais bien celui du bogie qui détermine la limite du

rayon minimum. Toutefois, dans la pratique, on se tient notamment au-dessus de cette limite, afin de permettre la circulation en vitesse.

Pour les tenders, qui ne sont généralement pas d'une grande longueur, on emploie les bogies afin d'assurer une meilleure répartition de la charge sur la voie. Les bogies étant en effet d'une construction très ramassée, grâce à leurs roues de faible diamètre et à leur système de suspension des charges, peuvent se loger à deux, soit quatre essieux sous un tender qui aurait dû, sans cela, porter seulement sur trois essieux au plus.

Quant aux bogies placés à l'avant des locomotives, ils présentent une particularité qu'il y a lieu de signaler.

La charge portée sur le centre du bogie fait partie d'une masse (la chaudière et le foyer) dont la position, par rapport à l'axe de la voie, dépend de celle des roues motrices. Dès lors, quand le bogie atteindra une courbe, il subira un déplacement latéral qui rendra nécessaire un déplacement correspondant de la cheville ouvrière qu'il porte, puisque la partie avant de la locomotive, guidée par ses roues d'arrière n'a pu suivre le déplacement latéral du bogie.

Ce déplacement est rendu possible, soit au moyen de glissières ménagées sur le bâti central et sur lesquelles peut coulisser le support du pivot, soit au moyen de plans inclinés convergeant vers l'axe longitudinal et sur lesquels peut s'opérer un mouvement de glissement du support du pivot. Dans les deux cas, ce mouvement est limité par des butées spéciales ou par des ressorts à lames horizontaux, disposés de part et d'autre du support et conjugués entre eux de manière à toujours travailler ensemble. Ces dispositions ont aussi pour effet de ramener le support du pivot à sa position moyenne dès qu'il n'est plus sollicité par un effort latéral.

En outre, pour parer aux différences éventuelles du niveau des deux rails de la voie, notamment au passage des courbes, on donne souvent au pivot et à sa crapaudine une forme sphérique, qui permet au bogie une certaine inclinaison latérale. De même, pour établir une plus grande solidarité entre le bogie et le véhicule qu'il supporte, on le rattache souvent à celui-ci par des bielles verticales disposées, en avant et en arrière du pivot, de manière à ne pas gêner les mouvements latéraux du bogie, tout en empêchant que le pivot ne quitte sa crapaudine.

La charge portée par les bogies est transmise du pivot aux fusées intérieures des essieux par le bâti qui vient s'appuyer, de chaque côté,

sur le sommet d'un ressort à lame unique faisant lui-même office de balancier. Le ressort est suspendu, par ses deux extrémités, à une sorte de longeronnet spécial, ou *cavalier*, formé de deux flasques jumelles convenablement entretoisées et dont les extrémités reposent directement sur les boîtes des essieux.

Le bogie de locomotive ne s'emploie généralement que pour les machines de vitesse ; il constitue alors une amélioration sérieuse, en raison de la facilité qu'il donne au véhicule de s'inscrire dans toutes les courbes. Il est, au contraire, une mauvaise solution pour les machines à marchandises, car il s'oppose à l'accouplement de tous les essieux porteurs et diminue ainsi le poids adhérent utilisable. On lui préfère alors le *bissel*.

66. **Bissel.** — Le bissel tient son nom d'un ingénieur américain qui l'imagina vers 1857. C'est une sorte de truck très robuste, à un seul essieu, articulé autour d'un axe vertical situé à l'arrière ou à l'avant de l'essieu et porté par le châssis principal du véhicule.

C'est, en somme, un demi-bogie dont le bâti du pivot est au-dessus de l'essieu et dont la cheville ouvrière est placée, non plus au centre de figure du chariot, mais en un point situé sur le prolongement de son axe longitudinal, soit en arrière, soit en avant de l'essieu. En principe, les deux essieux extrêmes d'un même véhicule muni de bissels doivent concourir au centre de la courbe en même temps que l'axe transversal du véhicule, ce qui ne peut être réalisé que si les chevilles ouvrières sont placées en des points situés à égale distance des essieux et de l'axe transversal. On a alors :

$$AB = BD \text{ et } AC = CE.$$

Le croquis ci-après donne le schéma des bissels pour une voiture à trois essieux (fig. 61).

Mais les bissels s'appliquent surtout aux locomotives et notamment à leur essieu d'avant. Ils présentent dans ce cas quelques particularités.

La cheville ouvrière se trouve ordinairement à l'arrière de l'essieu d'avant, fixée au châssis.

Les boîtes de l'essieu mobile sont chargées par l'intermédiaire de ressorts à lames, rattachés aux longerons de la locomotive par de courtes tiges de suspension mobiles *m, n*. Ces ressorts portent à leur convexité sur une chandelle qui passe dans deux guides verticaux cylindriques

ayant le jeu nécessaire pour permettre une certaine inclinaison de la chandelle et qui est terminée par une partie sphérique fixée sur le dessus des boîtes. Quant au pivot central A, il pénètre dans le logement qui lui est ménagé dans le bâti sans en atteindre le fond, afin de permettre les

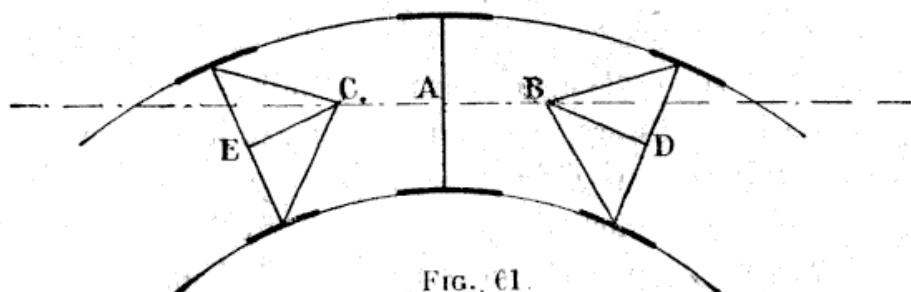


FIG. 61.

mouvements verticaux dûs à la flexion des ressorts pendant la marche.

Le déplacement transversal du porte-pivot est obtenu par un glissement dont l'amplitude est réglée par de forts ressorts hélicoïdaux à axe horizontal B, B', ainsi que par des butées fixes à la limite de compression

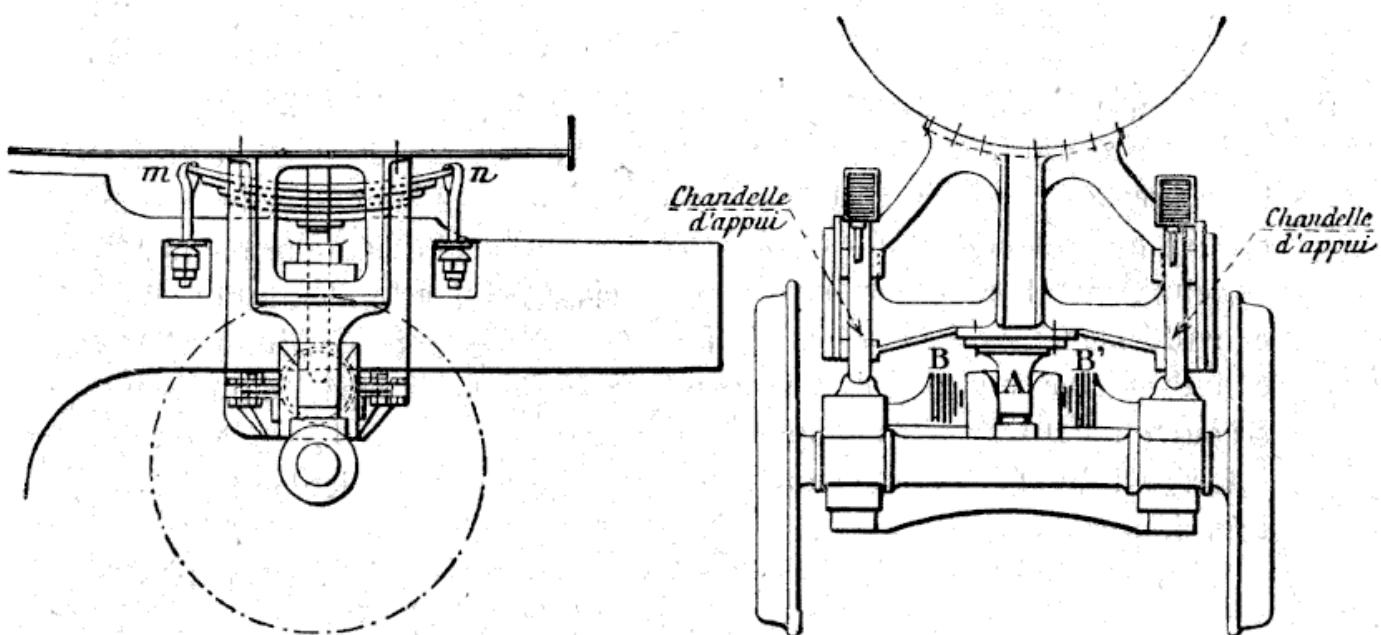


FIG. 62.

de ces ressorts. Le pivot tend ainsi à reprendre sa position moyenne dès qu'il n'est plus sollicité par un effort latéral.

Les croquis ci-dessus en donnent les dispositions principales (fig. 62).

Quelquefois le bissel est complété par un balancier placé dans l'axe longitudinal et dont le pivot est fixé au châssis de la locomotive, tandis que ses deux extrémités s'appuient, d'une part, sur une pièce reliant les

deux ressorts de suspension de l'essieu moteur le plus voisin et, d'autre part, au-dessus du pivot central du bissel. Ce balancier a pour but de mieux répartir les efforts verticaux entre l'essieu moteur et le bissel, pendant la marche.

67. Boîtes radiales. — Les boîtes radiales ont pour but d'obliger l'essieu, quand il se déplace, à tourner autour d'un axe vertical, en le guidant autour de glissières cylindriques dont le centre est placé au point d'articulation du truck de bissel 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 pas s'y produire de coincement quand l'essieu s'incline transversalement.

68. Articulation de deux groupes d'essieux. — Enfin, pour concilier l'adhérence totale avec une grande flexibilité de la locomotive, notamment sur les lignes à voie étroite où le rayon des courbes est très réduit, on peut, pour les locomotives compound, employer le système Mallet, qui réalise la commande séparée de deux groupes d'essieux formant deux trains qui supportent la locomotive. Les essieux du groupe d'arrière sont montés à la manière ordinaire dans le châssis de la locomotive et sont commandés par les deux cylindres à haute pression ; les essieux d'avant sont portés par un truck spécial articulé autour d'une cheville placée vers le milieu de la locomotive et sont conduits par les cylindres à basse pression. Un tuyau flexible amène la vapeur d'un groupe à l'autre : ce tuyau n'est soumis qu'à la pression assez faible du réservoir intermédiaire. L'échappement final exige aussi une articulation qui est très simple.

§ 9. — INDICATEURS ET ENREGISTREURS DE VITESSE

69. Objet et classification de ces appareils. — Il est de la plus grande utilité, tant pour le service de la traction que pour celui de la voie, de pouvoir contrôler, d'une façon pratique et à tout moment, les vitesses de marche des locomotives.

On se sert, pour cela, d'appareils qui peuvent être soit seulement indicateurs, soit à la fois indicateurs et enregistreurs.

Nous dirons tout d'abord qu'on donne la préférence aux appareils *enregistreurs* qui laissent trace des observations faites.

Les appareils enregistreurs de vitesse sont de deux natures, suivant qu'ils sont établis sur la voie ou portés par les locomotives.

70. Enregistreurs établis sur la voie. — La vitesse étant le rapport du chemin parcouru au temps employé à le parcourir, il s'ensuit que pour relever une vitesse en un point donné, il faut choisir deux repères fixes, séparés par un intervalle connu et observer le temps employé pour franchir cet intervalle.

Divers appareils ont été établis pour obtenir ce résultat ; les uns fixes les autres mobiles (1).

a) Appareil Rabier-Leroy. — Parmi les appareils fixes, on peut citer celui de MM. Rabier et Leroy, employé par la Compagnie d'Orléans. Avec cet appareil, la mesure du temps est faite au moyen d'un pendule battant la seconde. La vitesse s'évalue sur une longueur de 100 mètres, mesurée par l'écartement de deux pédales qui agissent électriquement sur le pendule, l'une pour le mettre en mouvement, l'autre pour l'arrêter. L'enregistrement se fait sur un cadran en papier, divisé en 60 secondes, lequel est fixé sur un plateau en cuivre auquel un mouvement d'horlogerie, commandé par le pendule, fait faire un tour complet en une minute. Lorsque le cadran tourne, c'est-à-dire lorsqu'un train franchit l'intervalle des deux pédales, un style, porté par une crémaillère verticale à dents espacées de 0 m. 002, vient tracer sur ce cadran un arc de cercle qui sert de mesure graphique de la vitesse du train. A chaque mise en marche, la crémaillère du style descend d'une dent, de sorte que l'arc de cercle correspondant à un train est nettement séparé de l'arc précédent et du suivant par des ressauts de 0 m. 002.

On voit que cet appareil peut enregistrer la vitesse d'un grand nombre de trains consécutifs. Il ne demande pour cela qu'un remontage périodique du mouvement d'horlogerie et le changement du cadran de papier de temps en temps.

b) Appareil Sabouret. — Parmi les appareils mobiles ou portatifs, nous citerons l'appareil Sabouret qui, entre autres avantages, a celui de pouvoir être placé en un point quelconque de la voie.

(1) La description complète de ces appareils avec dessins à l'appui, est donnée dans le numéro de septembre 1889 de la *Revue générale des Chemins de Fer*.

La longueur sur laquelle se mesure la vitesse est déterminée par l'écartement de deux pédales qu'on applique contre le rail et qui sont actionnées successivement par la première roue de la machine. Le temps est évalué au moyen d'un diapason donnant le « *la normal* » et dont les vibrations sont enregistrées. Ce diapason produit quand il résonne 435 vibrations doubles par seconde. Le temps t , compté en secondes et correspondant à n vibrations, est donc égal à $\frac{n}{435}$, et si les pédales sont distantes d'une longueur l , la vitesse en kilomètres à l'heure d'un train qui met t secondes à parcourir cette longueur, est :

$$V = \frac{l \times 3,6}{t} = \frac{l \times 3,6 \times 435}{n} = \frac{l \times 1566}{n}.$$

On voit que, dans cette formule, c'est un nombre de vibrations qui est substitué à l'expression du temps ; comme ce nombre est relativement grand, il s'ensuit que l'intervalle entre les deux pédales peut être réduit à une faible longueur, 6 mètres par exemple, ce qui facilite l'installation de l'appareil en assurant néanmoins une appréciation très suffisamment approchée de la vitesse.

Dans son ensemble, l'appareil se compose de quatre pédales et d'un appareil enregistreur relié aux pédales par des tubes en caoutchouc.

Chaque pédale est formée d'un petit cylindre en bronze de 0 m. 04 environ de diamètre et de 0 m. 05 de hauteur, percé au centre d'un trou dans lequel un bouchon de liège s'enfonce à frottement dur. Le fond de ce cylindre est mis en communication avec l'appareil enregistreur par un tube en caoutchouc de 4 millimètres de diamètre intérieur.

Le bouchon de chacune des quatre pédales est enfoncé successivement par la première roue de la machine et les chasses d'air qui en résultent, conduites par les tubes jusqu'à l'appareil enregistreur, servent : la première à mettre l'appareil en marche, les autres à faire marquer trois repères le long de la courbe des vibrations du diapason.

Le nombre des vibrations comprises entre les repères des pédales 2 et 4 donne la mesure du temps mis par la première roue de la machine à franchir l'intervalle qui les sépare. La pédale 3 ne sert qu'à vérifier l'opération (1).

(1) La pédale 3 étant équidistante des pédales 2 et 4, le repère qu'elle fait marquer doit être à égale distance des deux autres.

L'appareil enregistreur proprement dit comprend : un diapason, au sommet duquel est fixé un crin servant de style ; un petit marteau en bois, destiné à frapper le diapason pour le faire vibrer quand l'air comprimé a déclenché le marteau et un cylindre en laiton, de 60 millimètres de diamètre et de 50 millimètres de hauteur, qu'on entoure à chaque opération d'une feuille de papier blanc, préalablement enduite de noir de fumée à la flamme d'une bougie résineuse.

Le cylindre, mobile autour d'un axe vertical en fer au sommet duquel il est placé, reçoit par un butoir l'impulsion d'un ressort qui lui communique un mouvement de rotation. Le poids du cylindre transforme ce mouvement de rotation en mouvement hélicoïdal descendant que guide un ergot entrant dans une rainure en hélice gravée sur l'arbre.

L'appareil comporte encore deux crochets qui retiennent, l'un le cylindre, l'autre le marteau, quand leurs ressorts sont tendus, et qui sont soulevés en même temps par un petit soufflet en caoutchouc auquel aboutit le tube de la première pédale.

Une soupape Guattari, en laiton, au centre de laquelle viennent se réunir, sur un tube unique, les trois tubes des pédales 2, 3 et 4, complète le système. Elle est disposée de telle sorte qu'à chaque impulsion d'air son couvercle se soulève et fait agir un levier coudé dont l'extrémité trace sur le cylindre les traits de repère correspondant au passage de la roue sur les pédales.

Après le passage d'un train on retire de la caisse contenant l'enregistreur le cylindre avec son arbre, on fixe le noir de fumée en trempant la feuille de papier dans une solution de gomme laque, et l'on a une épreuve donnant une ligne ondulée

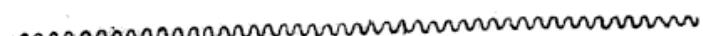


FIG. 63.

sur laquelle, les repères étant marqués, on peut compter les vibrations et calculer, par suite, la vitesse, à l'aide de la formule donnée plus haut.

Cet appareil qui ne pèse que 4 kil. 200, est facilement transportable et peut être appliqué au point précis de la voie où l'on a intérêt à observer la vitesse. Il peut en outre, être noyé dans le ballast et dissimulé ainsi aux yeux des mécaniciens.

La pratique a montré qu'il permet de mesurer les vitesses avec une erreur inférieure à 2 p. 100.

Il va sans dire que l'appareil doit être remis en état après chaque constatation et qu'il exige, par suite, la présence permanente d'un agent si l'on veut relever la vitesse de plusieurs trains successifs.

M. Sabouret a imaginé et fait établir un autre appareil qui n'est plus que semi-mobile et peut enregistrer automatiquement la vitesse de tous les trains passant dans un délai déterminé, 24 heures par exemple. Ce nouvel appareil comporte l'emploi de deux pédales électriques espacées de 100 mètres et montées de telle façon que, lors du passage d'un train, la première établit un courant électrique, lequel est ensuite coupé par la deuxième pédale. L'ordonnée tracée sur un cylindre enregistreur, sous l'action de ce courant temporaire, est proportionnelle au temps mis par le train à parcourir l'intervalle de 100 mètres qui sépare les pédales ; elle est donc inversement proportionnelle à la vitesse de ce train.

Le cadre de notre cours ne nous permet pas d'entrer dans de plus longs développements à ce sujet, mais les élèves pourront se reporter, s'ils le désirent, au numéro de septembre 1891 de la *Revue générale des Chemins de Fer* où l'appareil est décrit en détail.

Beaucoup d'autres appareils atteignent d'ailleurs le même but, bien que fondés sur des principes divers, mais ceux que nous avons indiqués suffisent à donner l'idée de ce que l'on peut obtenir des enregistreurs établis sur la voie. Il nous reste à dire quelques mots des enregistreurs portés par les locomotives.

71. Enregistreurs portés par les locomotives. — Une circulaire du Ministre des Travaux publics en date du 28 mai 1897, adressée aux administrateurs des compagnies de chemins de fer français et au réseau de l'Etat, a recommandé l'application progressive des indicateurs enregistreurs de vitesse sur toutes les locomotives, sans préjudice des appareils placés sur la voie ou des constatations faites dans les trains par des agents porteurs de tachymètre ou de compte-secondes.

Les types d'enregistreurs portés par les locomotives sont très variés mais leur principe est toujours le même. L'indication de la vitesse est fournie au mécanicien par une aiguille qui se meut sur un cadran convenablement gradué, et l'enregistrement se fait sur une bande de papier ou sur un disque de carton, mis en marche par un mouvement d'horlogerie et sur lesquels sont tracées les vitesses réalisées pendant tout le parcours de la machine.

L'appareil est commandé par une des roues de la locomotive, ou par

un point d'une bielle d'accouplement, ou encore par un galet qui appuie sur le bandage. C'est alors le rapport du nombre de tours de la roue ou du galet au temps employé à le produire, constaté par un appareil chronométrique, qui donne la vitesse.

Le dépouillement des diagrammes fournis par ces appareils exigeant un travail fort long, on simplifie ce dépouillement en se bornant à des vérifications par épreuves, suffisantes pour tenir en éveil la vigilance des mécaniciens.

a) Appareil Haussälter. — Dans ce type d'appareils, nous citerons celui du système Haussälter (1), construit à Berne, dans les ateliers Hasler, qui fonctionne sur plus de 1.000 locomotives à l'étranger, notamment en Suisse et en Autriche, et qui est aussi appliqué en France notamment sur le réseau d'Orléans. Cet appareil, dont le seul tort est d'être un peu coûteux, donne non seulement l'indication, au moyen d'une aiguille, de la vitesse de marche à tout moment, mais enregistre, sur une bande de papier, cette vitesse, le temps de marche, les arrêts et le nombre de kilomètres parcourus.

b) Chronotachymètre P.-L.-M. — En France, la Compagnie P.-L.-M. emploie, depuis bien des années, sur ses locomotives à voyageurs, un *chronotachymètre* qui enregistre aussi la marche de ces locomotives. On peut, avec cet appareil, contrôler efficacement, non seulement les heures d'arrivée aux stations et les heures de départ, mais encore la régularité de la marche entre les stations et l'emploi des machines pour les manœuvres dans les gares. Dans les cas d'accidents, ils fournissent une constatation précieuse des circonstances de temps et de vitesse.

c) Appareil Flaman. — Mais l'appareil qui paraît le plus en faveur sur les réseaux français est l'appareil imaginé par M. Flaman, ancien Ingénieur Principal de la traction à la Compagnie de l'Est.

Cet appareil donne :

- 1^o Sur un cadran divisé en kilomètres à l'heure, l'indication optique de la vitesse ;
- 2^o Sur un cadran divisé en minutes, l'indication optique des temps pour des périodes successives de 10 minutes ;
- 3^o Sur une bande de papier qui se déroule proportionnellement aux

(1) Voir la *Revue générale des Chemins de Fer* (décembre 1892).

espaces parcourus, l'enregistrement des espaces, des vitesses, du temps, de la durée de la marche et de celle des arrêts.

Le principe sur lequel est fondé le fonctionnement de cet appareil est le suivant :

Par l'intermédiaire d'organes de transmission de mouvement, convenablement disposés entre l'appareil et l'une des roues de la locomotive, une roue à rochet reçoit, par un mouvement d'horlogerie et pendant une période de temps réglée à 3, 6 secondes (1), un déplacement angulaire dont l'amplitude est proportionnelle au nombre de tours de roues et, par suite, à la vitesse moyenne de translation de la locomotive pendant le même temps.

Une aiguille indique, sur un cadran, la vitesse atteinte pendant chaque période. A cet effet, cette aiguille est assujettie à prendre, à partir d'une position d'origine correspondant à l'état de repos de la locomotive, un déplacement angulaire proportionnel à celui atteint par la roue à rochet. Elle conserve cette position pendant la période suivante, ou en est écartée en plus ou en moins, suivant que la vitesse reste constante, croît ou décroît.

Le croquis ci-après (fig. 64) indique le mode d'installation de l'appareil sur la locomotive.

L'enregistrement de la vitesse, sur une bande de papier se déroulant proportionnellement aux espaces parcourus, est obtenu au moyen d'un style porté par une crémaillère qui transforme en déplacements linéaires, normaux au sens de déroulement du papier, c'est-à-dire en ordonnées de longueurs proportionnelles aux vitesses, les déplacements angulaires de l'aiguille.

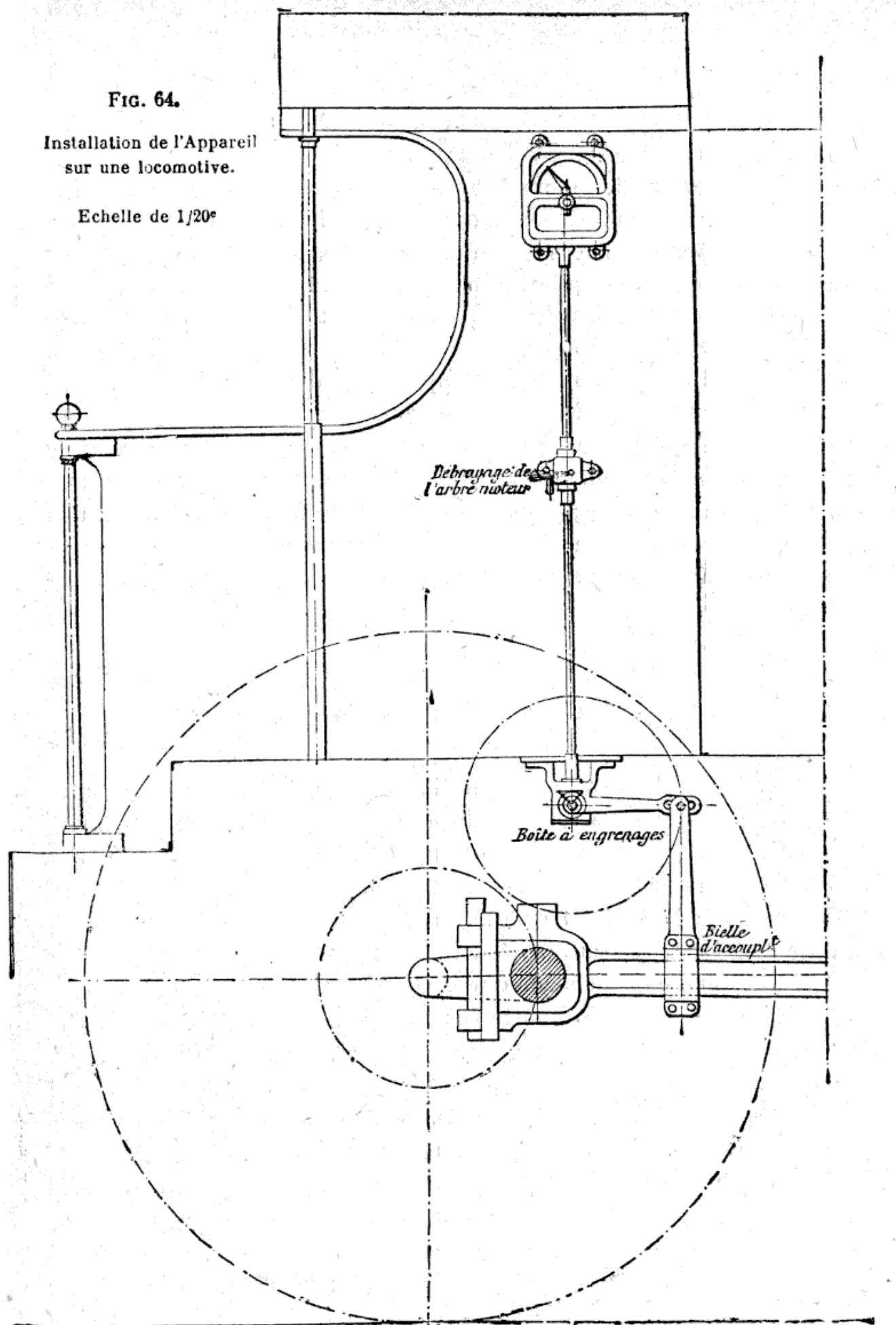
L'enregistrement des temps, qui donne la durée du parcours et celle des arrêts, est obtenu, sur la même bande de papier, au moyen d'un style actionné par l'appareil d'horlogerie, dont le mouvement continu de rotation est transformé, par l'intermédiaire d'une came taillée en spirale d'Archimède, en un mouvement alternatif. Ce dernier mouvement, dont la durée est de 10 minutes, est encore dirigé normalement au sens de déroulement du papier, et fait décrire, par le style, une courbe en dents de scie dont les ordonnées sont d'une longueur proportionnelle au temps.

(1) Cette période de temps est comptée à partir de la position initiale qu'occupe la roue à rochet lorsque la locomotive est arrêtée et à laquelle cette roue est ramenée par un ressort de rappel, à l'expiration de chaque période.

FIG. 64.

Installation de l'Appareil sur une locomotive.

Echelle de 1/20°



Dans la lecture d'un diagramme, on doit se souvenir :

1^o que la courbe des vitesses, à l'échelle de 0 m/m. 4 par kilomètre se trouve à la partie inférieure du diagramme ;

2^o que la courbe des temps, par période de 10 minutes et à l'échelle de 2 millimètres par minute, se trouve à la partie supérieure ;

3^o que les points espacés de 5 millimètres à la partie inférieure et à la partie supérieure du diagramme indiquent les kilomètres parcourus.

Nous donnons ci-contre (fig. 65) la reproduction (grandeur d'exécution) d'un diagramme Flaman.

Le prix de l'appareil, montage compris, était d'environ 900 fr. en 1914.

Plusieurs autres systèmes d'indicateurs enregistreurs de vitesse ont été expérimentés : les uns basés sur l'action de la force centrifuge développée dans un mouvement circulaire alternatif dont la période correspond à un tour de roue ; d'autres, sur l'emploi de l'eau soumise à une pression qu'un mécanisme spécial rend proportionnelle au nombre de tours d'un essieu et, par suite, à la vitesse, mais leur application ne s'est pas étendue.

§ 10. — ORGANES ACCESSOIRES DES LOCOMOTIVES

En plus des divers organes qui viennent d'être décrits, les locomotives sont munies d'une série de dispositifs, placés à portée de la main du mécanicien et nécessaires à la conduite de la machine. Nous citerons : le *régulateur* et le *levier ou volant de changement de marche* dont il a déjà été parlé ; le *sifflet à vapeur*, constitué par une petite cloche en bronze dont les bords sont taillés en biseau et sur lesquels vient frapper la vapeur quand le mécanicien ouvre, au moyen d'un levier, un robinet d'échappement ; la *sablière*, sorte de boîte cylindrique contenant du sable grenu, très sec, qui, soit par l'action d'une vis sans fin, soit au moyen d'un jet de vapeur, peut être amené sous les roues motrices à l'aide de tubes débouchant au niveau des rails, de manière à augmenter l'adhérence quand les roues ont une tendance au patinage ; les *injecteurs alimentaires* (Giffard ou autres) (1) ; le *souffleur*, permettant d'envoyer dans la cheminée un jet de vapeur pour activer le tirage ; les *purgeurs*, ouvrant

(1) Chaque machine est généralement pourvue de deux injecteurs, l'un pouvant toujours suppléer l'autre en cas d'avarie.

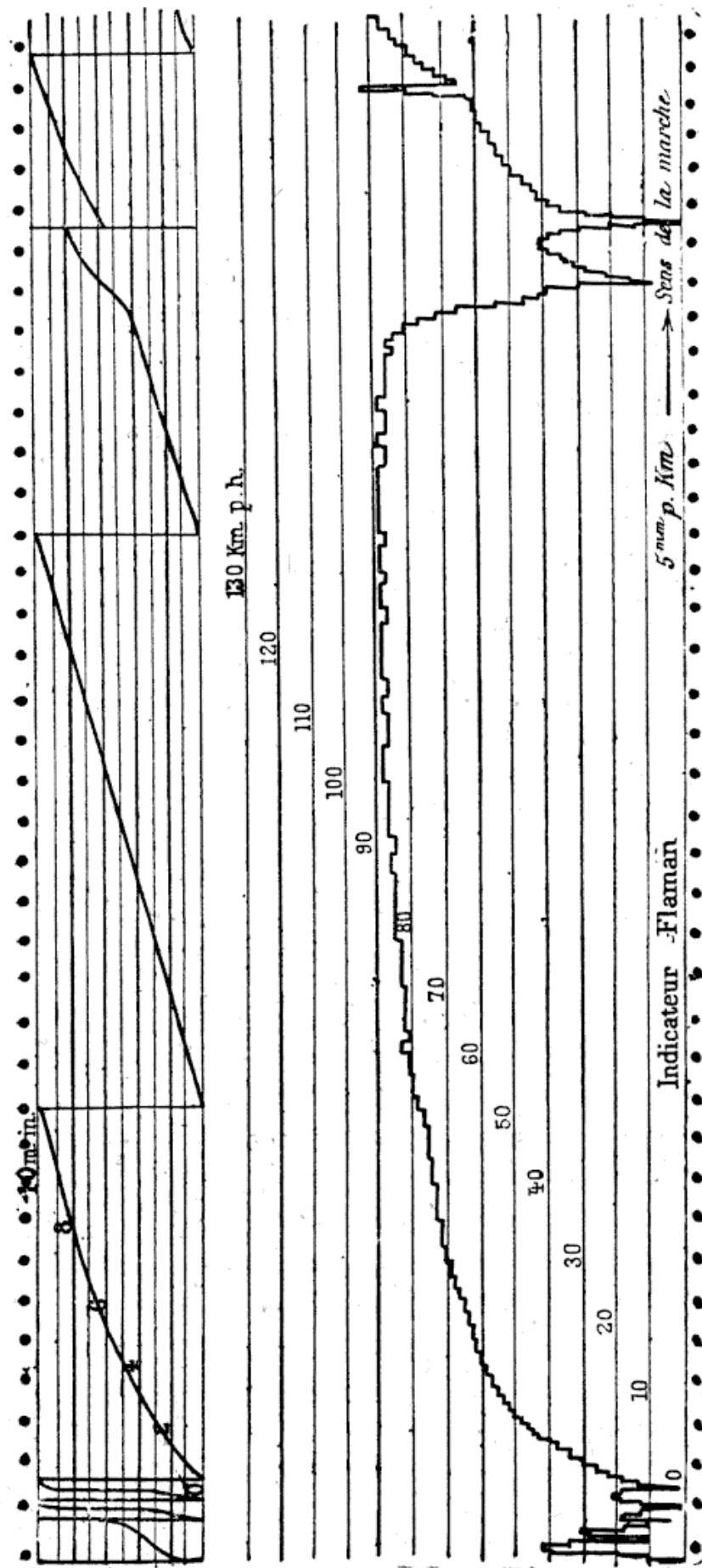


FIG. 65.

des robinets d'échappement aux extrémités des cylindres pour en chasser l'eau de condensation qui a pu s'y accumuler. Enfin toute une série de robinets ou de volants destinés à régler le *graissage automatique* du mécanisme, la *compression de l'air* pour les freins, l'utilisation de la vapeur pour le *chauffage*, etc...

Le *chauffeur*, sur une locomotive, est chargé de l'alimentation en *charbon* du foyer et en *eau* de la chaudière. Il peut, en outre, manœuvrer des trappes lui permettant de *régler l'introduction de l'air dans le foyer*, en agissant, suivant le sens de la marche, sur l'une ou l'autre des parois antérieure ou postérieure du cendrier, qui ont été rendues, à cet effet, mobiles autour de charnières horizontales. Il peut aussi *basculer le feu* sur les fosses à piquer, en agissant sur la partie mobile de la grille.

Sur les anciennes machines, le mécanicien est placé à droite et le chauffeur à gauche ; les signaux fixes étant presque toujours situés du côté gauche de la voie et, par suite, à la gauche du mécanicien, celui-ci est souvent gêné dans leur observation par une série d'organes qui lui masquent la vue. Aussi construit-on maintenant toutes les locomotives nouvelles en prévoyant à gauche la place du mécanicien et à droite celle du chauffeur.

§ II. — CHASSE-NEIGE

En temps de neige et dans les pays de montagne on attelle, à l'avant des locomotives, des appareils en forme de socs de charrue que l'on désigne sous le nom de *chasse-neige*. Avec ces appareils, la neige tombée est écartée de l'emplacement des voies et la formation des banes de neige n'est plus possible. L'emploi des chasse-neige est très satisfaisant quand il s'agit d'amoncellements ne dépassant pas 50 à 80 centimètres. Au-dessus de cette hauteur, il est nécessaire, pour percer les encombres, de dételer de son train la machine pourvue de chasse-neige ; encore faut-il que ces encombres ne soient pas d'une grande longueur.

Certains pays emploient des chasse-neige montés sur roues ou même sur bogies et l'Amérique a utilisé des types très puissants avec éperon et ailes mobiles souvent actionnés par l'air comprimé. Ces appareils sont employés quand la couche de neige dépasse 1 mètre et on a pu quelquefois déblayer avec eux des amas de 3 à 4 mètres de hauteur.

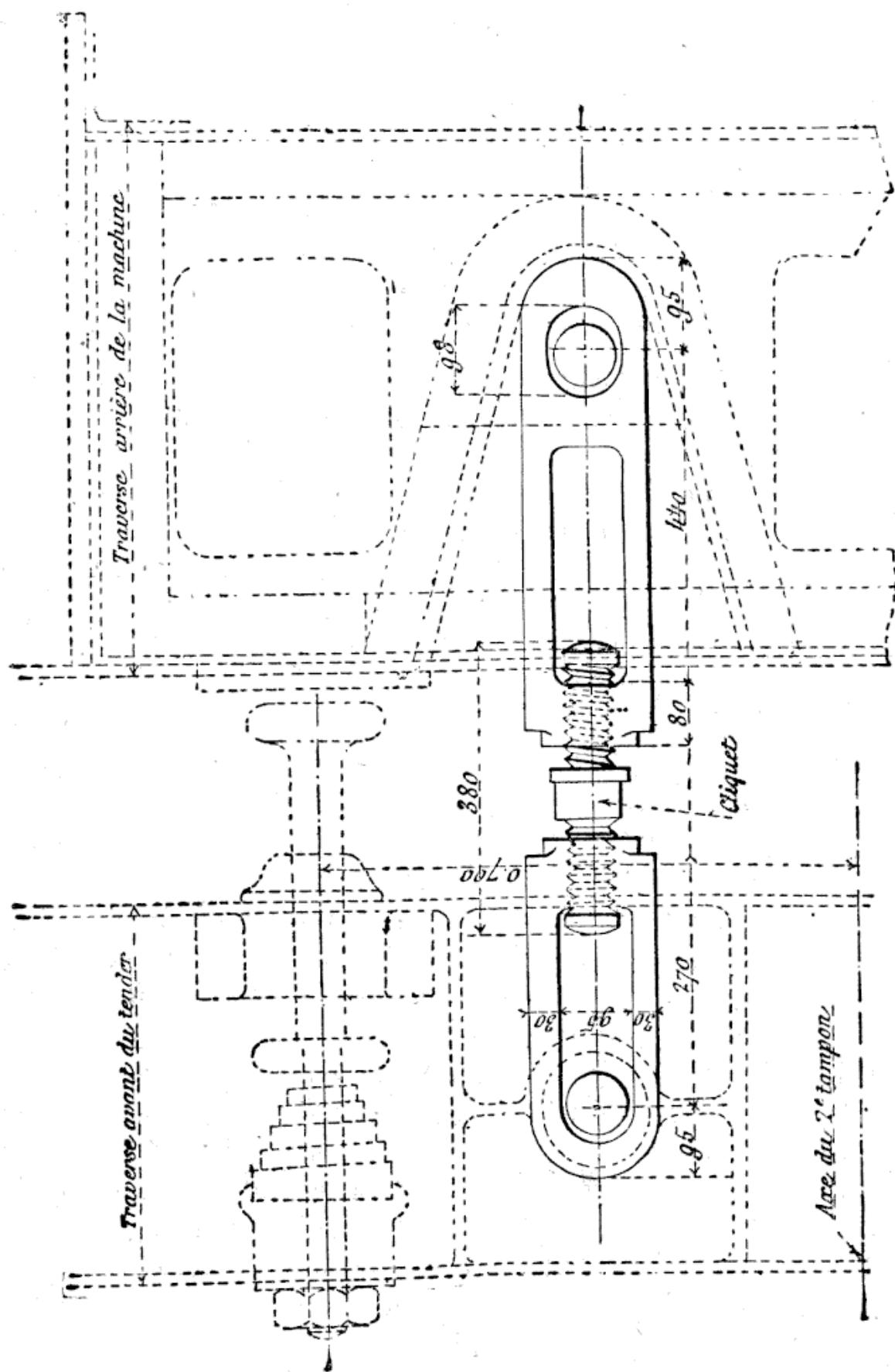


Fig. 60.
Barre d'attelage de la machine et du tender.

Mais le plus puissant engin de déblaiement est la machine rotative américaine *The Rodary*, qui émette la neige au moyen d'une roue à aubes et la projette à travers une trémie jusqu'à 30 et 40 mètres de distance. Cette machine est poussée par une ou plusieurs locomotives, suivant la consistance de la neige.

§ 12. — TENDERS

Les *tenders* sont des véhicules spéciaux attelés aux machines locomotives et destinés à transporter le combustible et l'eau nécessaires à l'alimentation de la chaudière, ainsi que l'outillage destiné à l'entretien courant de la machine et aux réparations de route.

L'attelage de la machine et du tender était réalisé autrefois de la façon suivante :

La traverse avant du tender portait une barre de fer de fort diamètre, munie, à son extrémité, d'un œilletton. Cette extrémité de la barre pénétrait, au moment de l'attelage, dans un logement *ad hoc* de la traverse arrière de la machine et une grosse cheville en fer, portée par la locomotive était introduite dans l'œilletton de la barre, pour réaliser l'attelage. Ce dispositif était peu pratique ; on conçoit, en effet que le contact énergique des tampons avec la traverse de la machine n'était pas assuré sans quelques difficultés de manœuvre.

La liaison du tender et de la locomotive est aujourd'hui résolue plus simplement (fig. 66) :

Une barre d'attelage, analogue à celle des wagons, décrite précédemment, mais beaucoup plus robuste, est rattachée, par une de ses manilles, à la traverse en fer arrière de la machine, et par l'autre à la traverse avant du tender, au moyen de deux tourillons en fer de 0 m. 100 de diamètre environ.

Le serrage de cet attelage est assuré au moyen d'un tendeur à vis que l'on manœuvre, soit par un levier, soit, plus généralement, par un cliquet à rochet ; ce serrage doit être très énergique, de façon à bloquer les tampons du tender contre les plaques de friction en tôle de la traverse arrière de la machine.

Le tender seul est muni de tampons, lesquels sont analogues à ceux des wagons et montés sur de forts ressorts hélicoïdaux ; mais leur écar-

tement n'atteint pas celui des tampons des véhicules ordinaires et se trouve parfois réduit à 0 m. 700, d'axe en axe.

Un abattant en tôle, porté par la machine, recouvre, entre la locomotive et le tender, le vide nécessaire par cet attelage et permet ainsi la libre circulation entre les deux véhicules.

Un tender est formé d'un châssis monté sur deux ou plusieurs essieux et supportant une caisse en tôle, en forme de fer à cheval, qui contient l'eau. Le combustible se loge entre les branches du fer à cheval. Un coffre, contenant les agrès et un outillage sommaire, est placé à l'arrière et un frein à main est à la portée du chauffeur.

A l'origine, les tenders étaient à quatre roues seulement et présentaient les dispositions indiquées au croquis ci-dessus (fig. 66 bis).

Avec l'augmentation de puissance des machines, il a fallu augmenter également l'importance de leur approvisionnement, et les dimensions des tenders n'ont pas tardé à s'accroître.

Alors que les premiers tenders portaient une réserve de 5 à 6 mètres cubes d'eau et de 1500 à 2000 kgs de charbon, on a aujourd'hui des tenders qui contiennent jusqu'à 20 mètres cubes d'eau et

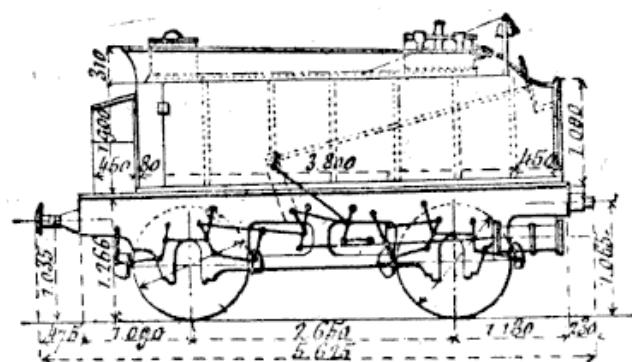


FIG. 66 bis.

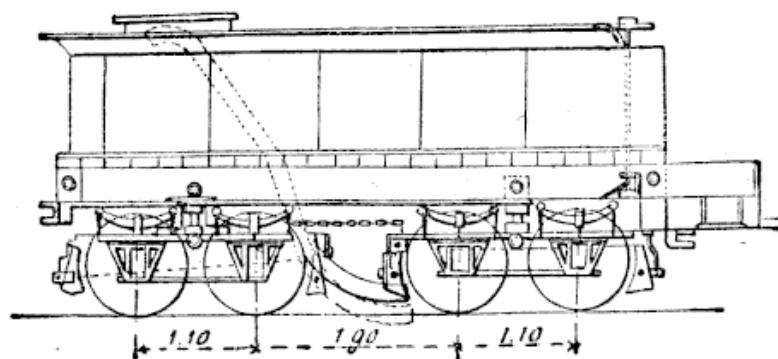


FIG. 66 ter

8000 kgs de combustible, permettant ainsi de faire sans arrêt des parcours d'au moins 250 kilomètres. La conséquence de cette augmentation de la capacité des tenders a été la répartition de leur nouvelle charge sur un nombre plus considérable d'essieux, et l'on fait maintenant des tenders à 3 et à 4 essieux, ceux à 4 essieux étant parfois montés sur une paire de bogies comme l'indique la figure 66 ter.

Etant donnés l'espacement des dépôts de charbon et le temps nécessaire au chargement, l'approvisionnement en combustible des tenders est toujours supérieur à celui qui correspondrait, comme consommation, à la quantité d'eau ; aussi a-t-on cherché à parer au manque d'eau, non seulement en augmentant la capacité des caisses à eau, mais aussi en disposant sur certaines lignes, dans l'axe des voies, des rigoles ou bacs métalliques de 500 à 600 mètres de longueur, constamment remplies d'eau. Lorsque la machine passe au-dessus de ces rigoles le chauffeur abaisse une écope spéciale, qui est placée sous le tender et qui enlève, pour l'emmagerer automatiquement dans celui-ci, une quantité d'eau suffisant à renouveler l'approvisionnement. Un flotteur spécial, placé dans le voisinage du bac, met en action, par un simple système de bascule un jeu de valves qui produit automatiquement le remplissage de la rigole. C'est le système Ramsbottom ; il est depuis longtemps en usage sur les chemins de fer anglais et américains et a été appliqué, en France par le réseau de l'Etat sur sa grande ligne de Paris à Bordeaux.

§ 13. — COMBUSTIBLE EMPLOYÉ ET CONSOMMATION DES MACHINES

Le combustible employé est généralement la houille, soit en tout-venant, soit sous forme d'agglomérés, ce qui permet d'utiliser les poussières de charbon. Dans quelques pays, et notamment en Russie, on emploie aussi le pétrole ou le naphte et même le bois, mais c'est à l'état d'exception.

La consommation des machines varie avec leur type et avec la charge qui, elle-même dépend du profil des lignes. Cette consommation varie de 8 à 25 kilos de charbon et de 50 à 200 litres d'eau par kilomètre. Pour les trains de voyageurs des lignes ordinaires, on compte généralement de 12 à 15 kilos de charbon et de 100 à 150 litres d'eau par kilomètre.

Nous donnons, ci-après (fig. 67, 68 et 69), les dessins d'ensemble de deux locomotives des types les plus récents, affectées plus particulièrement : l'une au service des voyageurs, l'autre au service des marchandises

MACHINES COMPOUND A 6 ROUES ACCOUPLÉES ET A BUGIE N°S 2721 A 2750

COUPES TRANSVERSALES

Fig. 68

1/4 Coupe pour la Chambre HP. - 1/4 Coupe pour la Chambre BP

1/4 Coupe pour l'axe de la pompe. - 1/4 Coupe pour la boîte à fum.

Fig. 69.

Planche III.

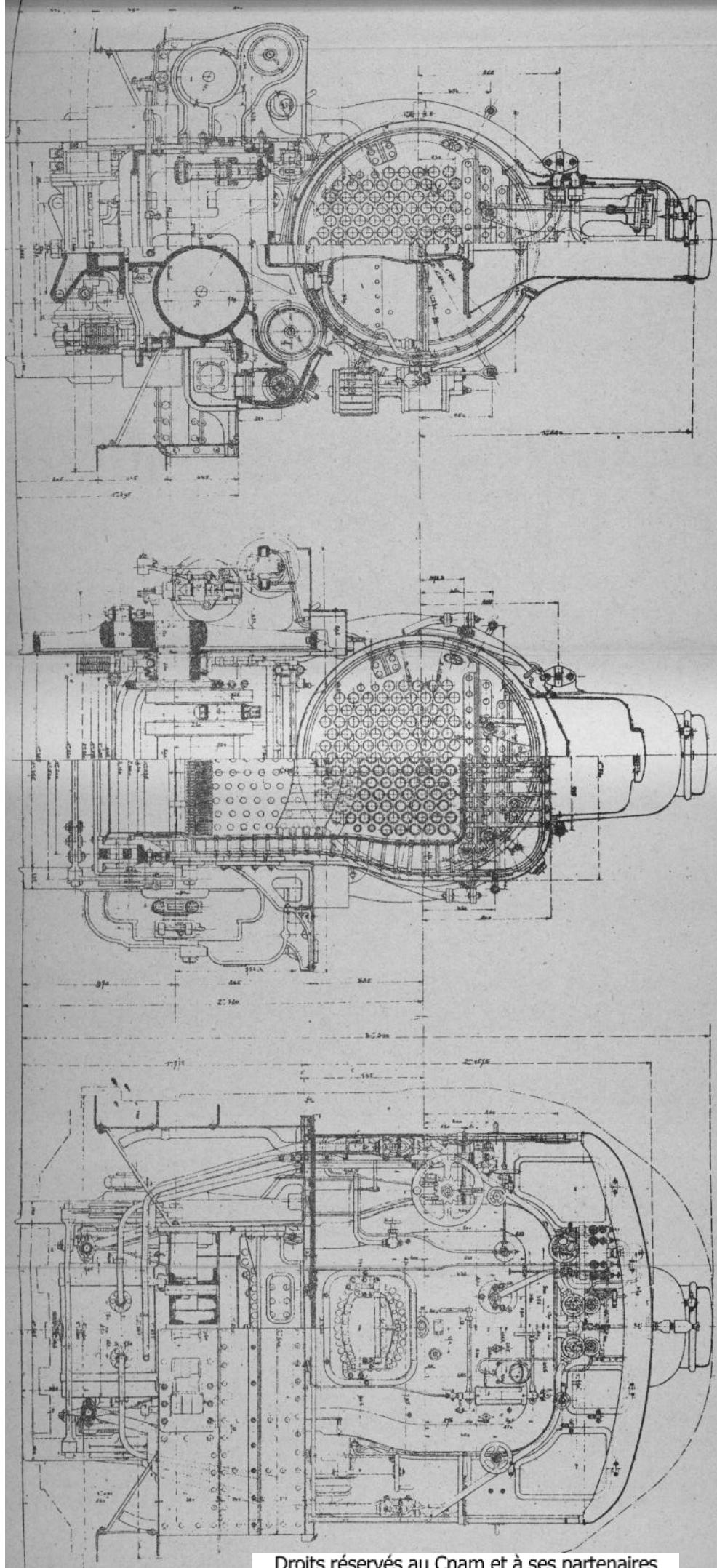


Fig.1 Coupe longitudinale.

Coupe par les cylindres

Planche. IV.

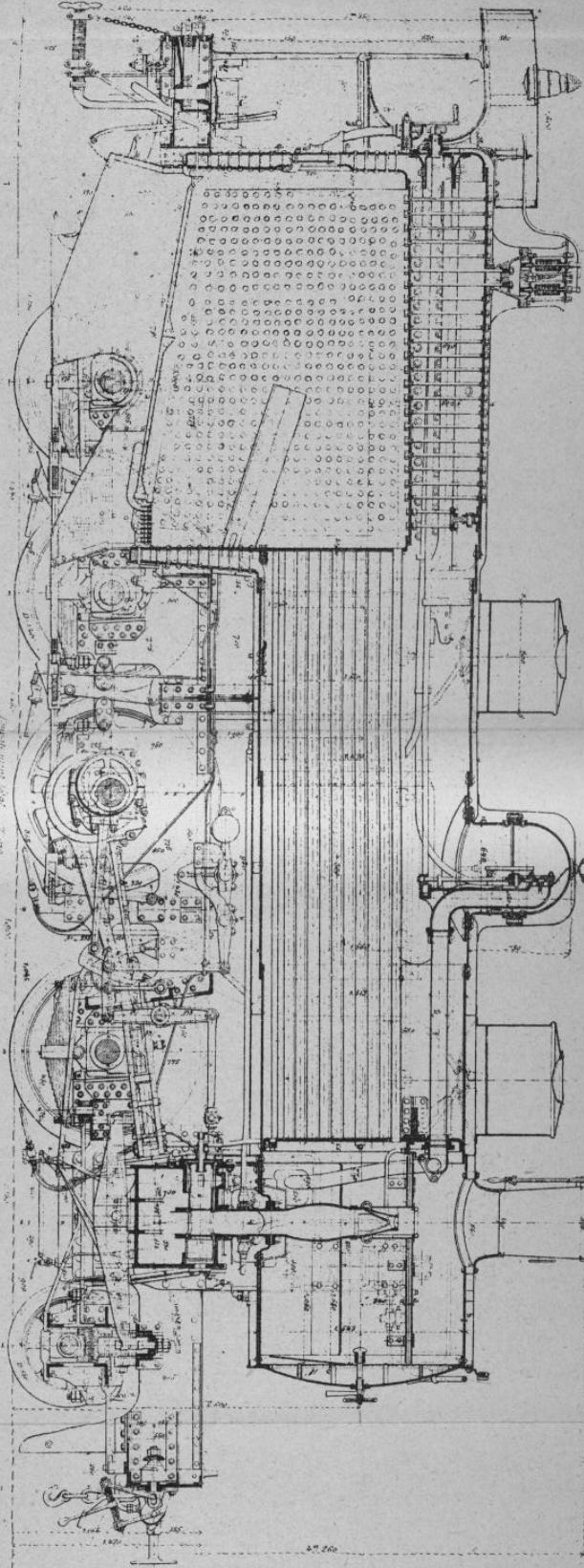
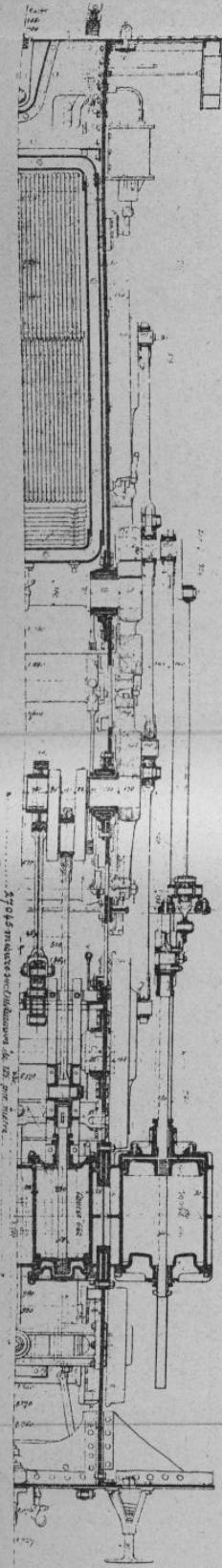


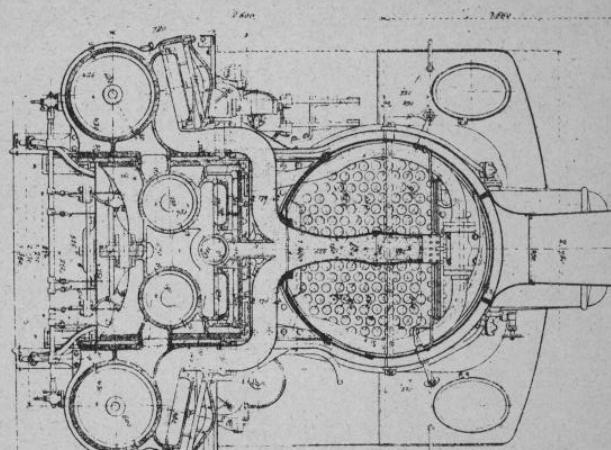
Fig.2 Demi coupe horizontale.



Locomotive Compound à petite vitesse

à 4 cylindres accolés et train

Diamètre des voies (moyennes)	1'100
Poids à vide	64 T ₆
Poids en ordre de marche	75 T ₆
Diamètre des cylindres H.P.	390 mm
Diamètre des cylindres B.P.	600 mm
Course des pistons	650 mm
Course de la chaudière	16 m



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 69.

CHAPITRE II

CLASSIFICATION DES MACHINES-LOCOMOTIVES

SOMMAIRE. — § 1^{er}. MACHINES À VOYAGEURS.

- § 2. MACHINES À MARCHANDISES.
- § 3. MACHINES MIXTES.
- § 4. MACHINES-TENDERS.
- § 5. LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES.

§ 6. VOITURES AUTOMOTRICES : Objet et classification des voitures automotrices.

Automotrice Purrey. Automotrices de la compagnie P. O. Automotrices de la compagnie du Nord.

On peut classer les machines-locomotives, d'après l'usage auquel elles sont destinées, en *machines à voyageurs*, *machines à marchandises*, *machines mixtes* et *machines-tenders*. Au premier groupe, se rattachent les *locomotives électriques* et les *voitures automotrices*.

§ 1^{er}. — MACHINES À VOYAGEURS

Les machines à voyageurs sont aménagées de manière à fournir surtout de la vitesse. C'est la raison pour laquelle leurs roues motrices sont de grand diamètre. Le type initial des machines à grande vitesse est la locomotive *Crampton* (fig. 70).

Ce type de machines, appelé aussi type « à roues libres », n'a qu'un essieu moteur placé en arrière du foyer et deux essieux porteurs à l'avant. Il ne se prête pas à l'allongement de la chaudière. De plus, son adhérence, ne portant que sur une seule paire de roues, est faible et limite

considérablement l'effort utile de traction. Aussi n'a-t-on pas tardé à modifier ses dispositions, en reportant le foyer à l'arrière et en remplaçant l'une des deux paires de roues porteuses par une seconde paire de roues de grand diamètre, accouplées aux premières au moyen d'une bielle. On

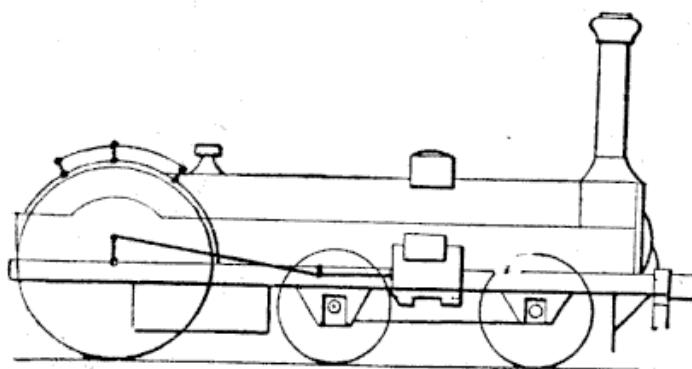


FIG. 70.

a ainsi augmenté l'adhérence et rendu possible l'allongement de la chaudière ainsi que l'agrandissement de la boîte à feu. Le type alors obtenu est indiqué à la figure 71.

Mais avec l'allongement de la chaudière et du foyer on a été amené,

pour bien répartir les charges et éviter les trépidations exagérées, ainsi que les mouvements de « galop » (1), à placer un nouvel essieu porteur à l'arrière et l'on est ainsi arrivé au type indiqué à la figure 72.

Cela n'a pas encore été le dernier mot des améliorations réalisées

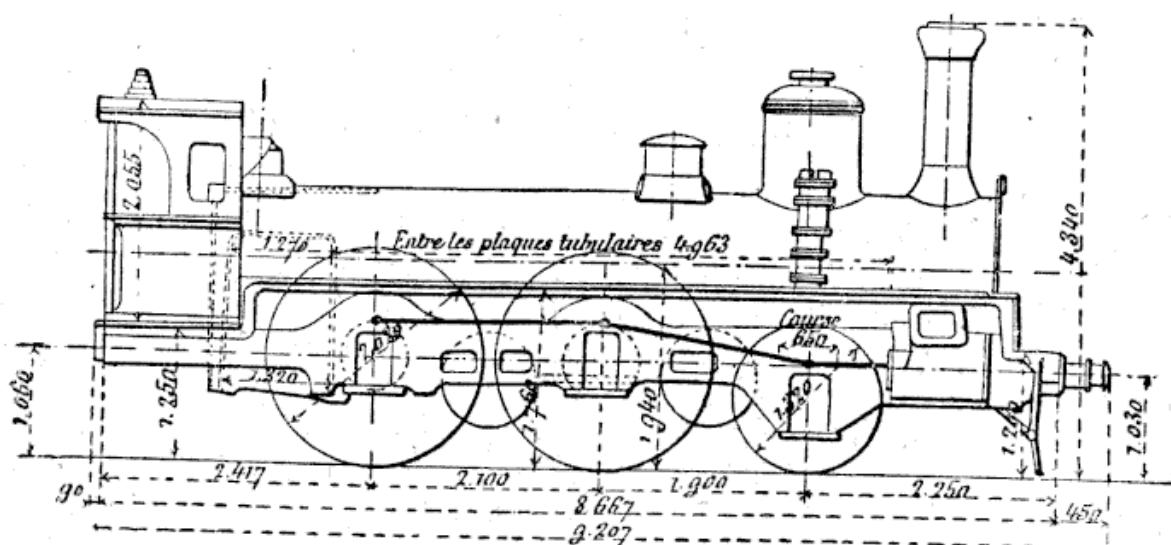


FIG. 71.

dans les machines à grande vitesse. Aujourd'hui, les nécessités de l'exploitation obligent à accélérer la vitesse de tous les trains de long

(1) On désigne par mouvements de « galop » des mouvements anormaux de la machine qui sont produits par la poussée des crosses ou têtes de piston sur les glissières et qui tendent à soulever le châssis.

parcours. Il existe, d'autre part, de nombreux express transportant des voyageurs de toutes classes et la charge des trains en a été notablement accrue. Il a donc fallu que les marchandises de vitesse fussent aussi des machines puissantes, et, qu'en conséquence (indépendamment de l'aug-

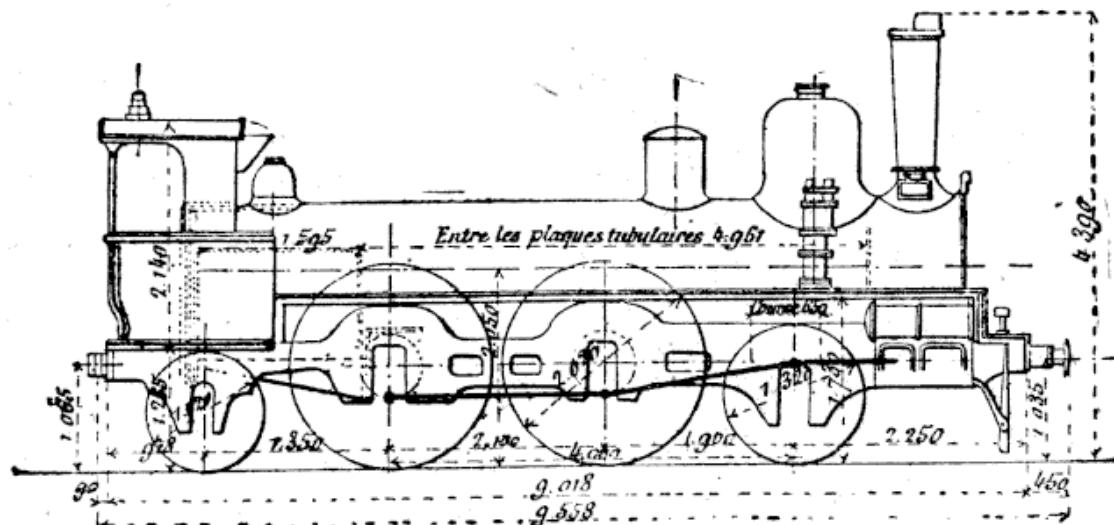


FIG. 72.

mentation de la tension de la vapeur dans la chaudière) le foyer ait des dimensions de plus en plus grandes. Le corps de la machine s'est allongé

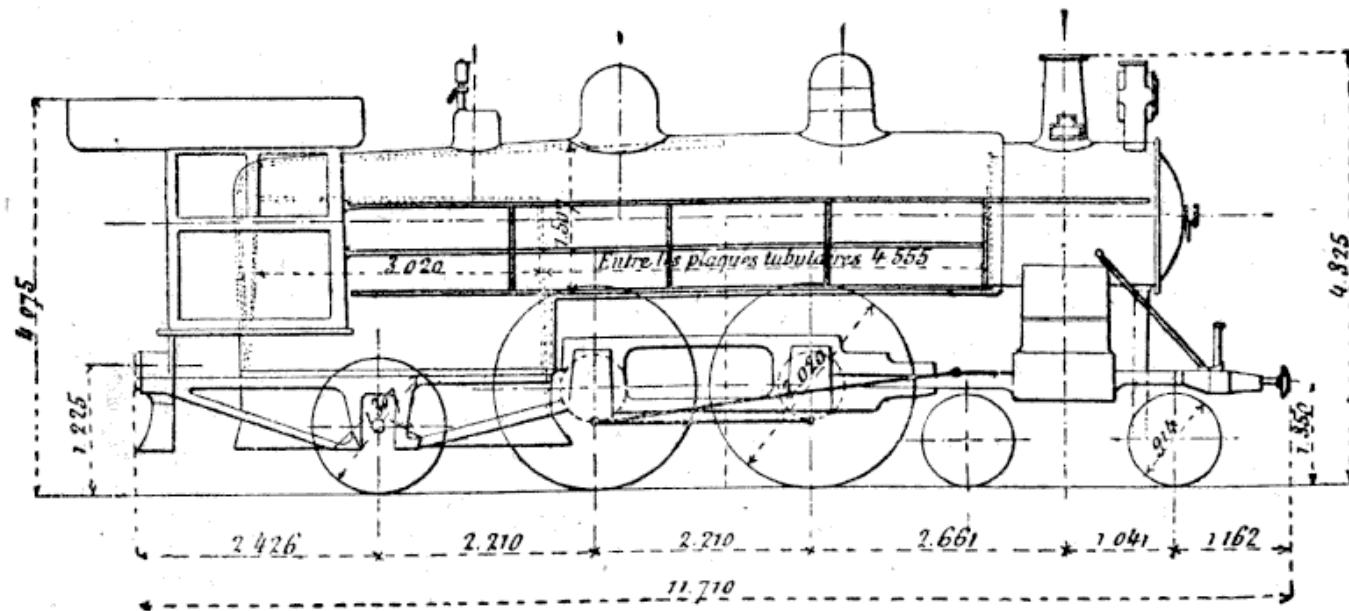


FIG. 73.

Locomotive dite « américaine » en service au réseau de l'Etat français.

d'autant et l'inscription du véhicule dans les courbes est devenue plus difficile. On y a remédié en établissant, à l'avant, un bogie qui non seulement épouse lui-même avec la plus grande facilité toutes les sinuo-

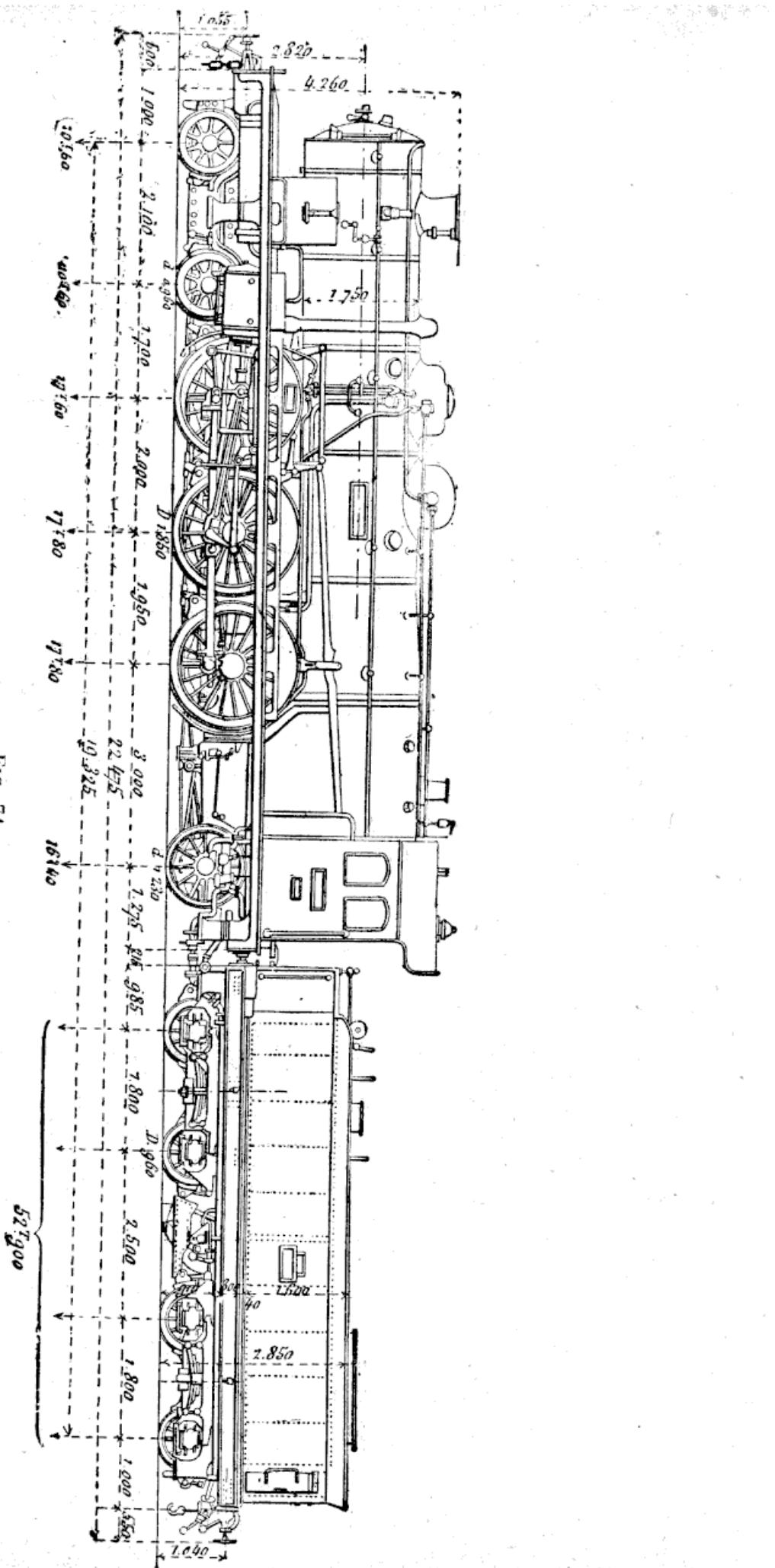


FIG. 74.

Locomotive de l'Etat Français (type Pacific. — Tender à 2 bogies et à écope)

sités du tracé, mais permet ensuite au reste du véhicule de s'inscrire aisément dans les courbes sans avoir à subir des efforts de flexion transversale inquiétants.

Le nouveau type de machine ainsi obtenu (fig. 73), employé depuis plusieurs années à l'étranger, et notamment en Amérique, s'est aussi rapidement répandu sur les chemins de fer français.

Avec ce nouveau type de machines, on arrive à remorquer des trains de 250 à 300 tonnes, à une vitesse soutenue de 90 à 100 kilomètres à l'heure, sur des lignes comportant des rampes accidentielles de 5 millimètres. En palier, la vitesse peut même atteindre, sans fatigue appréciable pour les organes du mécanisme, 120 kilomètres à l'heure. Les trains ainsi remorqués peuvent faire de longs trajets sans arrêt, à la condition que l'approvisionnement en eau et en combustible du tender soit augmenté en conséquence.

Enfin le type le plus récent des machines à grande vitesse adopté maintenant par la plupart des réseaux français est celui dit « Pacific » que représente la figure 74.

§ 2. — MACHINES A MARCHANDISES

Les machines à marchandises sont destinées à traîner de lourdes charges, à de faibles vitesses. Elles sont, par suite, munies de roues de

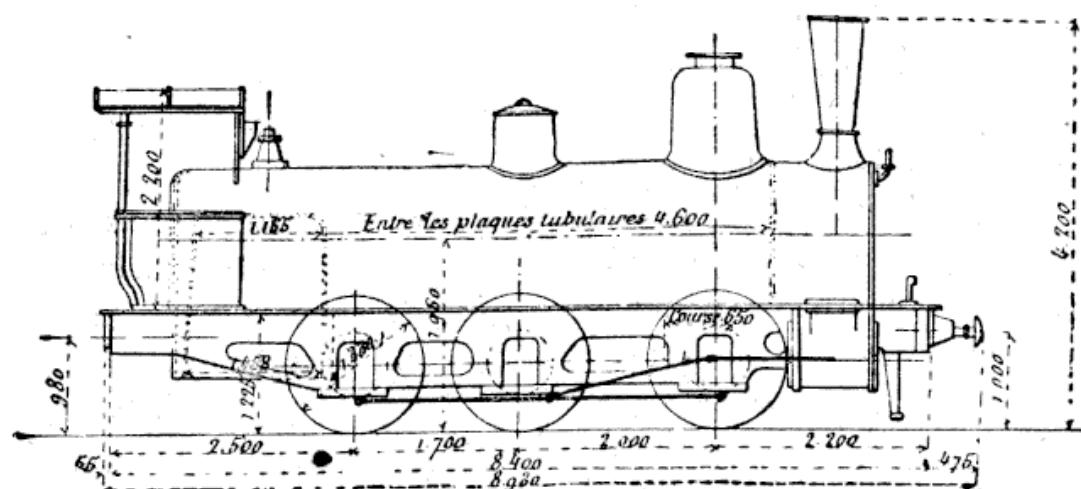


FIG. 75.

petit diamètre, toutes accouplées entre elles pour donner le maximum d'adhérence.

Le type qui est encore le plus répandu est celui à trois essieux couplés avec roues de 1 m. 30 à 1 m. 50 de diamètre (fig. 75). Ces machines peuvent remorquer, en palier, des charges de 600 à 700 tonnes, à la vitesse moyenne de 25 à 30 kilomètres à l'heure.

Les mêmes machines, notamment celles à roues de 1 m. 50, peuvent être employées pour la traction des trains de voyageurs sur les lignes à profil accidenté.

Mais la véritable machine de montagne est la machine à quatre essieux couplés et à roues de 1 m. 20 à 1 m. 30, dont le croquis est donné ci-dessous (fig. 76). Ce type de machine a une adhérence relativement

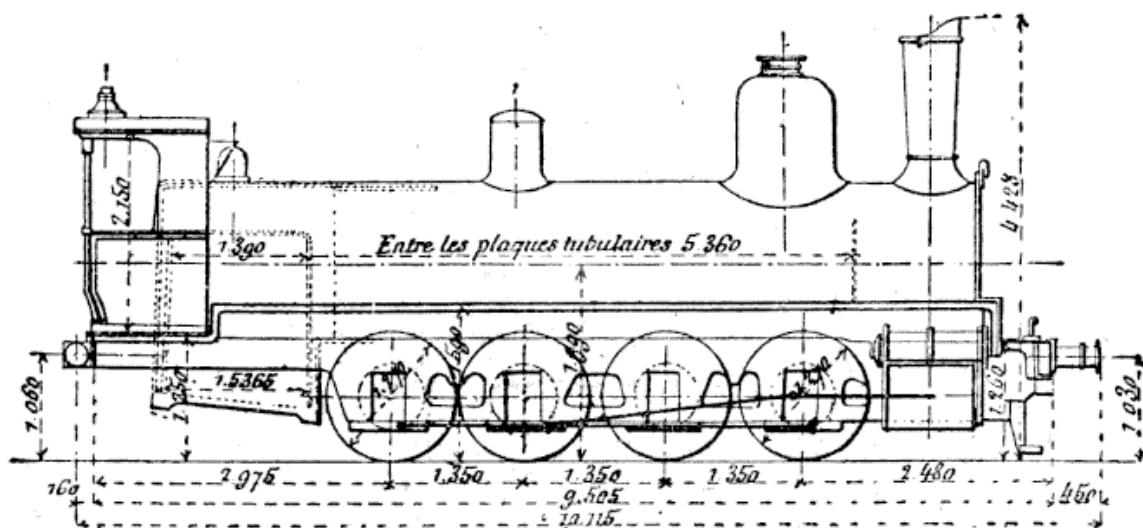
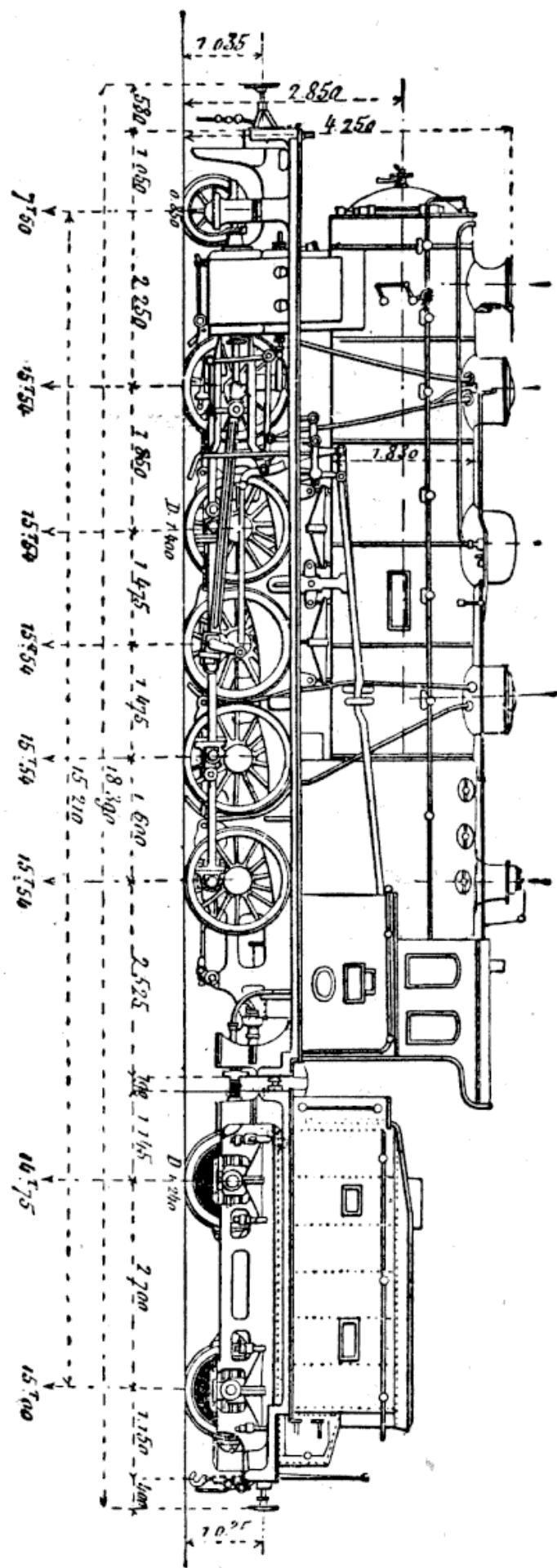


FIG. 76.

forte (environ 13 tonnes par essieu) et produit un effort de traction de 8000 à 9000 kilogrammes, supérieur de moitié environ à celui des machines précédentes; il permet de traîner de lourdes charges sur des profils à fortes rampes, mais ne convient qu'aux faibles vitesses.

Ce n'est d'ailleurs pas le plus récent car certains réseaux, le P.-O. notamment, désireux d'augmenter encore les tonnages remorqués, font maintenant construire des machines à cinq essieux couplés qui peuvent aussi être attelées à des trains de voyageurs sur les lignes à fortes rampes, mais sont surtout affectées à la traction des trains de marchandises. La figure 77 représente une de ces nouvelles machines qui peut remorquer 1000 tonnes à la vitesse moyenne de 40 kilomètres à l'heure sur des rampes accidentielles de 10 m/m.



Locomotive Γ. O. à 10 roues couplées (avant-train bissel)

§ 3. — MACHINES MIXTES

La tendance actuelle qui est d'accélérer la vitesse de tous les trains afin d'obtenir un meilleur rendement des lignes, a conduit à créer des machines capables de traîner de fortes charges à des vitesses relativement élevées.

Ces machines, que l'on dénomme machines *mixtes*, doivent pouvoir remorquer, aussi bien les trains de voyageurs que les trains de marchandises. Elles sont généralement à trois essieux couplés avec roues de 1 m. 50 à 1 m. 75 de diamètre et leur type le plus récent que représente la figure 78 ci-après, se caractérise par l'application soit du système compound, soit de la « surchauffe » et par l'emploi d'un bogie à l'avant.

On peut, avec de telles machines, faire un service d'express ordinaire

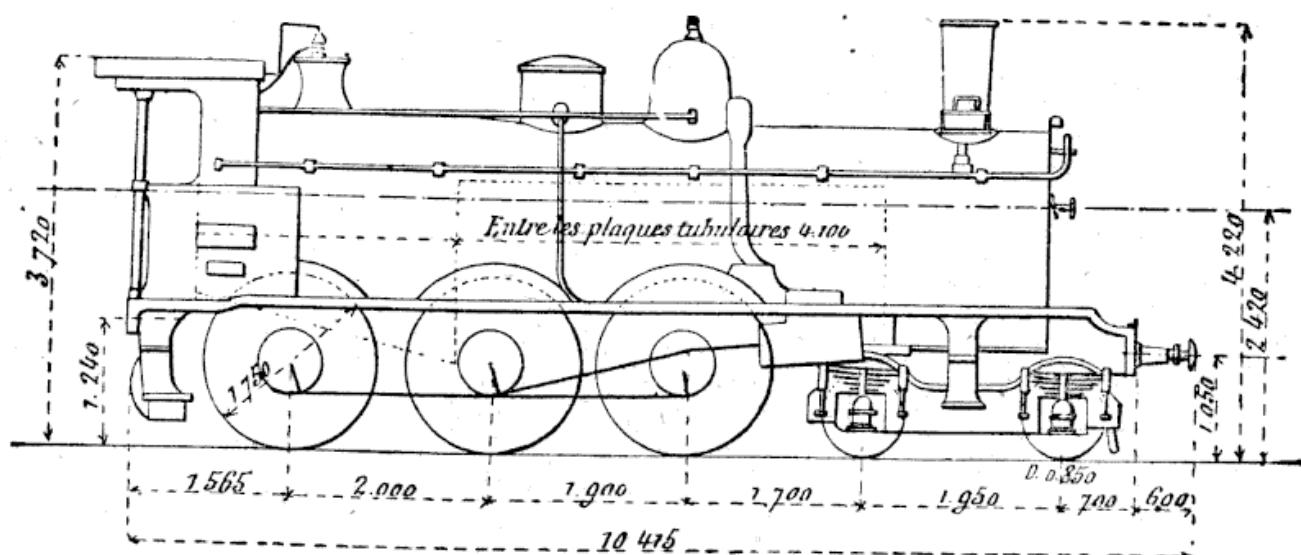


FIG. 78.

Locomotive mixte Etat (système compound)

Diamètre des cylindres d'admission : 0 m. 350

de détente : 0 m. 550

Chaudière de 1 m. 38 de diamètre timbrée à 15 kilogr.

ou de marchandises à marche rapide, le diamètre des roues et la puissance de traction étant combinés de manière à répondre aux besoins dans les deux cas.

Sur une ligne à profil accidenté, ayant des rampes maxima de 10 mm. par mètre, on peut, avec ces machines, remorquer un train de voyageurs de 200 tonnes, marchant à 75 kilomètres, ou un train de marchandises de

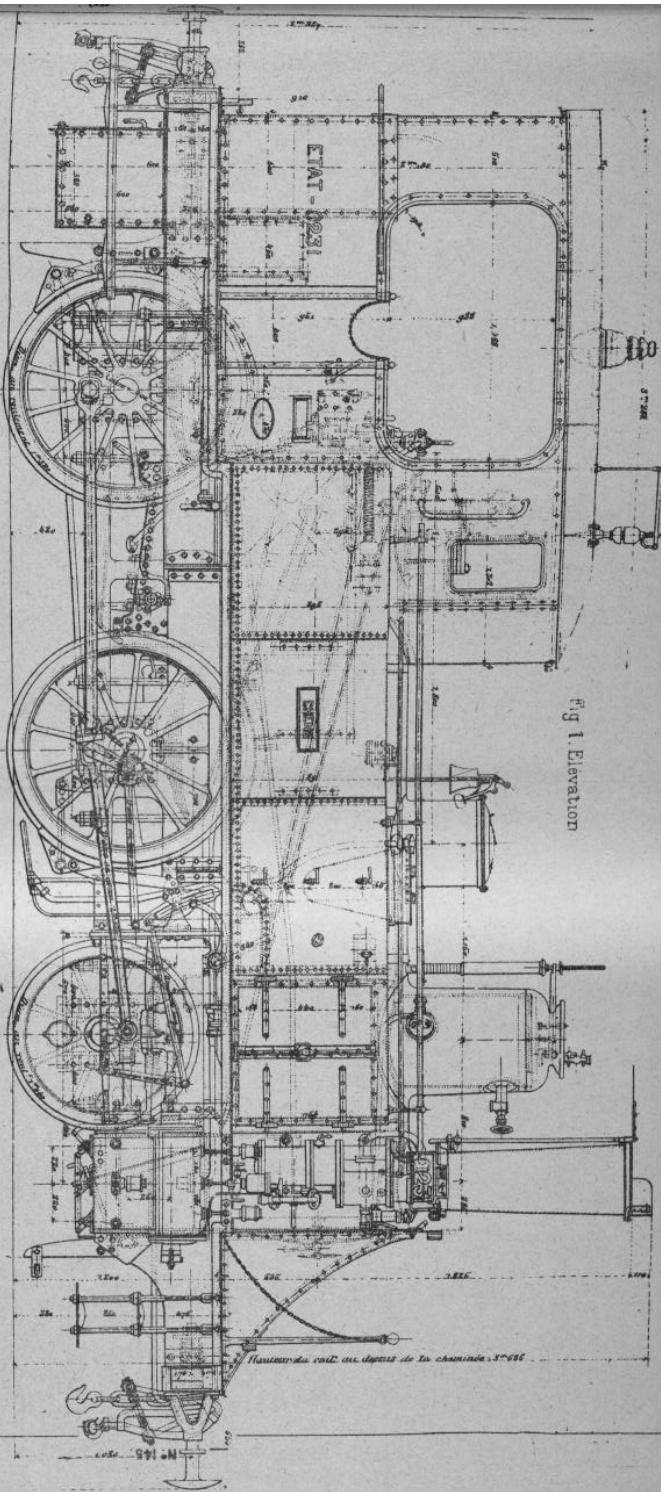


Fig. 1. Elevation

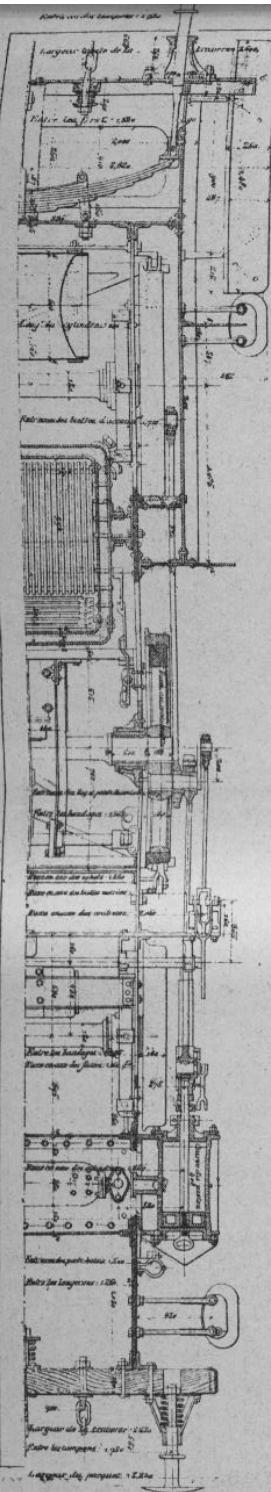
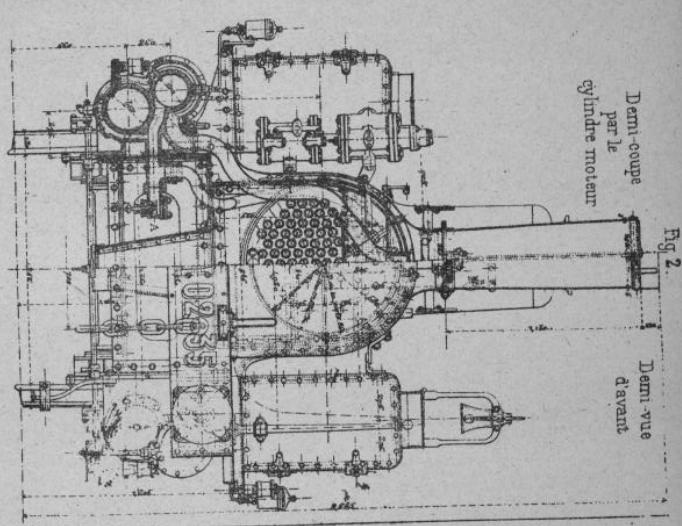


Fig. 4. Demi-coupe horizontale en plan



Demi-coupe par le cylindre moteur

Demi-vue d'avant

Planche V.

Locomotive-tender pour trains légers (Etat 2)

Cylindres cylindriques, à 2 cylindres et 2 voieux accouplés

Diamètre des roues motrices : 1^{er} 320.
Torois au vide : 2175.
Torois en ordre de marche : 2771.
Diamètre des cylindres : 250.
Couvercle des pistons : 100.
Volume de la chaudière : 12.

Fig. 2.

500 tonnes marchant à 30 kilomètres, avec consommation de charbon de 13 kilogrammes par kilomètre dans le premier cas et de 20 kilogrammes dans le second.

§ 4. — MACHINES-TENDERS

Lorsqu'il s'agit d'exploiter une ligne de faible longueur, ou d'assurer simplement les manœuvres de détail ou de triage dans les gares importantes, on emploie les *machines-tenders*, ainsi nommées parce qu'elles portent, sur le même véhicule que le moteur, l'approvisionnement d'eau et de charbon, augmentant d'autant le poids adhérent sur les rails. La place nécessaire à cet approvisionnement est, d'ailleurs, très réduite, étant donné la facilité de le renouveler aussi fréquemment qu'on le désire. Ce type de machine se fait à deux ou trois essieux couplés et peut assurer le service des lignes de banlieue ou les manœuvres de gare.

Comme, dans ce dernier cas, les machines marchent aussi fréquemment à l'arrière qu'à l'avant, il est d'usage de munir la plate-forme, sur laquelle se tient le personnel, d'une marquise fermée à l'arrière par deux écrans munis de glaces (fig. 79).

On a fait aussi des essais de *machines-fourgons*, dans lesquelles un fourgon de capacité réduite est supporté en porte-à-faux à l'arrière du châssis des machines-tenders, mais ce type, destiné, à l'origine, aux petites lignes à faible trafic, ne s'est pas développé.

Il y a actuellement, en France, dans les sept grands réseaux, environ 12.000 locomotives de types divers, et ce nombre s'accroît de jour en jour.

Le prix des machines-locomotives est variable, selon le type et suivant les cours des métaux. Avant la guerre, il était de 1 fr. 50 à 2 francs par kilogramme ; actuellement, il est d'environ 10 francs. Pour les tenders, on compte ordinairement 5 francs par kilogramme.

D'après ce qui précède (§ 1 à 4), on voit que les machines ont des aspects bien différents et qu'il est assez difficile de les distinguer sans entrer dans quelques explications. Aussi les Américains ont-ils donné aux différentes combinaisons de roues accouplées et de roues porteuses formant les caractéristiques extérieures de la machine, un nom propre à chacune d'elles et qui permet de désigner d'un mot les types les plus usuels.

Comme ces appellations commencent à s'acclimater en France et

qu'il peut être intéressant de les connaître, nous les résumons dans le tableau ci-après avec leur signification.

Américain . . .	○○○○○	Deux essieux accouplés, bogie à l'avant.
Atlantic . . .	○○○○○	Deux essieux accouplés, bogie à l'avant, essieu porteur à l'arrière.
Mogul	○○○○○	Trois essieux accouplés, essieu porteur à l'avant.
Prairie	○○○○○○	Trois essieux accouplés, porteur à l'avant, porteur à l'arrière.
Ten Wheels . .	○○○○○○	Trois essieux accouplés, bogie à l'avant.
Pacific	○○○○○○	Trois essieux accouplés, bogie à l'avant, porteur à l'arrière.
Consolidation	○○○○○○	Quatre essieux accouplés, porteur à l'avant.
Mikado. . . .	○○○○○○○	Quatre essieux accouplés, porteur à l'avant, porteur à l'arrière.
Mastodon . .	○○○○○○○○	Quatre essieux accouplés, bogie à l'avant.
Décapod . . .	○○○○○○○○○	Cinq essieux accouplés, porteur à l'avant.
Santa-Fé. . .	○○○○○○○○○○	Cinq essieux accouplés, porteur à l'avant, porteur à l'arrière.
Mallet	○○○○○○○○○○	Deux groupes de trois essieux accouplés.

FIG. 80. — Locomotives à voie large.

§ 5. — LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES

La traction électrique tend à prendre en France comme à l'étranger, une grande extension.

Ce mode de traction présente entre autres avantages sur la traction

à vapeur, ceux d'une facilité plus grande de conduite du moteur ; de la suppression des approvisionnements d'eau et de charbon ; de la rapidité de démarrage et des arrêts.

On a bien espéré réaliser en outre, par son moyen, des vitesses exceptionnelles dépassant celles des trains actuels les plus rapides, mais ce résultat n'a pas encore été obtenu.

Jusqu'à présent la traction électrique n'a guère été appliquée que pour les services de banlieue des grands réseaux, pour la traction des lignes souterraines où la fumée des machines à vapeur est des plus gênantes, ou bien encore sur certaines lignes de montagne où l'utilisation de chutes d'eau permet d'obtenir l'énergie électrique à bon marché.

Mais certains grands réseaux français, le P. O. notamment, se proposent d'étendre considérablement cette application et le moment n'est sans doute pas très éloigné où plusieurs milliers de kilomètres de voie actuellement parcourus par des locomotives à vapeur seront desservis par des trains électriques.

On a essayé des locomotives produisant elles-mêmes l'énergie électrique nécessaire à la traction (Locomotive Heilmann), mais sans arriver à un résultat pratique. Aujourd'hui on produit l'électricité dans des usines fixes et on la distribue dans des conducteurs placés le long de la voie, soit par le moyen d'un troisième rail, soit par l'intermédiaire de trolley. Les locomotives ou voitures automotrices viennent s'alimenter à ces conducteurs, au moyen de frotteurs de différents modèles, pour actionner les dynamos destinées à transformer l'énergie électrique en mouvement.

Les machines motrices sont quelquefois entièrement indépendantes des voitures remorquées, comme par exemple certaines machines de la Compagnie d'Orléans affectées au service de navette entre les gares d'Austerlitz et du Quai d'Orsay, à Paris ; ou bien elles sont placées dans le premier compartiment d'une voiture dont les compartiments suivants sont mis à la disposition des voyageurs. Cette dernière disposition est réalisée sur le Métropolitain de Paris et sur la ligne des Invalides à Versailles, ainsi que sur les voies de banlieue électrifiées de la Compagnie P. O.

Dans le type Orléans, dont nous donnons un croquis ci-après (fig. 81), la cabine du machiniste est située au milieu de la caisse ; elle est munie de châssis vitrés permettant à la vue de s'étendre dans tous les sens. La caisse repose, par deux pivots, sur deux bogies à deux essieux. Chacun de ces essieux est commandé par un moteur électrique au moyen d'une

seule paire d'engrenages. L'avant et l'arrière de la caisse sont aménagés pour y loger les résistances de démarrage et les câbles de connexion. La cabine centrale renferme le régulateur destiné au couplage des moteurs et à la manœuvre, ainsi que tous les organes accessoires de l'équipement électrique. Les appareils sont disposés pour permettre à volonté la

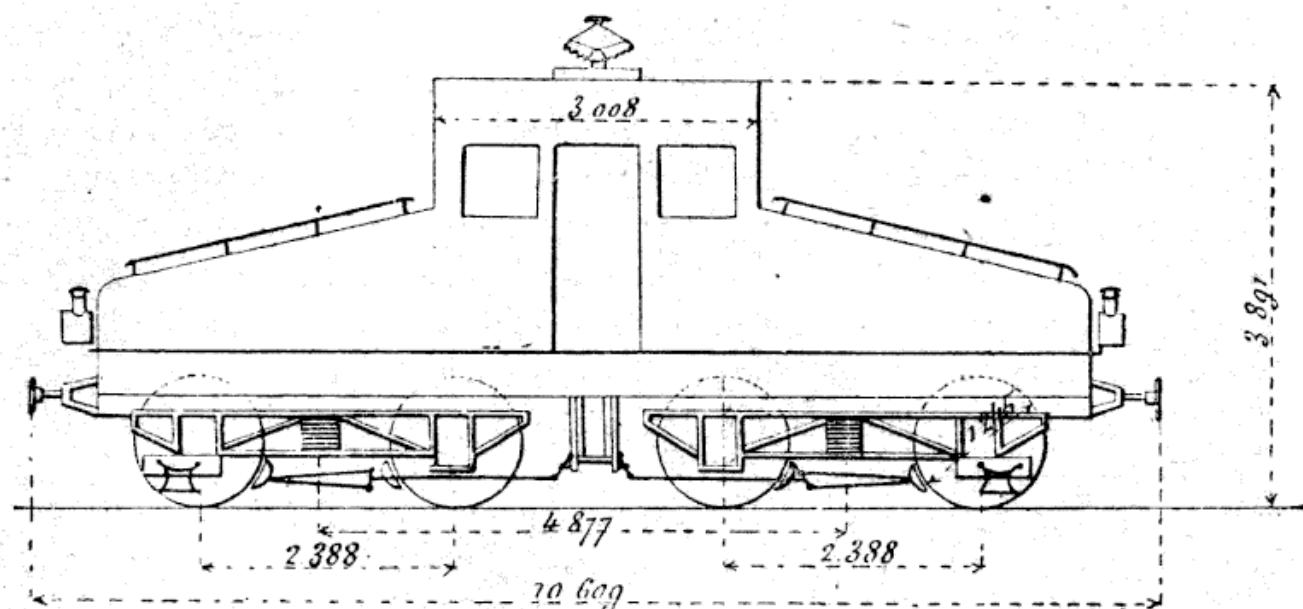


FIG. 81.

Locomotive électrique de la Compagnie d'Orléans.

marche avant ou arrière, sans qu'il soit nécessaire de tourner le véhicule. La locomotive est munie du frein Wenger ou du frein Westinghouse à action rapide et d'un sifflet fonctionnant par l'air comprimé. Le moteur électrique de la pompe à air est commandé automatiquement par la pression du réservoir. Le courant, transmis par le troisième rail, est capté par 4 frotteurs, placés latéralement, à la partie inférieure de la locomotive ; un cinquième frotteur, placé à la partie supérieure, permet de prendre, au besoin, le courant sur des conducteurs aériens, pour la circulation en souterrain. Chaque essieu des deux bogies porte une charge de 11 t. 250 ce qui donne à la locomotive un poids adhérent (1) total de

$$11 \text{ t. } 250 \times 4 = 45 \text{ tonnes,}$$

tous les essieux étant moteurs.

(1) Le coefficient d'adhérence admis pour l'étude de ce type de locomotive a été de 1/6.

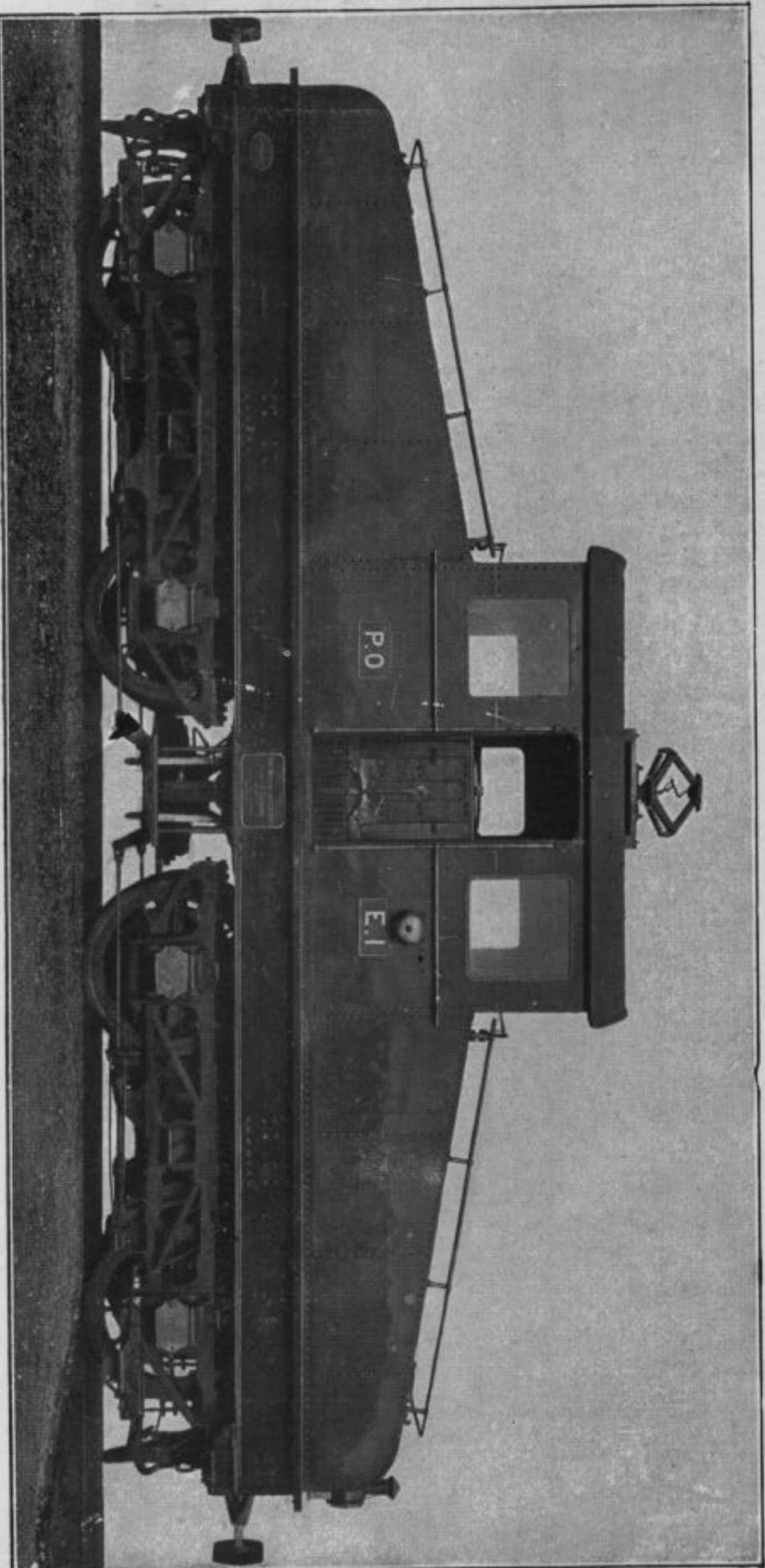


FIG. 81 *his*. — Locomotive électrique.

La puissance de ces « tracteurs » est de 700 chevaux (soit 175 HP pour chacun des 4 moteurs) et leur permet de remorquer des trains de 250 tonnes à la vitesse de 50 kilomètres (1) sur une ligne en palier comportant des courbes de 150 mètres. Ils démarrent en outre facilement 350 tonnes en rampe de 11 m/m.

La locomotive pèse 45 tonnes.

§ 6. — VOITURES AUTOMOTRICES

72. Objet et classification des voitures automotrices. — Pour desservir de grands centres rapprochés les uns des autres, ou la banlieue des grandes villes, on a songé à faire le service au moyen de voitures automobiles ou automotrices.

Les voitures *automotrices* se distinguent des voitures *automobiles* en ce qu'elles peuvent servir à remorquer d'autres voitures, tandis que les automobiles sont construites pour marcher normalement seules.

Il y a des automotrices *électriques*, des automotrices à *vapeur* et des automotrices à *air comprimé*. Ces dernières ne sont employées que pour la traction des tramways.

En Belgique, en Allemagne, en Italie, en Russie, en Amérique, on a mis en essai un certain nombre de voitures de divers types.

En France, les compagnies d'Orléans et du P. L. M. et le réseau de l'Etat ont essayé les voitures à vapeur du système Purrey.

73. Automotrice Purrey. — L'*automotrice Purrey* se compose d'une caisse à un seul étage, avec plate-forme à l'avant pour le mécanicien et le générateur, des compartiments au milieu pour les voyageurs et une plate-forme à l'arrière pour le conducteur et les voyageurs.

La caisse repose sur un châssis en fer profilé, semblable à ceux des wagons ordinaires, et est montée sur 2 essieux par des ressorts de suspension à lames parallèles, analogues à ceux des voitures à voyageurs.

Le moteur est du système compound à 4 cylindres montés en tandem : il est fixé sous le châssis, au-dessus de l'essieu avant et agit sur ce dernier par l'intermédiaire d'un arbre moteur et de deux chaînes.

(1) La vitesse des tracteurs électriques P. O. entre Paris-Austerlitz et Paris-Orsay n'a pas été prévue supérieure à 50 kilomètres par suite de l'existence de courbes de faible rayon (150 m.).

Le générateur est une chaudière verticale spéciale, timbrée à 20 kilogrammes et contenant 262 litres d'eau. Il comprend 2 collecteurs : le collecteur inférieur contient le foyer, la chaudière proprement dite et les tubes serpentins pour la vapeur surchauffée, qui viennent aboutir au collecteur supérieur.

La chaudière est chauffée au coke et le chargement du foyer se fait automatiquement, au moyen d'une trémie ; l'alimentation de la chaudière, qui est assurée par un réservoir de 1280 litres fixé sous le châssis, à l'arrière de la voiture, se fait automatiquement, à l'aide d'une pompe actionnée par un excentrique calé sur l'essieu arrière et d'un *petit cheval*.

Ce type d'automotrice présente un inconvénient : lorsqu'il est nécessaire de procéder à une visite ou à un entretien du moteur, il faut évidemment arrêter le véhicule complet. D'où inutilisation forcée de la voiture proprement dite.

On remédie à ce sérieux inconvénient en séparant le système moteur, du véhicule.

74. Automotrice de la Compagnie P. O. — Les automotrices de la Compagnie P. O. sont établies d'après cette règle.

Elles comportent :

1^o un truck moteur à 2 essieux, portant l'appareil moteur, les approvisionnements, les appareils d'alimentation et de freinage,

2^o une voiture, portée à l'arrière par un essieu, et dont l'avant vient s'appuyer sur le truck.

Le poids total du truck à vide est de 14.200 kilogrammes ; la voiture a 13 mètres de longueur totale de caisse et comporte 55 places assises, dont 25 de 1^{re} classe et 30 de 2^e classe ; ainsi qu'un compartiment pour 1500 kilogrammes de bagages.

Ces machines peuvent, à pleine charge, gravir une rampe de 20 m/m. par mètre à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure et soutenir, en palier, une vitesse de 60 kilomètres à l'heure.

Elles parcourent 30 kilomètres sans prendre d'eau et 60 kilomètres sans prendre de charbon.

75. Automotrice de la Compagnie du Nord. — De son côté, la Compagnie du Nord, après avoir essayé des voitures électriques à accumulateurs ainsi que des voitures à vapeur système Serpollet, a créé

une voiture à vapeur qui constitue à elle seule un véritable train léger avec 82 places et un petit fourgon à bagages (1).

Dans ce type, le moteur et un petit fourgon contigu occupent la partie centrale. A l'avant et à l'arrière se trouve une voiture à voyageurs dont les châssis sont articulés avec le châssis du moteur, de manière à permettre à volonté la marche avant ou la marche arrière. Le mécanicien a deux postes, suivant le sens de la marche et se place toujours à gauche sur un plancher surélevé, de manière que son regard puisse passer par-dessus les caisses des voitures extrêmes et ne soit pas gêné dans l'observation des signaux. Pour dégager encore plus complètement la vue, les voitures ont leur caisse désaxée symétriquement par rapport à l'axe longitudinal. Un couloir central est ménagé dans les voitures pour faciliter le contrôle, et les voyageurs ont accès aux compartiments par quatre plates-formes couvertes dont les deux extrêmes peuvent contenir chacune 8 personnes debout.

La chaudière, timbrée à 18 kilogrammes, est du type Turgan.

L'appareil moteur comprend un cylindre à haute pression et un cylindre à basse pression commandant chacun des manivelles calées à

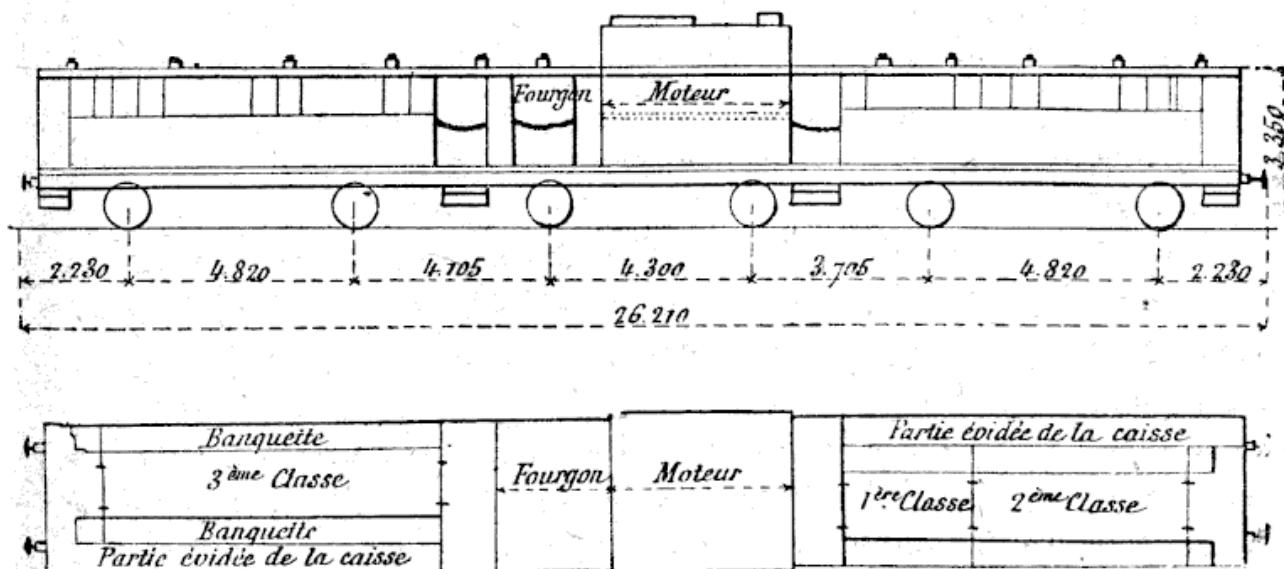


Fig. 82.

90° sur le même essieu. Avec cette voiture, dont nous donnons ci-dessus un croquis (fig. 82), on a pu atteindre des vitesses allant jusqu'à 70 kilomètres à l'heure.

Ce type de voiture automotrice a été étudié par M. du Bousquet, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction à la Compagnie du Nord.

75 bis. Automotrices des chemins de fer de l'État français.

— Pour faire face au trafic des voyageurs de plus en plus intense sur ses lignes de petite banlieue, les chemins de fer de l'État ont été amenés à envisager l'électrification de ces diverses artères dans le but d'augmenter, sans doubler les voies actuelles, la capacité de ces lignes et par suite d'augmenter la fréquence des trains.

En s'inspirant, pour la traction, de ce qui a été réalisé au Métropolitain et au Nord-Sud, les chemins de fer de l'État ont étudié une nouvelle voiture automotrice dont quelques unités ont été mises en service, en 1912, sur la section de Paris-Invalides à Meudon.

Voitures. — Ces voitures présentent les caractéristiques suivantes :

Longueur totale de la caisse.....	22 m. 35
Largeur —	2 m. 93
Hauteur du lanterneau au-dessus du rail	4 m. 06
Écartement des essieux extrêmes	18 m. 80
Empattement des essieux du bogie	2 m. 80
Nombre de bogies : 1 moteur, 1 porteur	2
Charge des essieux du bogie moteur : 1 ^{er}	17 t. 4
— — — — — 2 ^e	16 t. 6
Charge des essieux du bogie porteur, chacun	13 t.
Puissance des deux moteurs (1) (un sur chaque essieu du bogie moteur)	470 ch.
Nombre de places assises (y compris les strapontins) ..	100 pers.
Poids à vide.....	60 t.
— en charge	70 t.

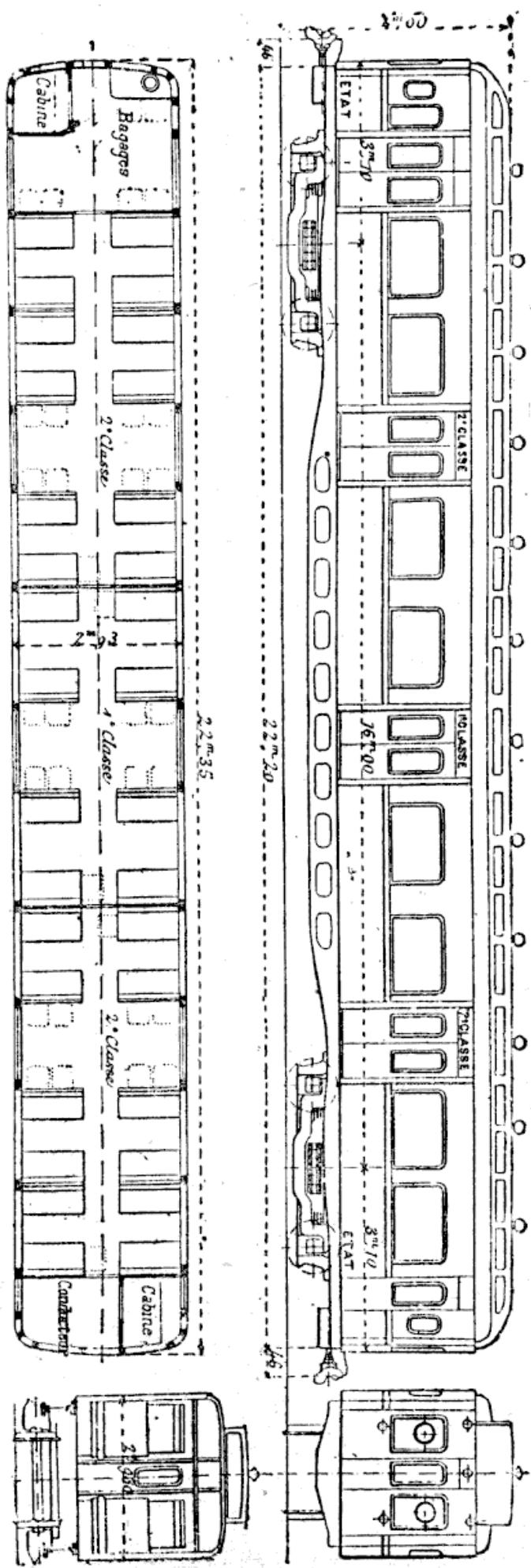
La caisse de la voiture est à doubles parois métalliques et comporte 5 compartiments desservis de bout en bout par un couloir central.

Les compartiments des extrémités contiennent les cabines du wattman, celles des bagages et du chef de train. Le compartiment du milieu est réservé aux voyageurs de 1^{re} classe (26 places assises), et les deux autres compartiments, situés entre celui de 1^{re} classe et les cabines, forment la 2^e classe (74 places assises).

Le châssis métallique supportant la caisse repose sur 2 bogies à 2 essieux.

Un seul de ces bogies est moteur et chacun de ses essieux porte un moteur de 235 chevaux.

(1) Dans les nouvelles voitures qui seront portées par 2 bogies à 3 essieux, il y aura 4 moteurs d'une puissance totale de 700 chevaux.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 82 bis.
Élevation, vue en bout, coupe transversale et plan d'une automotrice électrique des Chemins de fer de l'Etat.

La vitesse imprimée à la voiture sous une tension de 500 volts est de 70 kilomètres en palier et de 50 kilomètres en rampe de 10 millimètres.

Les équipements à unités multiples sont du type Sprague-Thomson-Houston et le démarrage est à accélération automatique.

Bien que ces voitures fonctionnent normalement seules, on a prévu aux heures d'affluence l'accouplement de plusieurs unités (1). Pour faciliter ce couplage on les a munies d'un attelage central; celui adopté est l'attelage automatique Boirault modifié, qui dérive de celui décrit dans la quatrième partie du Cours de chemins de fer.

Le freinage est du type Westinghouse avec triple valve montée sur chaque bogie.

Le chauffage est assuré sous les pieds des voyageurs par des chauffe-lettes et dans la voiture même par des radiateurs électriques pouvant maintenir la température ambiante à $+15^{\circ}$ par un froid de -10° .

Le courant électrique de 650 volts assurant 600 volts au moteur est pris sur un troisième rail, posé parallèlement à ceux de la voie, par des frotteurs d'un modèle spécial permettant la prise de courant soit par la face supérieure du troisième rail du type ordinaire, soit par la face interne d'un rail spécial. Ce dernier profil de rail a été adopté pour remédier aux effets de la neige et du verglas.

L'adhérence de ces voitures est remarquable : elle peut atteindre en moyenne sous l'action d'un courant triphasé 28 à 30 p. 100 du poids adhérent s'élevant ici à 34 tonnes environ, et sous l'action d'un courant monophasé de 22 à 25 p. 100 de ce même poids.

(1) Chaque unité fonctionne alors comme automotrice, et le train entier est commandé par un seul wattman.

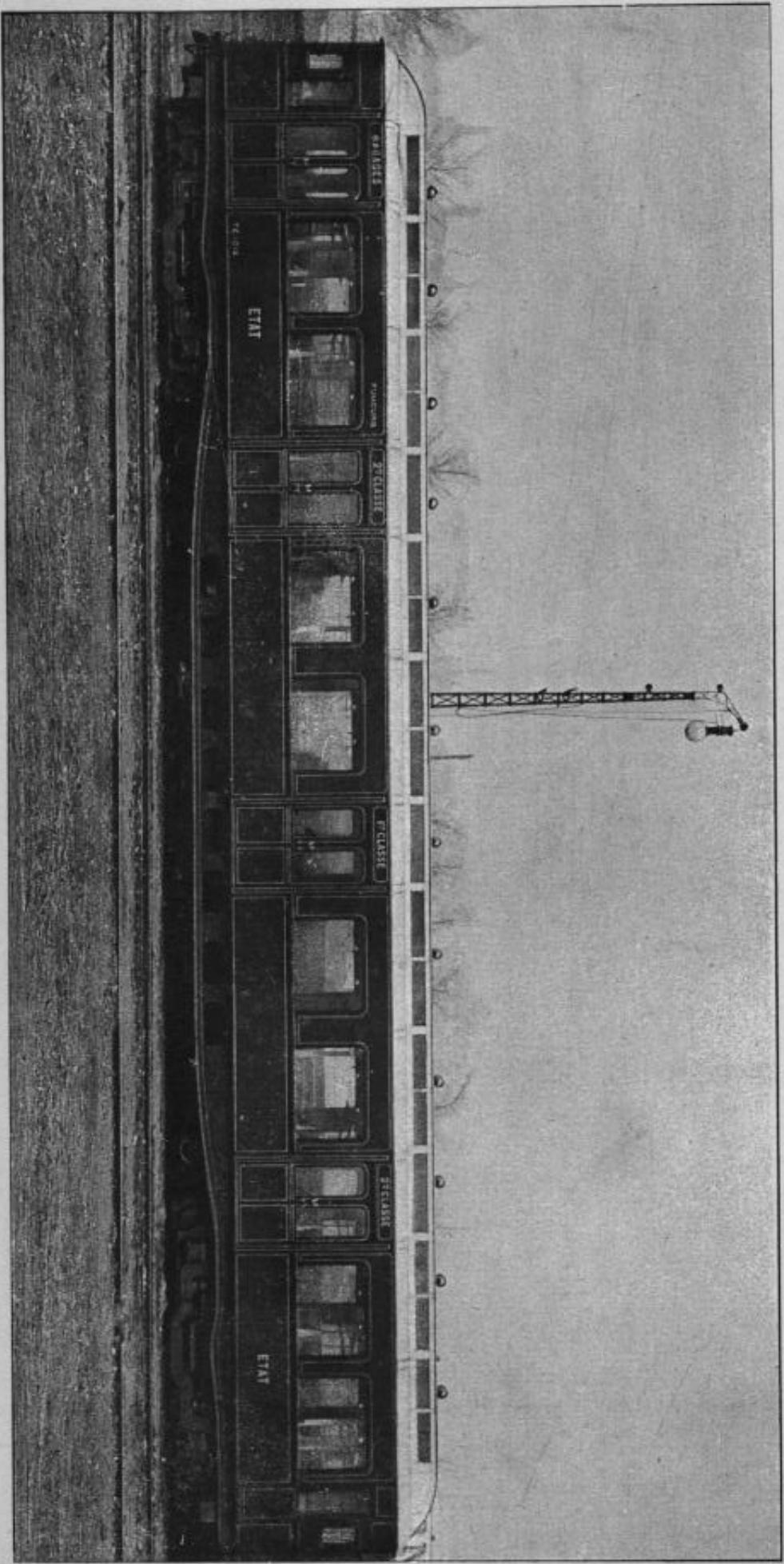
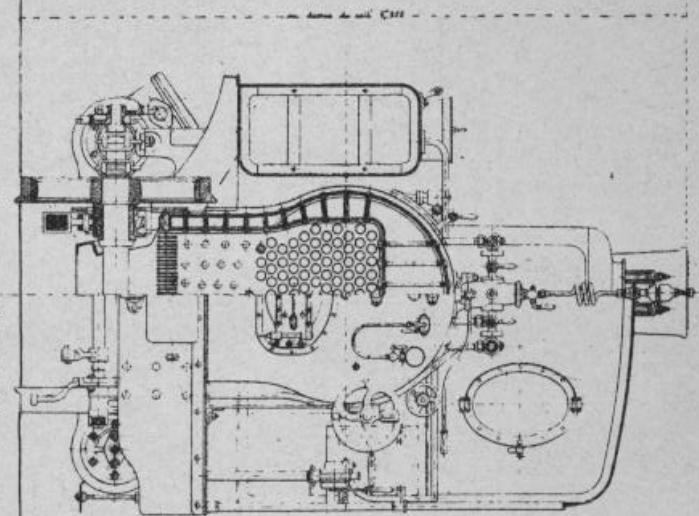
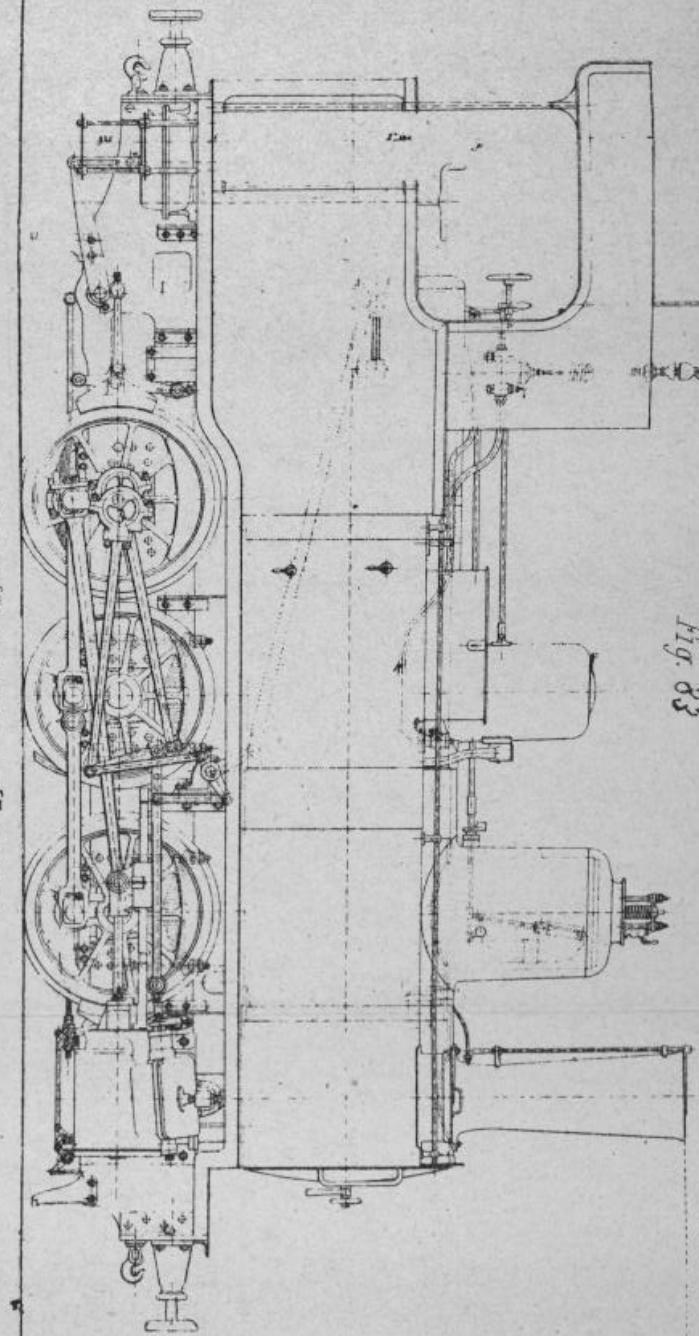


FIG. 82 *ter.* — Automotrice électrique des Chemins de fer de l'État.

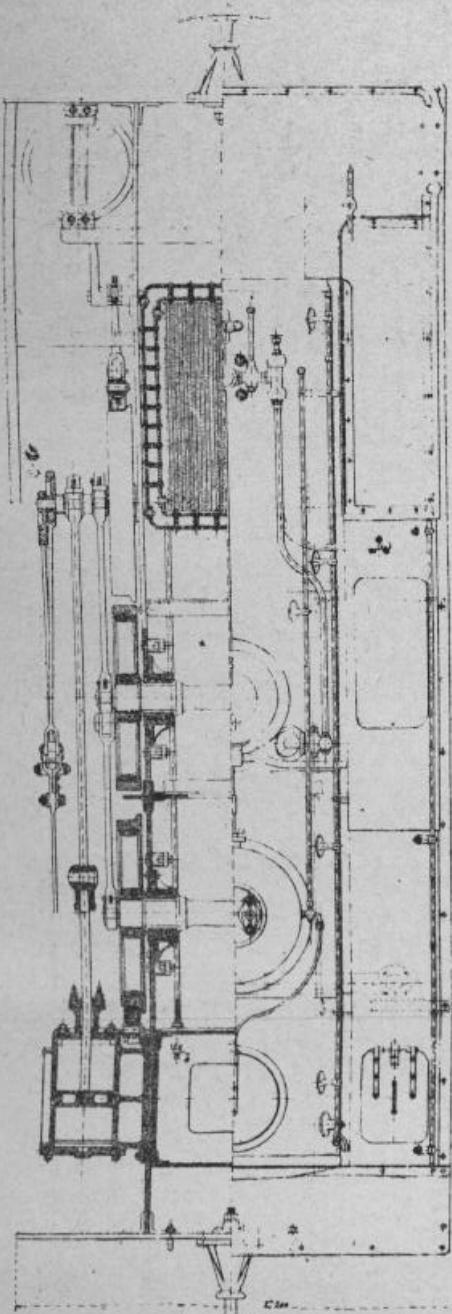
Locomotive à 6 roues complètes pour chemin de fer d'intérêt local.

Fig. 83



condizioni principali de la macchina

1. <i>Le</i>	Le
2. <i>La</i>	La
3. <i>Lequel</i>	Lequel
4. <i>Laquelle</i>	Laquelle
5. <i>Lequel</i>	Lequel
6. <i>Laquelle</i>	Laquelle
7. <i>Lequel</i>	Lequel
8. <i>Laquelle</i>	Laquelle
9. <i>Lequel</i>	Lequel
10. <i>Laquelle</i>	Laquelle
11. <i>Lequel</i>	Lequel
12. <i>Laquelle</i>	Laquelle
13. <i>Lequel</i>	Lequel
14. <i>Laquelle</i>	Laquelle
15. <i>Lequel</i>	Lequel
16. <i>Laquelle</i>	Laquelle
17. <i>Lequel</i>	Lequel
18. <i>Laquelle</i>	Laquelle
19. <i>Lequel</i>	Lequel
20. <i>Laquelle</i>	Laquelle
21. <i>Lequel</i>	Lequel
22. <i>Laquelle</i>	Laquelle
23. <i>Lequel</i>	Lequel
24. <i>Laquelle</i>	Laquelle
25. <i>Lequel</i>	Lequel
26. <i>Laquelle</i>	Laquelle
27. <i>Lequel</i>	Lequel
28. <i>Laquelle</i>	Laquelle
29. <i>Lequel</i>	Lequel
30. <i>Laquelle</i>	Laquelle
31. <i>Lequel</i>	Lequel
32. <i>Laquelle</i>	Laquelle
33. <i>Lequel</i>	Lequel
34. <i>Laquelle</i>	Laquelle
35. <i>Lequel</i>	Lequel
36. <i>Laquelle</i>	Laquelle
37. <i>Lequel</i>	Lequel
38. <i>Laquelle</i>	Laquelle
39. <i>Lequel</i>	Lequel
40. <i>Laquelle</i>	Laquelle
41. <i>Lequel</i>	Lequel
42. <i>Laquelle</i>	Laquelle
43. <i>Lequel</i>	Lequel
44. <i>Laquelle</i>	Laquelle
45. <i>Lequel</i>	Lequel
46. <i>Laquelle</i>	Laquelle
47. <i>Lequel</i>	Lequel
48. <i>Laquelle</i>	Laquelle
49. <i>Lequel</i>	Lequel
50. <i>Laquelle</i>	Laquelle
51. <i>Lequel</i>	Lequel
52. <i>Laquelle</i>	Laquelle
53. <i>Lequel</i>	Lequel
54. <i>Laquelle</i>	Laquelle
55. <i>Lequel</i>	Lequel
56. <i>Laquelle</i>	Laquelle
57. <i>Lequel</i>	Lequel
58. <i>Laquelle</i>	Laquelle
59. <i>Lequel</i>	Lequel
60. <i>Laquelle</i>	Laquelle
61. <i>Lequel</i>	Lequel
62. <i>Laquelle</i>	Laquelle
63. <i>Lequel</i>	Lequel
64. <i>Laquelle</i>	Laquelle
65. <i>Lequel</i>	Lequel
66. <i>Laquelle</i>	Laquelle
67. <i>Lequel</i>	Lequel
68. <i>Laquelle</i>	Laquelle
69. <i>Lequel</i>	Lequel
70. <i>Laquelle</i>	Laquelle
71. <i>Lequel</i>	Lequel
72. <i>Laquelle</i>	Laquelle
73. <i>Lequel</i>	Lequel
74. <i>Laquelle</i>	Laquelle
75. <i>Lequel</i>	Lequel
76. <i>Laquelle</i>	Laquelle
77. <i>Lequel</i>	Lequel
78. <i>Laquelle</i>	Laquelle
79. <i>Lequel</i>	Lequel
80. <i>Laquelle</i>	Laquelle
81. <i>Lequel</i>	Lequel
82. <i>Laquelle</i>	Laquelle
83. <i>Lequel</i>	Lequel
84. <i>Laquelle</i>	Laquelle
85. <i>Lequel</i>	Lequel
86. <i>Laquelle</i>	Laquelle
87. <i>Lequel</i>	Lequel
88. <i>Laquelle</i>	Laquelle
89. <i>Lequel</i>	Lequel
90. <i>Laquelle</i>	Laquelle
91. <i>Lequel</i>	Lequel
92. <i>Laquelle</i>	Laquelle
93. <i>Lequel</i>	Lequel
94. <i>Laquelle</i>	Laquelle
95. <i>Lequel</i>	Lequel
96. <i>Laquelle</i>	Laquelle
97. <i>Lequel</i>	Lequel
98. <i>Laquelle</i>	Laquelle
99. <i>Lequel</i>	Lequel
100. <i>Laquelle</i>	Laquelle



CHAPITRE III

MODES DE TRACTION DES CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL ET DES TRAMWAYS

SOMMAIRE. — § 1^{er} CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL : Locomotives. Voitures et Wagons. Ateliers. Dépenses de traction.

§ 2. TRAMWAYS : Modes de traction. Traction électrique. Traction à air comprimé. Locomotives à vapeur. Alimentation d'eau. Remises à machines. Ateliers et bureaux.

§ 3. CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN DE PARIS : Voitures automotrices.

§ 1^{er}. — CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

76. Locomotives. — Sur les chemins de fer d'intérêt local, la traction se fait à peu près exclusivement au moyen de locomotives à vapeur.

Le type le plus couramment adopté est la locomotive-tender, à trois essieux couplés, pouvant emporter un approvisionnement de 1.500 kilogrammes de charbon et 3.000 litres d'eau (fig. 83). Son poids adhérent, en ordre de marche, varie de 7 à 8 tonnes par essieu, et son effort maximum théorique de traction est de 5.000 à 6.000 kilogrammes, avec une chaudière timbrée de 12 à 15 kilogrammes. Les roues motrices ont ordinairement de 0 m. 90 à 1 m. 10 de diamètre et les pistons 0 m. 30, avec une course de 0 m. 45.

Certains types de machines, comportent un essieu porteur à l'avant, muni de boîtes radiales, ou un train de bissel. En outre, pour augmenter leur puissance, les locomotives sont quelquefois du système compound.

Au début, on avait employé des machines d'un type beaucoup plus faible, mais on a reconnu depuis que c'était une économie mal comprise et la tendance est aujourd'hui de n'utiliser que des machines fortes.

En pays de montagne, le type des locomotives est renforcé, de manière à ce qu'il soit toujours possible de remorquer une centaine de tonnes à 20 ou 25 kilomètres à l'heure, vitesse ordinaire des trains sur les lignes à voie étroite.

Le tableau ci-dessous (fig. 84) donne les caractéristiques de quelques locomotives pour voie étroite ayant figuré à l'exposition de Liège, en 1905.

NUMÉRO d'ordre	Largeur à la voie mètres	CONSTRUCTEURS	DISPOSITION des roues accouplées ou porteuses	Diamètre des roues motrices mètres	Empattement rigide mètres	POIDS	
						Maximum en Service tonnes	Moyen adhérent tonnes
1	0,50	Ateliers de Constructions électriques de Charleroi.....	○○	0,50	1,200	6,	6,
2	0,60	Société anonyme des Ateliers de Construction de la Meuse.	○○	0,60	1,	7,	6,500
3	0,60	Société Decauville, à Petit-Bourg.....	○○	0,50	0,850	4,750	4,
4	1,	Société de Construction des Batignolles.....	○○○○○	1,23	3,	38,500	30,
5	1,	Veuve Corpet et Louvet.....	○○○○○	1,06	2,280	24,800	18,300
6	1,	Société Decauville, à Petit-Bourg.....	○○○○	0,80	1,720	14,500	13,400

FIG. 84. — Locomotives à voie étroite.

Chaque locomotive est conduite par un mécanicien et un chauffeur affectés toujours à la même machine. Il n'y a pas lieu, en effet, sur des lignes où le nombre de trains journaliers est toujours très réduit, d'envisager le système des équipes multiples appliquées à la même machine, d'autant plus que le type des locomotives employées ne résisterait pas longtemps au surmenage que subissent les locomotives dites *banales* et que le mécanicien doit, au contraire, s'appliquer d'une manière toute spéciale à entretenir sa machine en parfait état.

L'alimentation en eau des machines peut se faire économiquement, quand on n'a pas besoin d'un grand cube d'eau, en établissant, dans

certaines stations, des cuves de 20 m.³ environ de capacité, auxquelles les machines s'alimentent directement et dont on fait le plein au moyen d'éjecteurs ou de pulsomètres mis en action par la vapeur des locomotives elles-mêmes.

77. Voitures et Wagons. — Les voitures à voyageurs sont montées sur deux essieux ou sur bogies, ce dernier système facilitant leur inscription dans les courbes qui peuvent être de très faible rayon. Elles sont, le plus souvent, munies du frein continu.

Sur certains réseaux, elles ont un couloir central et sont chauffées au thermo-siphon.

Quant aux wagons à marchandises ils ne comportent généralement que deux essieux avec faible empattement.

78. Ateliers. — Sur ces petits réseaux, il importe d'apporter un soin tout particulier à l'entretien du matériel roulant et de réparer sans retard les moindres avaries de ce matériel si l'on veut assurer un entretien économique. On doit, à cet effet, disposer d'ateliers convenablement outillés que l'on place sous la direction d'un chef de dépôt, lequel sera, en même temps, chargé de la surveillance du personnel de conduite des machines.

79. Dépenses de traction. — Avant 1914 les dépenses annuelles de traction, par kilomètre de ligne, variaient de 900 francs à 1200 francs, suivant le nombre de trains journaliers mis en marche. Il faudrait aujourd'hui au moins tripler cette évaluation.

§ 2. — TRAMWAYS

80. Modes de traction. — Les modes de traction appliqués aux tramways sont extrêmement variables, surtout si l'on y comprend les tramways des villes. En outre de l'ancienne traction à chevaux, de la traction à vapeur, de la traction électrique et de celle à air comprimé, il faudrait encore citer : la traction par la vapeur comprimée (locomotives sans foyer), celle par moteurs à explosion, etc... Mais nous dépasserions les limites de notre cadre, et les renseignements qui suivent ne concer-

nent guère que les chemins de fer ou les tramways se développant sur une certaine étendue de territoire en desservant des régions rurales. Pour cette catégorie de lignes, ce sont les locomotives à vapeur qui sont le plus employées. On ne trouve que quelques applications, dans des régions spéciales, de tracteurs électriques ou de tracteurs à air comprimé.

81. Traction électrique. — Lorsque ce dernier système est employé, on se sert de voitures automotrices empruntant leur énergie électrique à des conducteurs aériens ou souterrains, ou encore à un troisième rail placé à côté des rails de la voie. Quant à la nature et au mode d'emploi des moteurs, ils ont leur place dans le *Cours d'Électricité Industrielle* de l'Ecole, auquel nous ne pouvons que nous référer.

82. Traction à air comprimé. — Dans ce mode de traction, l'effort moteur est produit par une automotrice tirant son énergie de l'air comprimé emmagasiné dans des réservoirs portés par le véhicule même.

L'air comprimé est produit dans une usine qui comprend habituellement des générateurs de vapeur à grande surface de chauffe et des compresseurs d'air constitués chacun par deux corps de pompe à simple effet : le premier refoulant l'air à 6 kilogrammes environ par centimètre carré, le deuxième aspirant ce même air et le refoulant à 45 kilogrammes.

Le moteur à vapeur sert à mettre en action les pompes des compresseurs.

L'automotrice comporte une caisse, généralement avec étage et reposant directement sur le châssis. Elle est divisée en 3 parties : 1^o la plate-forme avant, où sont installés les réchauffeurs à eau (1), les appareils de manœuvre et de sécurité et où se tient le mécanicien ; 2^o la caisse proprement dite, en bois et tôle, qui comprend environ 20 places d'intérieur et 24 places d'impériale ; 3^o la plate-forme arrière, où se tient le conducteur et où est établi l'escalier donnant accès à l'impériale.

Le châssis, en fer, repose sur 2 essieux avec faible empattement ou

(1) Le but de ces réchauffeurs est de compenser le froid que produit la détente de l'air comprimé et qui nuirait au bon fonctionnement du mécanisme.

sur 2 bogies par des ressorts à lames parallèles, analogues à ceux des wagons de chemins de fer.

Les cylindres avec tout le mécanisme sont placés à l'extérieur des longerons mais ils sont protégés de la boue et de la poussière par une enveloppe en tôle dans laquelle on a ménagé des postes de visite.

Les bielles des pistons attaquent les essieux par des manivelles calées sur ces essieux.

Les réservoirs d'air, cylindriques, en plus ou moins grand nombre suivant le parcours à effectuer, sont disposées sous le plancher de la voiture et transversalement à la voie.

Ces voitures peuvent gravir des rampes de 50 m/m. et sont établies pour fournir un parcours de 15 kilomètres environ sans rechargement.

Le rechargement des voitures s'opère sur la voie, au droit de l'usine, au moyen de bouches de chargement ; à cet effet, leurs appareils sont mis en communication :

Le réchauffeur, avec la vapeur des générateurs, qui élève la température de l'eau à 160 degrés environ ;

Les réservoirs d'air, avec les accumulateurs de l'usine, d'abord, et ensuite directement avec les pompes, pour atteindre la pression finale (45 kilogrammes environ).

83. Locomotives à vapeur. — Quant aux locomotives à vapeur employées pour la traction des tramways, elles sont identiques à celles des chemins de fer d'intérêt local à voie de 1 mètre. Ce sont, en général, des locomotives-tenders à trois essieux couplés, conduites par un mécanicien et un chauffeur. Pour les voitures isolées ou pour les trains dont tous les véhicules sont munis du frein continu, le Ministre des Travaux publics peut autoriser la suppression du chauffeur, sous la réserve que le conducteur chef du train puisse toujours accéder à la machine et soit en état de l'arrêter en cas de besoin.

De même que pour les chemins de fer d'intérêt local, on avait tout d'abord adopté comme type de locomotive de tramway, des machines relativement légères, en raison du faible tonnage qu'elles doivent ordinairement remorquer, mais l'expérience est venue démontrer qu'avec des déclivités aussi accusées qu'il s'en trouve sur une ligne de tramways (jusqu'à 40 millimètres par mètre), et avec des courbes dont le rayon peut descendre à 40 mètres, il fallait pouvoir disposer de machines fortes, si l'on ne voulait pas s'exposer à de fréquentes détresses. On peut

donc dire qu'aucune différence n'existe entre une ligne d'intérêt local et un tramway, quant au mode de traction. Il en est de même pour ce qui concerne les types de voitures et de wagons utilisés dans les deux cas.

84. Alimentations d'eau. — Mêmes dispositions aussi quant à l'alimentation en eau des machines. Des prises d'eau sont installées tous les 20 kilomètres environ, comme pour les lignes d'intérêt local, et l'élévation de l'eau s'y fait aussi au moyen de pulsomètres ou d'éjecteurs. Quelquefois même, mais généralement pour des alimentations de secours rarement utilisées, on a simplement recours à des pompes à bras.

85. Remises à machines. — Des remises à machines doivent être établies dans les stations terminus. On en installe même dans certaines stations de bifurcation, chaque fois que le *roulement*, c'est-à-dire le mode d'utilisation des machines les amène à y passer la nuit. Dans ce cas, un réfectoire et un dortoir sont toujours annexés à la remise.

Des approvisionnements de combustibles doivent aussi être constitués en permanence auprès des remises pour permettre aux locomotives de compléter ou de renouveler leur chargement.

86. Ateliers et bureaux. — Dans toute exploitation de tramways, il faut pouvoir disposer d'ateliers suffisamment outillés pour y faire les réparations des machines et des wagons. Ces ateliers doivent sur le réseau occuper une position centrale pour éviter, autant que possible, les longs parcours du matériel qui doit y être dirigé et ils doivent se trouver, en même temps, dans une localité assez importante pour que les ouvriers puissent s'y installer facilement. Il y a, d'ailleurs, intérêt à ce que ces ateliers soient sous les yeux du Chef de l'Exploitation, c'est-à-dire dans la même résidence que celui-ci afin de lui permettre d'assurer une surveillance et une direction plus efficaces.

§ 3. — CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN DE PARIS

Le chemin de fer métropolitain de Paris, est un exemple exceptionnel de chemin de fer d'intérêt local à traction électrique (1).

(1) Il a été classé comme chemin de fer d'intérêt local par la loi du 30 Mars 1898.

87. Voitures automotrices. — C'est le système de traction par voitures automotrices que le métropolitain de Paris a adopté. L'avant de ces voitures est aménagé en loge pour le wattman, qui a sous la main tous les appareils de commande du train : mise en marche, frein à air comprimé, sablière, etc. Dans cette même loge se trouve un tableau de distribution sur lequel sont réunies les commandes des appareils accessoires, éclairage, chauffage, etc... et, au-dessous de ce tableau, le compresseur d'air des freins, actionné par une petite dynamo.

La prise de courant sur le rail conducteur se fait par un sabot frotteur, suspendu par une liaison élastique au-dessous des boîtes à huile des voitures motrices. Un câble isolé, partant de ce sabot, conduit le courant aux moteurs, lesquels, au nombre de deux par voiture, sont du système Westinghouse, ont une puissance de 100 chevaux à pleine charge et tournent à la vitesse de 450 tours par minute.

Chaque moteur, placé sous la caisse de la voiture actionne, par une roue d'engrenage de 0 m. 630 de diamètre, un pignon de 0 m. 265 de diamètre, calé sur l'essieu.

CHAPITRE IV

FORMULES ET PROBLÈMES DE TRACTION

SOMMAIRE. — § 1^{er} FORMULES: Travail, en chevaux-vapeur, d'une locomotive à simple expansion. Equation de la locomotive. Effort de traction. Formules de Desdouits :

(a) Résistance des machines et tenders des trains de voyageurs. (b) Résistance des machines et tenders des trains de marchandises. (c) Résistance au roulement du train seul. (d) Résistance due aux courbes. (e) Résistance due aux déclivités.

Coefficients de Sauvage.

§ 2. PROBLÈMES DE TRACTION : Calcul de la puissance en chevaux-vapeur, d'une locomotive dont les conditions principales d'établissement sont données. Calcul de la puissance en chevaux-vapeur d'une locomotive, étant données : la charge à remorquer, la vitesse à atteindre et les caractéristiques (en plan et en profil) de la ligne à parcourir. Détermination des conditions d'établissement d'une locomotive de puissance donnée.

§ 1^{er}. — FORMULES

88. Travail, en chevaux-vapeur, d'une locomotive à simple expansion. — Nous avons déjà donné, dans la première partie du Cours, quelques notions sur la traction des trains, ainsi que les formules expérimentales nécessaires au calcul des charges remorquées sur une ligne de tracé et de profil donnés.

Nous avons indiqué, notamment, que le travail en chevaux-vapeur d'une locomotive à simple expansion était donné pratiquement par la formule empirique :

$$T = K \sqrt{G C_r P},$$

dans laquelle K est un coefficient variable de 18 à 22, suivant le type de machine,

G la surface de grille en mètres carrés,

G , la surface de chauffe réduite, obtenue en ajoutant à la surface de chauffe du foyer (ciel et faces verticales) le tiers de la surface intérieure des tubes, le tout en mètres carrés,

P la pression par centimètre carré, marquée par le timbre de la chaudière.

Cette formule indique que le travail dépend surtout des dispositions du foyer et de la chaudière, c'est-à-dire de la quantité et de la tension de la vapeur dont on peut disposer. Elle donne le travail *maximum* qu'on peut demander à la machine, étant données la disposition de ses organes et la manière dont elle utilise la chaleur de son foyer pour produire de la vapeur.

Ce travail maximum est aussi, par définition, le produit de l'effort de traction par l'espace parcouru à la seconde, de sorte qu'une locomotive de puissance donnée disposera d'un effort de traction d'autant plus petit qu'on voudra obtenir une vitesse plus grande, et d'un effort de traction d'autant plus grand qu'on se contentera d'une vitesse plus réduite.

On peut donc dire que le travail produit en marche, à chaque instant, varie avec l'effort de traction et la vitesse, et qu'il n'est maximum que dans les cas, assez rares d'ailleurs, où la machine utilise toute sa puissance de vaporisation.

89. Equation de la locomotive. — Nous pouvons, d'ailleurs, évaluer le travail moteur d'une machine, ainsi que le travail résistant en rapport avec les dimensions du mécanisme et la pression effective de la vapeur dans les cylindres, et établir ce qu'on appelle *l'équation de la locomotive*.

Appelons :

p la pression par mètre carré de la vapeur dans les cylindres,

d le diamètre intérieur des cylindres, en mètres,

l la course des pistons, également en mètres,

Le travail moteur, pendant une course de piston, est égal à la pression totale sur une face du piston, soit

$$p \times \frac{\pi d^2}{4},$$

multipliée par l'espace parcouru l , soit

$$p \times \frac{\pi d^2 l}{4}$$

À chaque coup de piston, ce travail est produit deux fois, une fois à l'aller, une fois au retour, et comme il y a deux cylindres à la locomotive, le travail total correspondant à un coup de piston est :

$$p \pi d^2 l$$

et si on appelle n le nombre des coups de piston, aller et retour, par seconde, le travail moteur, dans l'unité de temps, sera :

$$T_m = p \pi d^2 l n$$

Etablissons maintenant le travail résistant.

Les différentes résistances à vaincre pour produire le mouvement du train peuvent être ramenées à une seule force tangente à la circonférence des roues motrices à leur point de contact avec les rails et dirigée en sens inverse du mouvement. Dans le cas où le mouvement du train est uniforme, cette force, que nous appellerons R , est égale et contraire à l'effort de traction.

Si D est le diamètre des roues motrices, l'espace parcouru pendant un tour de roue est égal à πD et comme il y a autant de tours de roue que de coups de piston, c'est-à-dire n par seconde, le travail résistant dans l'unité de temps se trouve représenté par

$$T_r = R \pi D n$$

Le mouvement du train étant supposé uniforme, le travail moteur est égal au travail résistant et on a la relation :

$$p \pi d^2 l n = R \pi D n,$$

ou, en simplifiant :

$$R D = p d^2 l,$$

relation qu'on peut appeler *l'équation de la locomotive*.

90. Effort de traction. — Cette équation montre la relation qui existe entre l'effort théorique de traction, que nous pouvons appeler F et qui est égal à R , les dimensions principales du mécanisme et la pression de la vapeur dans le cylindre.

Cette formule peut s'écrire :

$$F = \frac{p d^2 l}{D} \text{ (voir 1^{re} partie du Cours)}$$

Il est clair que, pour une machine de dimensions données, F sera maximum lorsque p aura sa plus grande valeur.

En pratique, on ne peut développer un si grand effort de traction, parce que la vapeur n'agit jamais à pleine pression pendant toute la course du piston et parce que les frottements sont inévitables. On estime qu'avec les dispositions usuelles des locomotives, on ne peut recueillir qu'environ les 2/3 ou 0,65 du travail calculé, de sorte que la formule pratique devient

$$\text{maximum de } F = 0,65 \frac{p d^2 l}{D}.$$

Si l'on veut avoir F en kilogrammes, il faut prendre par centimètre carré, d en centimètres, l et D en mètres.

La réduction du 1/3 pour évaluer l'effort pratique de traction est assez largement estimée et il arrive que les locomotives développent parfois un effort supérieur.

Cet effort de traction est celui qu'exercent les roues motrices ; il sert non seulement à tirer le train, mais encore à faire avancer la locomotive elle-même : l'effort sur le crochet de traction d'arrière que peut enregistrer un dynamomètre est donc moindre.

Dans toute machine bien établie, le maximum de F doit être à peu près égal à l'adhérence maximum. Il ne servirait à rien de donner à F une valeur notablement supérieure à cette adhérence, puisque cette valeur ne pourrait être utilisée en pratique : le seul résultat serait d'exposer la machine à patiner quand elle fonctionnerait à pleine admission.

Il n'y a que dans les lignes de montagne que cela peut être utile, mais à la condition d'avoir, dans l'axe de la voie, une crémaillère sur laquelle la machine prend son point d'appui.

De l'examen de la formule ci-dessus de l'effort de traction, et par suite de la présence de D au dénominateur, on déduit aussitôt que l'effort de traction disponible sera d'autant plus grand que D sera plus petit, ce qui explique pourquoi les locomotives à marchandises ont des roues de plus petit diamètre que celles à voyageurs, pour lesquelles on désire avoir de la vitesse au détriment de l'effort de traction, c'est-à-dire, au fond, au détriment de la charge remorquée.

Le diamètre des cylindres est généralement compris entre 0 m. 35 et 0 m. 55 et la course des pistons varie entre 0 m. 45 et 0 m. 65. Pour assurer la conservation des organes moteurs, il ne faut pas que le nombre de

coups de piston à la seconde soit trop considérable. On ne doit pas dépasser quatre à cinq tours de roue par seconde, ni descendre au-dessous de 1,5 à 2 tours de roues en pleine marche, sinon la machine n'aurait plus une force vive suffisante pour franchir les inégalités de la voie.

Les chaudières, qui étaient autrefois timbrées à 9 kilogrammes par centimètre carré, le sont aujourd'hui jusqu'à 16 kilogrammes, avec une tendance marquée à dépasser encore ce dernier chiffre (1).

Quant aux roues motrices, leur diamètre varie de 1 m. 25 à 2 m. 30, suivant qu'il s'agit de locomotives à marchandises ou de machines de grande vitesse.

91. Formules de Desdouits. — Nous avons donné, dans la première partie du Cours, les formules Desdouits qui servent à déterminer les diverses résistances que doivent vaincre les trains. Nous les rappelons ici :

a) Résistance des machines et tenders des trains de voyageurs :

$$R = 1 \text{ kilog.} + 0,17 V,$$

R étant la résistance en kilogrammes par tonne du poids total (machine et tender);

V la vitesse en kilomètres à l'heure.

b) Résistance des machines et tenders des trains de marchandises :

$$R = 3 \text{ kilog.} + 0,17 V.$$

Cette dernière formule est aussi applicable aux voies étroites.

c) Résistance au roulement du train seul. (Voie normale et voie étroite).

Jusqu'à 60 kilomètres environ :

$$R = 1 \text{ kilog.} 50 + 0,0007 V^2$$

Au delà de 60 kilomètres :

$$R = 1 \text{ kilog.} 50 + 0,04 V.$$

d) Résistance due aux courbes :

$$S = \frac{500 l}{R},$$

(1) Les machines des types les plus récents sont timbrées à 18 kilogrammes.

S étant l'accroissement de résistance, exprimé en kilogrammes par tonne, du poids total du train,

t la largeur de la voie (1,44 ou 1,00),

R le rayon de la courbe, en mètres.

e) **Résistance due aux déclivités.** (voie normale et voie étroite) :

1 kilog. par tonne et par millimètre de déclivité.

Ces formules s'appliquent au matériel ordinaire ; elles devraient être un peu réduites avec le matériel à bogies.

92. Coefficients de Sauvage. — D'après Sauvage, la résistance d'un train en palier, avec matériel à bogies, tenders compris, serait :

3 kilogrammes par tonne pour une vitesse de 40 kilomètres

5	—	—	70	—
7	—	—	100	—

Pour la résistance des locomotives, il faut doubler les coefficients ci-dessus.

§ 2. PROBLÈMES DE TRACTION

93. Calcul de la puissance en chevaux-vapeur d'une locomotive dont les conditions principales d'établissement sont données. — Ayant déjà donné, dans la première partie du Cours, le calcul des charges remorquées, nous n'y reviendrons pas ici, mais il est intéressant de chercher à comparer les résultats obtenus par l'application des diverses formules données ci-dessus, dans la solution de quelques problèmes de traction d'un usage courant.

Ainsi, si l'on demande quelle est la puissance, en chevaux-vapeur, d'une locomotive dont on donne les conditions principales d'établissement, on peut obtenir cette puissance en appliquant soit la formule empirique soit la formule théorique.

Avec la première $T = K \sqrt{GC_rP}$, si l'on a donné la surface de grille = 2 m.² 64, le foyer = 9 m.² 64, les tubes = 186 m.² et la pression

de la chaudière = 10 kilos, nous aurons, en prenant pour surface de chauffe réduite :

$$9,64 + \frac{186}{3} = 71,64$$

$$T = 22 \sqrt{2,08 \times 71,64 \times 10} = 22 \times 38,6 = 849 \text{ HP, 2.}$$

Avec la formule théorique de l'effort de traction

$$F = 0,65 \frac{p d^2 l}{D},$$

si l'on a donné : $d = 54 \text{ cm.}$, $l = 0,66$ et $D = 1,30$, nous aurons

$$F = 0,65 \times \frac{10 \times 54^2 \times 0,66}{1,30} = 9.622 \text{ kil. 60},$$

et, si l'on admet une vitesse en palier de 25 kilomètres à l'heure, qui est la vitesse moyenne d'une locomotive à marchandises à roues de 1 m. 30, on obtient :

$$\frac{9.622,6 \times 25.000}{3.600} = 66.824 \text{ kilogrammètres,}$$

ou

$$\frac{66.824}{75} = 891 \text{ chevaux-vapeur.}$$

On voit que la formule théorique donne des résultats un peu supérieurs à la formule empirique. On déduit aussi du dernier calcul que si l'on voulait réaliser une vitesse moyenne supérieure à 25 kilomètres, il faudrait une machine plus puissante.

Enfin, on voit que si l'adhérence d'une telle locomotive est évaluée au 1/7 environ du poids total porté par les essieux moteurs, ce poids total sera :

$$7 \times 9.622 \text{ kil. 6} = 67.358 \text{ kil. 20}$$

et devra être réparti sur quatre essieux, chargés chacun d'environ 16 ou 17 tonnes.

94. Calcul de la puissance en chevaux-vapeur d'une locomotive, étant données : la charge à remorquer, la vitesse à atteindre et les caractéristiques en plan et en profil de la ligne à parcourir. — Nous pouvons nous proposer de déterminer la puissance en chevaux-vapeur d'une locomotive de vitesse devant pouvoir traîner 300 tonnes à la vitesse de 80 kilomètres à l'heure sur une rampe

de 0 m. 005 et dans une courbe de rayon = 1000 m. Nous admettrons qu'une telle machine pèse 60 tonnes et son tender 35 tonnes.

Avec les formules Desdouits, la machine, pour se mouvoir avec son tender à 80 kil., devra vaincre une résistance :

$$R = (1 \text{ kil.} + 0,17 \times 80) \times 95 = \dots \dots \dots \quad 1.387 \text{ kil.}$$

Sur une rampe de 0 m. 005, il y aura, en plus : $5 \times 95 = 475$, » et dans une courbe de 1000 m. :

$$\frac{500 \times 1,44}{1000} \times 95 = \quad 68,4$$

Le train pesant 300 tonnes devra vaincre la résistance :

$$R = (1,50 + 0,04 \times 80) \times 300 = \dots \dots \dots \quad 1.005, \text{ »}$$

Sur une rampe de 0,005, il faudra ajouter : $300 \times 5 = 1.500$, » et dans une courbe de 1000 m. :

$$\frac{500 \times 1,44}{1000} \times 300 = \quad 216, \text{ »}$$

$$\text{Total des résistances ou de l'effort de traction} = \dots \dots \quad 4.651,4$$

La vitesse à réaliser étant 80 kilomètres, soit 22 m. 22 à la seconde, la puissance de la locomotive en chevaux-vapeur, sera de :

$$\frac{4.651,4 \times 22,22}{75} = 1378 \text{ HP.}$$

Avec les coefficients de Sauvage, nous aurions eu :

Pour la locomotive sans tender : $(11 \text{ k. 4} + 5 + 0,72) \times 60 = 1.027 \text{ k. 2}$

Pour le train, tender compris : $(5 \text{ k. 7} + 5 + 0,72) \times 335 = 3.825 \text{ k. 7}$

Total des résistances ou de l'effort de traction = 4.852 k. 9

correspondant à un travail, en chevaux-vapeur, de :

$$\frac{4.852,9 \times 22,22}{75} = 1.436 \text{ HP.}$$

et nécessitant un poids adhérent de :

$$4.852,9 \times 7 = 33.970 \text{ k. 3.}$$

On voit qu'ici encore, les coefficients de Sauvage donnent des résultats un peu supérieurs à ceux des formules Desdouits.

95. Détermination des conditions d'établissement d'une locomotive de puissance donnée. — Et maintenant, si nous voulions nous représenter ce que devrait être une locomotive de 1.436 HP

nous pourrions chercher à l'établir dans les meilleures conditions possibles.

Par exemple, une grille de 2 m.² 5 de surface, un foyer de 12 m.², 250 tubes de 0 m. 05 de diamètre intérieur et 5 m. 00 de longueur enfin, une chaudière timbrée à 16 kilos.

La formule $T = K\sqrt{GC_rP}$ nous donnerait

$$T = 22 \sqrt{25 \times \left(12 + \frac{196,25}{3}\right) \times 16},$$

d'où

T = 1,223 HP.

et encore nous n'obtiendrions pas la puissance voulue.

Pour l'atteindre, il nous faudrait recourir au système Compound, avec cylindres à haute pression de 0 m. 35 et cylindres à basse pression de 0 m. 55, dans lesquels la pression de la vapeur atteindrait 3 k. 5.

Quant à l'adhérence, elle serait obtenue en chargeant les deux essieux moteurs de 17 tonnes ou, ce qui serait préférable, en employant le type de machine à 3 essieux accouplés, chargés chacun de 12 tonnes.

Si l'on voulait calculer l'effort de traction développé par une telle machine, en supposant des courses de piston de 0,64 et un diamètre des roues motrices de 2 m. 00, on aurait, par l'application de la formule :

$$F = \frac{Pd^2l}{D} \times 0,65,$$

et pour la basse pression : $\frac{3,5 \times 55^2 \times 0,64}{2,00} \times 0,65 = \dots \quad 2,202 \text{ kil.}$

Soit un total de 6.279 kil. bien supérieur à l'effort de traction de 4.852 kil. 9 reconnu nécessaire dans le calcul qui a précédé.

La puissance en HP d'une telle machine serait de :

$$\frac{6.279 \times 22,22}{75} = 1.860 \text{ HP environ.}$$

Cela fait ressortir l'importance des machines Compound qui ont été et sont encore très en faveur dans les chemins de fer.

Ces exemples suffisent pour montrer le parti qu'on peut tirer des formules données dans le Cours.

TROISIÈME PARTIE

Renseignements généraux

CHAPITRE PREMIER

ORGANISATION DU SERVICE DU MATÉRIEL ET DE LA TRACTION DANS LES COMPAGNIES FRANÇAISES

SOMMAIRE. — § 1^{er}. SERVICE CENTRAL.

§ 2. SERVICE DU MATÉRIEL : Organisation générale. Service de visite et de petit entretien des véhicules en circulation ; Ateliers de petit entretien ; Grands ateliers de construction et de réparation.

§ 3. SERVICE DE LA TRACTION : Organisation générale. Dépôts et réserves. Surveillance des machines en circulation. Personnel affecté à la conduite des machines. Organisation du service de roulement des locomotives. Primes au personnel.

§ 1^{er}. — SERVICE CENTRAL

Comme l'indique son titre, le Service du Matériel et de la Traction comprend deux grandes sections :

le service du *Matériel*,

le service de la *Traction*.

Ces deux branches du service sont réunies sous la haute direction de l'Ingénieur en Chef du Matériel et de la Traction, assisté d'Ingénieurs adjoints et de tout un personnel constituant les bureaux du Service Central.

Ces bureaux comprennent ordinairement :

le *Secrétariat*, chargé de la correspondance,
le *Personnel*,
la *Comptabilité*,
les *Etudes techniques*,
les *Combustibles*,
les *Approvisionnements généraux autres que les combustibles*,
le *Laboratoire*,
la *Traction* proprement dite.

En dehors de la direction générale de l'Ingénieur en Chef, le service du Matériel et le service de la Traction sont ordinairement distincts et présentent l'organisation suivante :

§ 2. — SERVICE DU MATÉRIEL

96. Organisation générale. — Le service du Matériel est chargé de tout ce qui concerne la construction, les réparations et l'entretien du matériel roulant, en comprenant dans ce matériel, d'une part, les voitures et wagons, d'autre part, les locomotives.

A cet effet, ce service possède, répartis sur divers points des réseaux, des *ateliers* ayant à leur tête un Ingénieur, assisté d'un Sous-Ingénieur et de chefs d'atelier, d'inspecteurs, d'agents techniques (chefs de bureau, dessinateurs), de commis et de comptables, de contremaîtres pour chaque spécialité de travail et d'un nombreux personnel ouvrier.

97. Service de visite et de petit entretien des véhicules en circulation. — En outre, des ouvriers exercés, ayant le titre de *visiteurs*, sont répartis dans les gares un peu importantes du réseau, pour s'assurer que les voitures et wagons ne présentent à leur passage dans ces gares, aucune avarie capable de compromettre la sécurité de leur circulation. Quand il y a lieu, les visiteurs font diriger les véhicules à réparer dans les ateliers, après avoir collé sur les longerons une fiche indiquant la nature de la réparation à effectuer. Ces mêmes visiteurs sont chargés du graissage des véhicules en service. Ils sont sous les ordres de chefs-visiteurs qui s'assurent que les visites sont régulièrement et consciencieusement faites. Ces visites portent sur toutes les parties des véhicules, notamment sur les essieux, les bandages, les appareils d'attelage, les freins et les canalisations diverses, dont le bon état intéresse directement la sécurité.

Pour les locomotives, ce sont les mécaniciens eux-mêmes qui sont chargés de ces visites.

Des *inspecteurs* peuvent être affectés spécialement à la surveillance et à la direction de ce service de visite, qui est quelquefois rattaché au service de la traction au lieu de l'être à celui du matériel.

98. Ateliers de « petit entretien ». — Des ateliers, dits de « petit entretien », sont répartis en divers points des réseaux et sont spécialement chargés des réparations de détail qui à la suite de ces visites peuvent être reconnues nécessaires.

99. Grands ateliers de construction et de réparation. — Les grands ateliers comprennent généralement, en dehors de l'usine génératrice d'énergie destinée à actionner l'outillage, les installations indiquées ci-après :

pour les voitures et wagons :

- un atelier de menuiserie et de charronnage,
- sellerie,
- peinture et vitrerie,
- levage.

pour les locomotives et tenders :

- un atelier de chaudronnerie,
- levage des machines,
- levage des tenders,
- de montage ;

pour l'ensemble des machines et wagons :

- un atelier d'ajustage,
- des roues,
- de forge et fonderie,
- des châssis,
- de réparation de l'outillage.

Les matières premières mises en œuvre dans ces divers ateliers, ainsi que les pièces détachées de petit matériel, sont emmagasinées dans des bâtiments édifiés dans le voisinage des ateliers et placées sous la surveillance de *gardes-magasins*. Ces bâtiments comprennent généralement :

- des *hangars aux bois*,
- des *magasins de matériel et d'outillage*,
- des *parcs à roues*,
- des *magasins ou caves pour matières inflammables*

En outre, des faisceaux de voies doivent être disposés de manière à recevoir les véhicules ou les machines à réparer et à les évacuer rapidement après réparation, les ateliers étant, d'ailleurs, disposés de manière à permettre au matériel roulant de passer de l'un de ces ateliers à l'autre avec le moins de manœuvres possible, au moyen de voies, de plaques et de chariots transbordeurs établis à cet effet.

Un croquis des dispositions d'ensemble ordinairement adoptées est donné, à titre de renseignement, en planche détachée, à la fin du Cours.

On comprend qu'une telle organisation demande à être surveillée de près et exige un personnel spécial, d'autant plus nombreux que les ateliers, où les ouvriers se comptent parfois par milliers, sont plus importants.

§ 3. — SERVICE DE LA TRACTION

100. Organisation générale. — Le service de la Traction est chargé de la conduite et de l'entretien courant des machines locomotives. C'est lui qui assure matériellement la circulation des trains.

A cet effet, chaque réseau est divisé en arrondissements de traction ayant chacun à sa tête un *Ingénieur, Chef de traction*, relevant directement de l'*Ingénieur en Chef du Matériel et de la Traction*.

L'Ingénieur de traction a sous ses ordres directs, en dehors du personnel de ses bureaux :

les *Chefs de dépôt ou de réserve*,

les *Chefs mécaniciens*,

les *Mécaniciens et les Chauffeurs*,

et quelquefois le service de visite et de petit entretien des voitures et wagons, ainsi qu'il a été dit plus haut.

101. Dépôts et réserves. — Un arrondissement de traction comprend un certain nombre de *dépôts* ou de *réserves* et chacune des locomotives de l'arrondissement est normalement rattachée à l'un de ces dépôts.

Par leur roulement normal ou, quelquefois, exceptionnellement, les locomotives peuvent passer momentanément d'un dépôt dans un autre, ou même d'un arrondissement dans un autre, mais elles ne cessent pas, pour cela, d'appartenir à leur dépôt d'origine et elles doivent y revenir périodiquement pour que soient faites les diverses opérations nécessitées par leur entretien, ainsi que les réparations qui peuvent être reconnues indispensables.

Pour que cet entretien et ces réparations soient assurés, chaque dépôt possède un personnel spécial d'ouvriers et de nettoyeurs, et tout mécanicien doit signaler, à son arrivée au dépôt, les observations qu'il a pu faire sur la marche de la machine dont il a la conduite. Les réparations nécessaires sont alors prescrites par le *Chef de dépôt* qui les fait exécuter, sous sa direction, dans les ateliers de son dépôt. Quand ces réparations atteignent une certaine importance dépassant les moyens d'action dont dispose le dépôt, la machine est envoyée, par le Chef de dépôt, aux ateliers du matériel dont il a été parlé au chapitre précédent et l'indication précise des réparations à effectuer accompagne la machine.

Le Chef de dépôt est ainsi appelé à surveiller le service des mécaniciens en ce qui concerne les soins qu'ils apportent à la conduite et à l'entretien courant des machines qui leur sont confiées. Il veille aussi à ce que les machines sortent du dépôt en bon état et aux heures convenables pour se mettre en tête de leurs trains.

Les Chefs des dépôts importants sont aidés dans leur tâche par un ou plusieurs sous-chefs de dépôt choisis, comme eux-mêmes d'ailleurs, parmi les mécaniciens ou chefs mécaniciens qui ont fait preuve des capacités nécessaires à ces importantes fonctions.

En dehors des dépôts proprement dits, on constitue souvent, dans les stations de secours ainsi que dans les gares de bifurcation où se forment des trains et où il y a lieu, par suite, d'employer en permanence des machines de manœuvre, des petits dépôts que l'on appelle généralement *réserves*. La réserve est constituée par une remise plus ou moins importante où les locomotives peuvent s'abriter et où l'on dispose un atelier sommaire permettant aux mécaniciens d'assurer les ménues réparations qui peuvent être rapidement faites pendant les stationnements des machines.

Des approvisionnements d'eau et de charbon sont constitués autour de la remise et leur importance varie avec celle de la réserve.

La direction de l'établissement est confiée à un *Chef de réserve*, choisi parmi les mécaniciens les plus expérimentés et les attributions de ce Chef de réserve sont, toutes proportions gardées, les mêmes que celles du Chef de dépôt.

Comme les grands dépôts, les réserves peuvent recevoir les machines que leur roulement appelle à stationner temporairement dans les remises bien que ces machines comptent toujours à leur dépôt d'origine.

Dès que les réparations dont elles peuvent avoir besoin prennent une certaine importance, le Chef de réserve fait diriger les machines sur le

dépôt le plus voisin qui dispose d'un outillage et de moyens d'action plus complets que la réserve.

102. Surveillance des machines en circulation. — La surveillance des machines serait insuffisamment assurée si l'on ne pouvait se rendre compte de leur état qu'au moment où elles rentrent au dépôt. Il convient, en effet, de les suivre pendant leur période de roulement, afin de s'assurer que les soins nécessaires leur sont bien donnés en cours de route.

A cet effet, chaque arrondissement de traction dispose d'un certain nombre de *Chefs mécaniciens* chargés de suivre les machines en marche. Le Chef mécanicien est un ancien mécanicien instruit et expérimenté qui accompagne les machines à tour de rôle et sans en informer le personnel à l'avance. Il se rend compte de la façon dont elles sont conduites, donne aux mécaniciens et chauffeurs les instructions pratiques nécessaires et rend compte de ces tournées à son Ingénieur de traction. C'est aussi lui qui est chargé de faire subir aux chauffeurs les examens auxquels ils sont astreints quand ils veulent obtenir l'autorisation de conduire les machines, en vue d'arriver, à leur tour, à être mécaniciens. Les chefs mécaniciens sont ainsi les auxiliaires immédiats des Ingénieurs de traction, et font office de véritables inspecteurs vis-à-vis du personnel de conduite des machines.

103. Personnel affecté à la conduite des machines. — Les locomotives sont ordinairement conduites par un mécanicien et un chauffeur, qui constituent l'*équipe* de la machine.

Les mécaniciens, qu'on appelle aussi quelquefois « machinistes » sont recrutés, après examen, et après un stage de six mois au moins, parmi les chauffeurs (1). Ils sont spécialement chargés de la conduite et de l'entretien courant de leur locomotive, ainsi que de la stricte observation des signaux. Ils ont autorité sur le chauffeur qui leur est adjoint et qui doit spécialement sous leur direction : *charger* le feu du foyer, *alimenter* en eau la chaudière et *servir* le frein à vis du tender. Le chauffeur est, en outre, chargé des soins de propreté de la machine et du tender.

En cas d'accident au mécanicien, le chauffeur doit pouvoir arrêter le

(1) L'arrêté ministériel du 3 mai 1892 qui détermine les conditions de recrutement des mécaniciens et des chauffeurs, stipule que ces agents doivent avoir, en dehors des connaissances professionnelles nécessaires, des aptitudes physiques convenables, notamment en ce qui concerne la vue et l'ouïe, pour la judicieuse observation des signaux.

train, mais ne peut remplacer complètement son camarade que s'il est lui-même muni du certificat d'aptitude à la conduite des machines, obtenu après les examens pratiques dont il a été question plus haut. Le chauffeur doit, d'ailleurs, connaître la signification des signaux, de manière à pouvoir coopérer avec le mécanicien à leur stricte observation dans les intervalles que peut lui laisser son service d'alimentation de la machine. Toutefois, la **responsabilité** de cette partie du service incombe exclusivement au mécanicien.

Les chauffeurs sont ordinairement recrutés parmi les nettoyeurs ou les manœuvres des dépôts, ou encore parmi les ajusteurs des ateliers qui ambitionnent de devenir mécaniciens. L'emploi de chauffeur est aussi attribué aux élèves diplômés de certaines écoles spéciales ou à toute personne, reconnue apte au service des machines, qui désire faire sa carrière dans le service de la Traction.

104. Organisation du service de roulement des locomotives. — Le système qui a été longtemps en usage pour l'organisation du service des locomotives et qui est, sans contredit, le plus commode, tant pour le mécanicien que pour le chef de dépôt, dont la surveillance est alors facile, consiste à confier chaque locomotive à une seule équipe.

Aujourd'hui, ce système n'est pas toujours applicable.

En effet, à certains moments, l'exploitation des chemins de fer exige une augmentation notable du nombre des trains, et il n'est pas possible aux compagnies d'avoir, pour parer à cette éventualité, une réserve de machines capables d'y faire face, parce que cette réserve resterait souvent en chômage. D'autre part, les restrictions étroites apportées, en France, à la durée du service des mécaniciens et chauffeurs, par de récents arrêtés ministériels, ne permettent pas de prolonger, au delà d'une limite déterminée, le séjour sur les machines de leur personnel de conduite. On est donc amené, pour la bonne utilisation des locomotives, à recourir aux *équipes multiples*.

C'est ainsi qu'une locomotive est parfois desservie par deux équipes, toujours les mêmes, qui alternent. Cette organisation convient pour des machines de gare (machines de manœuvre) mais la nature des autres services, qui laissent forcément les machines au repos à certaines heures, permet rarement de l'appliquer.

Le système des *équipes banales*, où toute équipe dessert indifféremment n'importe laquelle des machines d'une même série, est celui qui

occupe le mieux le personnel et les machines, mais c'est celui qui exige la plus grande surveillance de l'état des machines et qui diminue le plus la responsabilité des mécaniciens en cas d'avaries, ceux-ci pouvant toujours imputer à leurs prédecesseurs les causes de ces avaries.

On peut donc dire que s'il est plus commode et plus agréable, pour un mécanicien, d'avoir une machine attitrée qu'il est seul à conduire, et pour un Chef de dépôt d'avoir un seul agent responsable par machine, les nécessités du service et la bonne utilisation du capital représenté par des engins qui atteignent aujourd'hui des valeurs considérables, obligent les agents à faire taire leurs préférences personnelles et à unir leurs efforts pour assurer, dans les meilleures conditions possibles d'économie, la bonne marche du service.

105. Primes au personnel. — Tous les réseaux de chemins de fer s'efforcent, d'ailleurs, d'intéresser les mécaniciens et chauffeurs à la bonne conduite des machines, tant au point de vue du soin apporté à leur entretien qu'à celui des dépenses de consommation et à la régularité de leur service.

À cet effet, des primes diverses sont ajoutées au traitement fixe des agents. C'est ainsi qu'il est alloué des *primes de parcours*, au prorata des kilomètres parcourus ; des *primes d'économie de matières* (combustibles ou graissage), réalisées sur les allocations fixées pour les divers types de locomotives, suivant les charges des trains, le profil des lignes, les vitesses moyennes, la nature des matières de consommation employées, etc... ; des *primes de régularité* de marche, en comptant les minutes gagnées ou perdues dans la marche ; quelquefois aussi des *primes de bon entretien*, lorsque les locomotives ont fait, sans réparations notables, un nombre de kilomètres dépassant un parcours minimum, déterminé d'avance d'après le type de la machine et la nature de son service. Enfin, une *prime de nettoyage* est parfois allouée aux chauffeurs dont les machines sont propres et bien tenues.

Le tableau ci-après résume l'organisation du Service du Matériel et de la Traction sur les six grands réseaux français :

EST	ÉTAT	MIDI	P.-L.-M.	P.-O.
1 Ingénieur en chef, 1 Ingénieur en chef adjoint.	1 Chef de service, 2 Ingénieurs en chef adjoints.	1 Ingénieur en chef, 1 Ingénieur en chef adjoint.	1 Ingénieur en chef, 1 Ingénieur en chef adjoint.	1 Ingénieur en chef, 1 Ingénieur en chef adjoint.
Service central	Service central	Service central	Service central	Service central
Personnel et correspondance. Comptabilité. Etudes. Combustibles. Approvisionnements généraux. Réceptions et essais. Laboratoire.	Secrétariat et personnel : 1 division, 1 Chef, 2 Inspecteurs, 4 Bureaux. Comptabilité, Combustibles : 2 divisions, 2 Chefs de division, 2 Inspecteurs, 3 Bureaux.	Bureau administratif. Bureau technique. Approvisionnements généraux. Service des usines. Laboratoire.	Service administratif. Bureau technique. Service maritime. Inspection. Combustibles. Approvisionnements généraux. Contrôle aux usines. Laboratoire.	Personnel et correspondance. Comptabilité. Etudes et constructions neuves. Service des machines. Service des wagons et de la carrosserie. Services électriques. Approvisionnements généraux. Laboratoire.
Traction	Traction	Traction	Traction	Traction
1 Ingénieur principal et 1 Adjoint, 1 Ingénieur et 6 Inspecteurs ; 2 Chefs de bureau. 4 Sections de traction ayant chacune : 1 Ingénieur et 1 Sous-Inspecteur, 1 Chef de bureau, 1 Chef mécanicien, 1 Chef et Sous-Chefs de dépôt, Contremaires et Ouvriers de dépôt, Mécaniciens et Chauffeurs.	Service central : 3 Ingénieurs principaux ou Ingénieurs, 5 Inspecteurs ou Sous-Inspecteurs, 5 Bureaux. Services extérieurs : 9 arrondissements ayant chacun : 1 Ingénieur principal, 1 Chef mécanicien, Chef et Sous-Chefs de dépôt, Contremaires et Ouvriers, 1 Ingénieur sous-chef d'arrondissement et 1 Bureau. Les 9 arrondissements comprennent : 6 inspecteurs, 41 Chefs de dépôt, 74 Sous-Chefs de dépôt, 22 Chefs mécaniciens, 1 Chef wattmain, 28 Chefs de réserve, 11 Contremaires et Chefs électriens.	1 Ingénieur principal, 1 Adjoint, 1 Sous-Inspecteur, 6 Chefs de bureau et 1 Chef mécanicien. 4 Sections de traction ayant chacun : 1 Ingénieur et 1 Sous-Inspecteur, 6 ou 7 Inspecteurs, 1 Chef de bureau, Chefs et Sous-Chefs de dépôt ou de réserve, Contremaires, Ouvriers, Mécaniciens et Chauffeurs.	1 Ingénieur en chef et 2 Ingénieurs principaux. 4 Circonscriptions de traction ayant chacune : 1 Ingénieur et 1 Sous-Chef de traction, 3 à 5 Chefs mécaniciens, Chef de bureau, Chefs et Sous-Chefs de dépôt ou de réserve, Contremaires, Ouvriers, Mécaniciens et Chauffeurs.	Ingénieurs attachés au Service Central. 4 Circonscriptions de traction ayant chacune : 1 Ingénieur Chef de traction, des Inspecteurs et des Contrôleurs, 4 à 7 Chefs magasins, 1 Chef de bureau, chimistes, 1 Chef de bureau et des Chefs de magasin, Chefs et Sous-Chefs de dépot, Chefs d'ateliers, Chefs d'entretien, Contremaires, Ouvriers, Mécaniciens et Chauffeurs.

CHAPITRE II

UNITÉ TECHNIQUE INTERNATIONALE DU MATÉRIEL DE CHEMINS DE FER

En vue de faciliter les échanges de wagons dans les relations internationales, il a été tenu, à Berne, en 1907, une troisième conférence qui a étudié les additions et modifications à apporter au protocole final du 15 Mai 1886 relatif à l'unité technique des voies et du matériel des chemins de fer.

A la suite de l'accord intervenu entre tous les délégués des Etats représentés (1) à cette conférence, M. le Ministre des Travaux publics a consacré, pour la France, par un arrêté en date du 15 Juin 1908, les règles internationales qui sont aussi applicables en Allemagne, en Italie, en Autriche-Hongrie et en Suisse.

Ces règles fixent les maxima et les minima relatifs à la largeur de la voie, à l'écartement des essieux et des roues, aux dimensions et à la position des bandages et boudins, à la hauteur et au diamètre des tampons, à la disposition des attelages, au sens de rotation des manivelles des freins, à la position des guérites des garde-freins, au type de serrures des voitures à voyageurs et aux inscriptions que doivent porter les véhicules.

Vu l'importance de ce document, nous le donnons ci-après in-extenso :

(1) Allemagne, Autriche-Hongrie, Belgique, Bulgarie, Danemark, France, Italie, Norvège, Pays-Bas, Roumanie, Russie, Suède, Suisse.

ARRÊTÉ

Le Ministre des Travaux Publics, des Postes et des Télégraphes ;

Sur la proposition du Directeur des Chemins de fer ;

Vu les procès-verbaux de la 3^e conférence internationale, qui s'est réunie à Berne le 6 Mai 1907, en vue d'étudier les additions et modifications à apporter au protocole final du 15 Mai 1886 concernant l'unité technique des Chemins de fer ;

Vu le protocole final de ladite conférence, en date du 18 du même mois, constatant l'accord intervenu, entre tous les délégués des Etats représentés, sur les mesures relatives à l'unité technique des Chemins de fer ;

Arrête :

ARTICLE PREMIER

Sont applicables sur le réseau français, à dater du 1^{er} Juillet 1908, les dispositions suivantes, adoptées par la 3^{me} conférence de Berne :

ARTICLE PREMIER. — Largeur de la voie.

Objets	Dimension en millimètres	
	Plus grande	Plus petite
La largeur de la voie des chemins de fer, mesurée entre les bords intérieurs des têtes de rails, pour les voies neuves à poser et pour les voies à réfectionner, n'aura pas moins de :	»	1435
dans les alignements droits, et, dans les courbes, y compris le surécartement, elle n'excédera pas.....	1470	»

ARTICLE II. — Construction du Matériel roulant.

§ 1.

1. Le matériel roulant des chemins de fer ne peut être exclu de la circulation internationale pour des motifs de construction touchant les points visés par le présent protocole, lorsqu'il répond aux conditions ci-après énumérées.

Objets	Dimension en millimètres	
	Plus grande	Plus petite
2. Il n'existe, toutefois, pas d'obligation d'admettre des véhicules dans les trains dont la composition est soumise à des prescriptions spéciales, si les véhicules en question ne répondent pas à ces prescriptions.		
3. Les dimensions maximum et minimum énumérées ci-dessous s'appliquent soit au matériel à construire, soit au matériel existant, sauf les tolérances indiquées entre parenthèses pour ce dernier matériel.		

§ 2.

1. Ecartement des essieux extrêmes des véhicules à construire.....	»	2500
2. Cette disposition ne s'applique pas aux bogies.		
3. Les véhicules dont l'écartement des essieux extrêmes ne dépasse pas 4.500 m/m sont admis sur toutes les lignes ouvertes au trafic international.		
4. L'écartement des essieux extrêmes est illimité pour les véhicules à bogies. Il l'est également pour les autres véhicules dont les essieux ont un déplacement suffisant pour permettre la circulation en courbe de 150 m. de rayon.		

Ces derniers véhicules porteront le signe $\leftarrow(-)\rightarrow$, lorsque l'écartement de leurs essieux extrêmes dépassera 4.500 m/m (Voir annexe A).

5. Les prescriptions des Administrations de chemins de fer concernant le plus grand écartement admissible pour les essieux extrêmes des véhicules ne rentrant pas dans les conditions indiquées aux alinéas 3 et 4, doivent être portées à la connaissance des États participants.
6. Lorsque plus de deux essieux sont montés sous un même châssis et que l'écartement des essieux extrêmes dépasse 4.000 m/m, les essieux doivent pouvoir se déplacer de telle sorte que les courbes de 150 m. de rayon puissent être passées sans difficultés.

§ 3.

Ecartement des roues d'un essieu, mesuré entre les plans intérieurs des bandages ou des parties qui en tiennent lieu	1366	1357
--	------	------

Objets	—	Dimension en millimètres	
		Plus grande	Plus petite
§ 4.			
1. Largeur des bandages ou des parties qui en tiennent lieu		150	130
2. Minimum toléré pour le matériel déjà existant, à condition que l'écartement des roues (§ 3) soit au moins de 1.360 m/m.		»	(125)
§ 5.			
Ecartement extérieur des boudins, mesuré à 10 m/m. en contre-bas des cercles de roulement supposés écartés de 1.500 m/m.....		1425	1405
§ 6.			
Hauteur des boudins, mesurée verticalement depuis le sommet des rails, les roues ayant la position normale, sur voie en alignement et en palier.....		36	25
§ 7.			
Epaisseur des bandages des roues, mesurée dans le plan du cercle de roulement (§ 5).....		»	25
§ 8.			
Les roues en fonte coulées en coquille sont admises sous les wagons à marchandises non munis de freins.			
§ 9.			
1. Les deux extrémités de tous les châssis de véhicules doivent être munies d'appareils élastiques de choc et traction.			
2. Cette disposition ne s'applique pas aux wagons destinés à des transports spéciaux.			
§ 10.			
1. Hauteur des tampons mesurée verticalement du sommet des rails au centre des tampons :			
Pour les véhicules vides		1065	»
Sous charge maximum		»	940

COURS DE CHEMINS DE FER

Objets	Dimension en millimètres	
	Plus grande	Plus petite
2. Dimensions tolérées pour le matériel construit avant 1887 :		
Pour les véhicules vides.....	(1070)	»
Sous charge maximum	»	(900)

§ 11.

1. Ecartement des tampons, d'axe en axe.....	1770	1710
2. Dimensions tolérées pour le matériel construit avant 1887.....	(1800)	(1700)

§ 12.

1. Diamètre des disques tampons	»	340
2. Dimensions tolérées pour le matériel construit avant 1887.....	»	(300)
3. Pour les véhicules dont l'écartement des tampons est inférieur à 1.720 m/m. le diamètre horizontal des disques des tampons doit être au moins de 350 m/m.		

§ 13.

1. Espaces libres aux extrémités des véhicules, des deux côtés de l'appareil de traction, entre celui-ci, les plateaux des tampons et les pièces rigides faisant saillie sur la traverse de tête en un point quelconque :		
Largeur.....	»	400
Profondeur, les tampons étant serrés à fond.....	»	300
Hauteur au-dessus du sommet des rails.....	»	1800
2. Aucune limite n'est fixée pour le matériel existant.		

§ 14.

1. Saillie des tampons sur le crochet de traction, mesurée parallèlement à l'axe du véhicule, de l'intérieur du crochet non tendu au front des tampons non serrés	400	300
2. Dimensions tolérées pour le matériel construit avant 1887 :		
Voitures.....	(40)	»
Wagons.....	(430)	(223)

Objets	Dimension en millimètres	
	Plus grande	Plus petite

§ 15.

1. Longueur des attelages, mesurée du front des tampons non serrés jusqu'à l'intérieur de l'étrier extrême, l'attelage étant entièrement tendu (tendeur desserré). 550 450
2. Aucune limite n'est fixée pour le matériel construit avant 1887.

§ 16.

Petit diamètre de la section de l'étrier d'attelage au contact du crochet de traction..... 35 25

§ 17.

Attelage de sûreté. — Les véhicules des chemins de fer doivent pouvoir être accouplés doublement, de telle façon que l'attelage de sûreté entre en fonction lorsque l'attelage principal se rompt. Les véhicules avec attelage de sûreté central doivent permettre aussi l'attelage double aux véhicules munis de chaînes de sûreté.

§ 18.

1. Toute partie de l'attelage qui serait susceptible de descendre à moins de 130 m/m. au-dessus du plan des rails devra pouvoir être relevée ou suspendue, de façon à être maintenue au moins à cette hauteur.
2. Pour le matériel existant, cette disposition entrera en vigueur au 1^{er} Janvier 1912.

§ 19.

Les véhicules doivent être munis de ressorts de suspension.

§ 20.

Les freins doivent être disposés de façon qu'ils se serrent en tournant la manivelle à droite, c'est-à-dire dans le sens de la marche des aiguilles d'une montre.

Objets	Dimension en millimètres	
	Plus grande	Plus petite
§ 21.		
1. Distance des vigies ou autres pièces fixes saillantes sur le front des véhicules au front des tampons pressés à fond, mesurée suivant l'axe du véhicule.....	»	40
2. Aucune limite n'est fixée pour le matériel existant.		

§ 22.

Les dimensions du profil transversal des véhicules doivent répondre aux prescriptions des Administrations sur les lignes desquelles ils doivent circuler. Ces prescriptions sont à communiquer aux Etats intéressés.

§ 23.

Les serrures des voitures à voyageurs servant au trafic international doivent, en tant que les portes de ces voitures sont munies d'une fermeture à clef, correspondre à l'une ou à l'autre de deux formes de clef, représentées sur l'annexe B.

§ 24.

1. Les portes roulantes extérieures doivent être construites de telle façon qu'elles ne puissent pas tomber.
2. Celles des wagons existants doivent satisfaire à cette condition au moins quand elles sont fermées.

§ 25.

Chaque véhicule doit porter, de chaque côté, des inscriptions indiquant :

1. Le chemin de fer auquel le véhicule appartient ou qui l'a immatriculé;
2. Le numéro d'ordre;
3. La tare ou poids propre, roues et essieux compris.

Toutefois, pour les wagons dont les essieux doivent être changés lors du passage à une autre largeur de voie, on admettra que le poids de la partie suspendue soit inscrit seulement sur la caisse et celui des essieux montés sur les boîtes de graissage ;

Objets	Dimension en millimètres	
	Plus grande	Plus petite
4. Pour les wagons et fourgons, la limite de charge et la charge normale ou la charge normale seule. Lorsque l'inscription ne comportera qu'un seul nombre, celui-ci indiquera la charge normale. Dans ce cas, la limite de charge sera de 5 % supérieure à ce nombre.		
5. L'écartement des essieux extrêmes ou, lorsque le véhicule est à bogies, l'écartement des pivots des bogies et l'écartement des essieux extrêmes de chaque bogie ;		
6. Lorsqu'il y aura lieu, le signe \leftrightarrow prévu au § 2. (voir annexe A) ;		
7. La date de la dernière révision ;		
8. Pour les véhicules à graissage périodique, le délai de graissage ainsi que la date du dernier graissage ;		
9. Pour les véhicules appartenant à des particuliers, le signe \boxed{P} placé après le numéro d'ordre.		

ARTICLE III. — Conditions d'entretien du Matériel roulant.

§ 1.

1. Les véhicules admis dans le trafic international doivent être maintenus dans un état d'entretien satisfaisant qui ne compromette en aucune manière la sécurité de l'exploitation.

2. Si tel n'est pas le cas et, en particulier, si les véhicules ne remplissent pas les conditions des § 2 et § 4, ou s'ils présentent l'une des défectuosités indiquées au § 5, ils peuvent être refusés.

§ 2.

Lors du passage d'un véhicule sur le réseau d'un pays voisin, le temps écoulé depuis la dernière révision minutieuse ne doit pas dépasser 3 ans. Toutefois, les véhicules, chargés ou non, pouvant rouler et rentrant dans leur pays d'origine, doivent être acceptés par les Administrations intermédiaires, même lorsque ce délai est écoulé.

§ 3.

1. Les boîtes doivent être convenablement pourvues de matières de graissage.

2. Les véhicules à graissage périodique, dont le délai de graissage est écoulé, ne peuvent quitter le réseau propriétaire sans un nouveau graissage.

§ 4.

Les wagons utilisés pour le transport des bestiaux doivent être rendus parfaitement nettoyés et désinfectés.

§ 5.

Défectuosités permettant le refus

A. — Défectuosités aux roues et aux essieux.

1. Roues présentant des traces d'un déplacement sur l'essieu.
2. Roues dont les moyeux sont fondu sans être frettés.
3. Roues dont les jantes sont cassées de part en part et dont les bandages ont une épaisseur inférieure à 30 m/m. au cercle de roulement. Des commencements de rupture à la jante ne sont pas des motifs de refus.
4. Roues ayant un rai cassé de part en part ou plus d'un rai fissuré et roues avec moyeu en fonte dans lequel la plupart des rais sont disloqués.
5. Roues pleines ayant une fissure circulaire s'étendant sur plus d'un cinquième de la zone circulaire où elle se trouve ou bien plus de deux fissures radiales.
6. Roues fondues sans bandages présentant des fentes. De légères paillettes sur la surface de roulement, ainsi que des défauts sans importance au corps de roue et provenant de la fonte, ne sont pas motifs de refus.
7. Roues dont le boudin a moins de 20 m/m. d'épaisseur au point de contact avec le rail ; roues ayant le boudin tranchant, c'est-à-dire dont l'usure est telle qu'il s'est formé une arête vive. Pour les véhicules à trois essieux, on ne tiendra pas compte de l'épaisseur des boudins aux roues du milieu.
8. Roues dont les surfaces de roulement présentent des plats de plus de 5 millimètres de flèche.
9. Roues dont les bandages sont écrasés, cassés, fendus en travers ou fendus en long.
10. Roues à bandages séparés, lorsque :
 - a) Les bandages sont lâchés ou bien présentent des traces d'un déplacement transversal ;
 - b) Plus de deux boulons, vis ou rivets de fixation de bandages sur la jante sont cassés, disloqués ou perdus ;
 - c) En cas de fixation au moyen de cercles-agraves rapportés :
 - i. Les rebords (ou talons) des bandages ou bien les cercles eux-mêmes ont des fentes de plus de 100 m/m. de longeur.
 - ii. Plus de deux boulons d'attache des agraves sont rompus.

11. Essieux faussés ou présentant des fentes ou des commencements de rupture.

12. Essieux sur lesquels frottent des tirants de frein ou d'autres pièces. Si les pièces qui frottent peuvent être enlevées et si l'usure ne dépasse pas une profondeur de 2,5 m/m. (5 m/m. sur le diamètre) et n'a pas d'arêtes vives, le véhicule doit être accepté.

B. — Défectuosités aux boîtes d'essieux et aux coussinets.

1. Boîtes d'essieux avariées, de sorte qu'elles ne peuvent plus guider suffisamment l'essieu, ou qu'elles ne peuvent plus contenir la matière lubrifiante.

2. Coussinets fortement échauffés.

C. — Défectuosités aux ressorts de suspension.

1. Déplacement de plus de 20 m/m. d'un ressort ou de sa feuille-maîtresse par rapport à la boîte d'essieu quand l'écartement des essieux extrêmes ne dépasse pas 4.500 m/m., et de plus de 5 m/m., pour un écartement supérieur.

2. Rupture de la feuille-maîtresse d'un ressort de suspension.

3. Rupture d'une seule feuille intermédiaire vers le milieu, s'il s'agit du matériel à voyageurs, et rupture de deux ou plusieurs feuilles intermédiaires vers le milieu, s'il s'agit de wagons à marchandises.

4. Rupture d'un ressort en spirale dont la perte n'est pas empêchée par un arrêt ou par un boulon qui le traverse.

5. Absence ou rupture des pièces nécessaires à la fixation des ressorts.

6. Caisse ou brancards de châssis portant sur le collier du ressort de suspension, frottant sur les roues ou présentant des traces récentes de contacts de ce genre. Les traces anciennes de précédents contacts ou le contact de supports de sûreté sur les quarts extérieurs de la longueur des ressorts n'autorisent pas le refus.

N.-B. — Les véhicules n'ayant pas plus de 4.500 m/m. d'écartement des essieux extrêmes, et se dirigeant vides vers leur réseau d'origine doivent être acceptés avec les défectuosités C, 2 à 6, pourvu qu'ils soient convenablement et solidement calés.

D. Défectuosités aux appareils de choc.

1. Tiges ou ressorts de tampons cassés ou avariés de façon à empêcher le jeu des tampons.

2. Absence des pièces qui empêchent les tampons de tomber.

3. Faux-tampons cassés ou manquants. Les faux-tampons qui, bien qu'en-

dommagés, offrent encore une garantie suffisante de solidité et de guidage des tampons, ne sont pas motifs de refus.

N.-B. — Les véhicules se dirigeant, vides, vers leur réseau d'origine, doivent être acceptés avec les défectuosités D, 1 à 3, s'ils peuvent circuler sans danger en queue d'un train.

E. — Défectuosités aux appareils de traction.

1. Attelages principaux ou attelages ou chaînes de sûreté cassés, crochets de traction rompus ou présentant des commencements de rupture lorsque l'attelage réglementaire (comportant à la fois l'attelage principal et l'attelage de sûreté) avec d'autres véhicules devient impossible.

2. Tiges de traction, clavettes et manchons rompus ou présentant des commencements de rupture.

3. Absence des chaînes de sûreté ou des attelages de sûreté aux véhicules non munis d'appareils permettant l'emploi simultané des deux attelages principaux des deux véhicules en contact.

4. Ressorts de traction en spirale cassés ou ressorts de traction à lames dont la feuille-maîtresse est cassée en un point quelconque, ou l'une des autres feuilles cassée vers le milieu.

N.-B. — Les véhicules se dirigeant vides vers leur réseau d'origine doivent être acceptés avec les défectuosités E, 1 à 4, s'ils peuvent circuler sans danger en queue d'un train.

F. — Défectuosités aux châssis et aux caisses de véhicules.

1. Plaques de garde cassées ou fissurées sur plus d'un tiers de la section, de même que plaques de garde disloquées, quand elles ne peuvent pas être assujetties par le serrage des boulons.

2. Brancards, traverses extrêmes, traverses intermédiaires intéressées à l'attelage, cassés en travers.

3. Pièces de la membrure de la caisse brisées complètement, avaries aux portes et aux fermetures, ainsi qu'aux parois de la caisse, au plancher et au pavillon, quand elles peuvent entraîner la détérioration du chargement ou compromettre la sécurité de l'exploitation.

N.-B. — Les véhicules se dirigeant, vides, vers leur réseau d'origine, ne peuvent être refusés pour cause d'avaries aux châssis que dans le cas où leur circulation ultérieure présenterait du danger.

§ 6.

Les véhicules avec freins avariés ou hors de service ne doivent pas être refusés, mais ils doivent être munis d'étiquettes bien apparentes et en

caractères bien lisibles indiquant que le véhicule ne doit pas être utilisé comme frein. Les pièces avariées ou détachées qui pourraient compromettre la sécurité ou causer d'autres dommages doivent être démontées.

§ 7.

Les véhicules ramenés vides doivent être acceptés dans n'importe quel état par leur Administration propriétaire; pour les wagons ayant servi au transport des bestiaux, cette acceptation n'est toutefois obligatoire qu'après nettoyage et désinfection complets.

ARTICLE IV. — Chargement des wagons.

§ 1^{er}

Les wagons admis en trafic international ne peuvent pas être refusés si le chargement se trouve dans un état satisfaisant qui ne compromette en aucune manière la sécurité de l'exploitation et, en particulier, s'il remplit les conditions suivantes:

—§ 2.

Les objets chargés sur wagons doivent être déposés et arrimés de telle sorte qu'ils ne puissent pas se déplacer, même dans le cas de chocs et de secousses.

§ 3.

1. Le chargement doit être réparti aussi également que possible entre toutes les roues du wagon, particulièrement entre celles des essieux extrêmes.

2. Les wagons, dont le chargement est inégalement réparti au point de faire reposer la caisse ou les brancards sur les colliers des ressorts de suspension ou de les faire frotter sur les roues, peuvent être refusés.

§ 4.

Le chargement d'un wagon ne doit pas dépasser la limite de charge. A défaut d'une limite de charge inscrite, une surcharge de 5 % au delà de la charge normale inscrite sur le wagon est permise.

§ 5.

1. Le poids par roue de wagon ne doit pas dépasser le maximum permis sur chaque ligne.

2. Les prescriptions des Administrations pour chaque ligne doivent être portées à la connaissance des Etats participants.

§ 6.

1. Le chargement des wagons ouverts ne doit pas dépasser le gabarit de chargement admis sur les différents réseaux. Pour tenir compte du passage dans les courbes de faible rayon, la largeur des longs chargements doit être réduite.

2. Les prescriptions des Administrations pour chaque ligne doivent être portées à la connaissance des Etats participants.

§ 7.

1. Le chargement des wagons ouverts ne doit dépasser la traverse de tête qu'autant qu'il reste entre le chargement et les disques des tampons non enfoncés un espace d'au moins 400 m/m. jusqu'à 2.000 m/m. au-dessus du niveau des rails, et d'au moins 200 m/m. au delà. En outre, le chargement doit, pour l'accrochage des attelages, laisser subsister un espace complètement libre d'au moins 200 m/m. au-dessus du crochet de traction et d'une largeur d'au moins 200 m/m. de chaque côté de l'axe de ce crochet.

2. Si le chargement dépasse la traverse de tête plus qu'il n'est admis ci-dessus, on doit ajouter un wagon de sûreté.

§ 8.

Pour le chargement de longs objets qui ne peuvent reposer sur un seul wagon, on doit employer deux wagons munis de traverses à pivot. Les wagons peuvent être réunis par l'attelage à vis, par une flèche en fer ou solidement armée de fer, par un wagon intermédiaire de raccord relié aux deux wagons porteurs par des flèches ou par les attelages, soit encore par le chargement lui-même s'il le permet et si chaque traverse supporte au moins 7,5 tonnes. Le chargement ne doit reposer que sur les traverses à pivot ; il dépassera celles-ci d'au moins 300 m/m. et d'au moins 1.000 m/m. lorsque le chargement seul réunit les wagons.

§ 9.

1. Lors de l'emploi de wagons de sûreté ou de wagons intermédiaires, le chargement doit se trouver aux distances suivantes :

a) du plancher desdits wagons :

au moins 100 m/m. ;

b) des parois longitudinales des wagons de sûreté, lorsqu'elles ne sont pas d'au moins 100 m/m. en contre-bas du dessous du chargement :

au moins 300 m/m. si le chargement ne dépasse pas le milieu du wagon ;

au moins 500 m/m. quand il en dépasse le milieu ;

c) des parois longitudinales du wagon intermédiaire lorsqu'elles ne sont pas d'au moins 100 m/m. en contre-bas du dessous du chargement :

au moins 500 m/m. tant que la distance entre les pivots des wagons ne dépasse pas 20 mètres ; lorsque la distance entre les pivots des wagons est supérieure à 20 mètres, les parois du wagon intermédiaire doivent toujours être à 100 m/m. au moins en contre-bas du dessous du chargement.

2. Ces espaces ne doivent pas être réduits par le chargement d'autres objets.

3. L'emploi de plus d'un wagon intermédiaire n'est pas admis.

ARTICLE II

Les fonctionnaires et agents du Service du Contrôle sont chargés de surveiller l'exécution du présent arrêté qui sera inséré au *Journal Officiel* et notifié aux Compagnies de chemins de fer, et qui abroge celui du 31 Mars 1887.

Paris, le 15 Juin 1908.

Louis BARTHOU.

Proposé par :

Le Directeur des chemins de fer,

E. ROUSSEAU.

ANNEXE A

Au protocole final de la troisième Conférence internationale pour l'unité technique des Chemins de fer, du 18 Mai 1907.

Signe pour véhicules, d'après l'article II, § 2, alinéa 4.

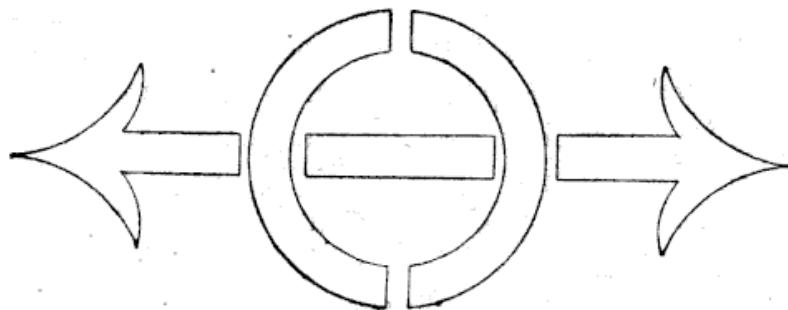


FIG. 85.

ANNEXE B

Au protocole final de la troisième Conférence internationale pour l'unité technique des Chemins de fer, du 18 Mai 1907.

D'après article II, § 23.

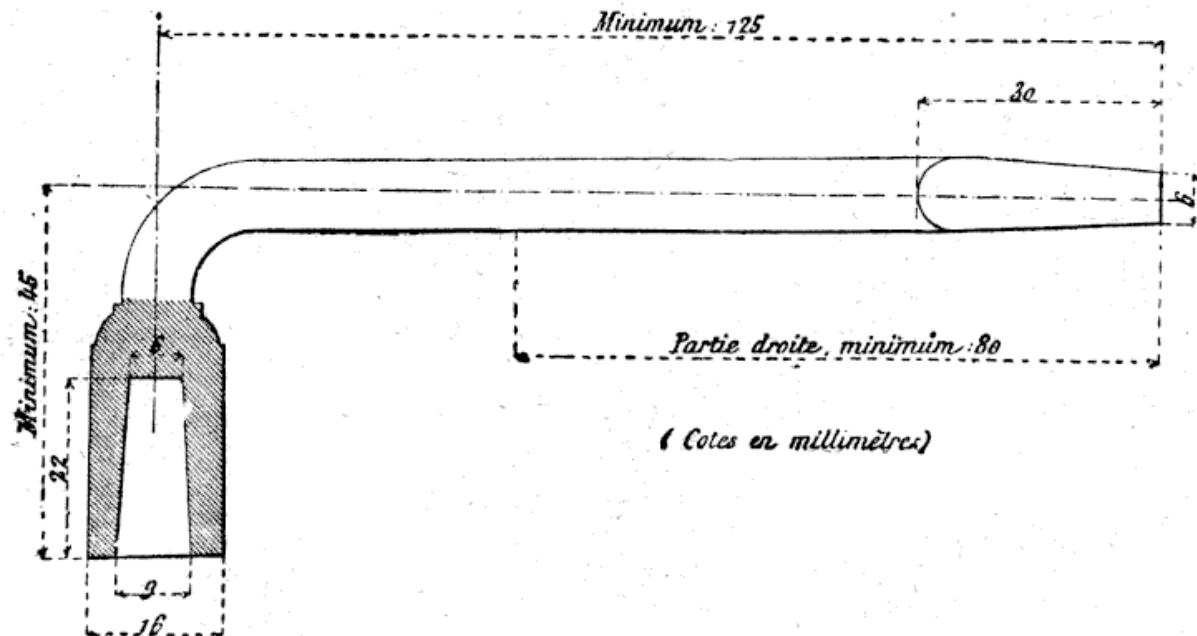


FIG. 86.

Double clé pour les voitures servant au transit international.

ARRÊTÉ

Le Ministre des Finances,

Sur la proposition du Conseiller d'Etat, directeur général des Douanes,

Vu les procès-verbaux de la troisième conférence internationale qui s'est réunie à Berne, le 6 Mai 1907, en vue d'étudier les modifications à apporter au protocole final du 15 Mai 1886, concernant la fermeture des wagons devant passer en douane ;

Vu le protocole final de ladite conférence, en date du 18 du même mois, constatant l'accord intervenu entre tous les délégués des Etats représentés (1), sur les mesures relatives à la fermeture des wagons devant passer en douane ;

Arrête :

ARTICLE PREMIER. — Sont applicables, sur le réseau français, à dater du 1^{er} Juillet 1908, les dispositions suivantes adoptées par la troisième conférence internationale de Berne :

A. — Dispositions générales.

Les wagons et compartiments de wagons employés pour le transport des marchandises et des bagages soumis à la douane doivent être construits en vue d'une fermeture facile et sûre, afin d'empêcher que les marchandises ou bagages enfermés dans l'espace de chargement ne puissent être enlevés ou échangés sans effraction ou sans qu'il reste, de ce fait, des traces visibles.

Il ne doit se trouver, dans les wagons ou compartiments de wagons de ce genre, aucun espace caché ou difficile à découvrir pouvant contenir des marchandises ou des bagages.

Chaque wagon doit porter sur ses deux longs côtés l'indication de son propriétaire et un numéro. Pour les wagons contenant plusieurs compartiments distincts, chacun de ces derniers doit être désigné par une lettre.

B. — Dispositions spéciales.

Pour garantir la sûreté de la fermeture de ces wagons, ceux-ci devront satisfaire aux conditions suivantes :

(1) Allemagne, Autriche-Hongrie, Belgique, Bulgarie, Danemark, France, Italie, Norvège, Pays-Bas, Roumanie, Suède, Suisse.

1. Caisse des Wagons.

Les parois latérales, le plancher, le toit et toutes les parties du wagon qui forment le compartiment destiné aux marchandises ou aux bagages doivent être fixés de façon qu'il soit impossible, de l'extérieur, de les détacher et de les remettre en place sans qu'il en reste des traces visibles.

Toutes ces parties doivent être en bon état.

Les avaries éventuelles des parois des wagons ne pourront rendre ces véhicules improches à un transport ultérieur que dans les cas où l'on pourrait craindre que les ouvertures résultant de ces avaries permettent d'avoir accès au chargement du wagon.

2. Vide entre les portes roulantes et les parois des wagons.

L'espace vide entre les portes roulantes fermées et la caisse des wagons couverts ne devra, dans aucun cas, dépasser le maximum de 20 millimètres.

3. Appareil de fermeture des portes roulantes.

Chaque porte roulante de wagon devra être munie d'un crochet à piton ou d'un autre mode de fermeture offrant la même sécurité.

La fixation de ces appareils de fermeture doit être telle que, les portes étant fermées, ils ne puissent être enlevés sans qu'on emploie la violence et qu'il en reste des traces visibles.

4. Pitons de fermeture douanière.

Les portes roulantes, les portes à vantaux, les portes des parois de tête, en un mot toutes les portes utilisables des wagons couverts, ainsi que les ouvertures de remplissage et de vidange des wagons-réservoirs (wagons-citernes) devront être pourvues de pitons ayant, dans œuvre, un diamètre d'au moins 15 millimètres, ou d'autres pièces de fermeture permettant d'introduire les cadenas douaniers et les plombs douaniers, de façon qu'il soit impossible d'ouvrir les portes ou les ouvertures de remplissage et de vidange sans violer la fermeture douanière.

Ces pitons ou autres pièces de fermeture douanière devront être fixés aux wagons au moyen de rivets ou de boulons dont l'écrou soit tourné en dedans, ou ne soit pas accessible une fois la porte fermée.

5. Fermeture de sûreté des portes roulantes.

La partie inférieure de la porte doit être munie d'un appareil de sûreté destiné à rendre impossible l'enlèvement de la porte roulante hors du rail sur lequel elle se meut.

Cet appareil peut consister, par exemple, en un crochet qui, lorsque la porte est fermée, se trouve engagé dans un piton rivé sur le rail, ou en un prolongement de la ferrure du montant de la porte jusqu' sous la tête du rail ou sous le rail lui-même, ou en une cornière ou un étrier rivés sur le rail, etc. Par exception, l'appareil de sûreté peut consister en une ferrure à trous qui permette l'emploi des cadenas douaniers ou des plombs douaniers.

Les porte-galets devront être fixés de façon à ne pouvoir être enlevés sans effraction.

6. Rails des portes roulantes.

Les rails des portes roulantes devront être rivés sur au moins deux de leurs supports. Ces derniers devront eux-mêmes être fixés à la caisse du wagon, de telle sorte qu'ils ne puissent en être détachés sans user de violence et sans qu'il reste de ce fait des traces visibles.

7. Guidage du haut des portes roulantes.

Les portes roulantes devront, à leur partie supérieure, être guidées par des barres ou des rails à coulisse convenablement fixés au wagon.

8. Portes à vantaux et portes de tête.

Pour les wagons ouverts avec portes à vantaux (wagons à bière, par exemple) ou portes aux parois de tête, ces portes devront, en outre de l'appareil de fermeture et de serrures ne pouvant être détachées de l'extérieur, être munies d'un appareil de fermeture douanière satisfaisant aux conditions spécifiées sous le numéro 4, de façon qu'elles ne puissent être ouvertes sans que la fermeture douanière soit endommagée.

Les portes de tête non utilisées (par exemple pour les wagons disposés en vue du service d'ambulance) devront être fermées à demeure par un lambrissage, des lattes ou des ferrures offrant toute sécurité au point de vue douanier.

9. Fenêtres et ouvertures pour la ventilation.

Lorsque les ouvertures pratiquées dans les wagons couverts, telles que fenêtres et ouvertures pour la ventilation, seront fermées par des barreaux, des grillages ou des tôles percées, les vides restants ne devront pas dépasser 30 centimètres carrés, de telle façon que le contenu du wagon ne puisse être enlevé à travers ces ouvertures. Aucune des pièces servant à fixer les grillages ne doit pouvoir être détachée de l'extérieur du wagon.

Si les ouvertures en question sont fermées, non par un grillage, mais au moyen de guichets à glissières ou à battants, ces pièces devront être fixées, savoir :

Les guichets à battants ou à glissières horizontales, à l'aide de chappes, de verrous, de crochets, de clavettes ou de tout autre mode analogue de fermeture :

Les guichets à glissières verticales, soit à l'aide des modes de fermeture qui viennent d'être énumérés, soit à l'aide d'une fermeture douanière répondant aux prescriptions du n° 4, c'est-à-dire à l'aide de cadenas douaniers ou de cordes munies de plombs douaniers, de façon qu'on ne puisse ouvrir les guichets du dehors sans effraction ni sans qu'il reste, de ce fait, des traces visibles, ou sans rupture de la fermeture douanière.

Les trous d'écoulement ménagés dans les planchers doivent être grillés, lorsque leur diamètre dépasse 35 millimètres.

10. *Cages sur la toiture des wagons.*

Pour les cages ménagées sur la toiture des wagons, fermées par des guichets ou des couvercles, on se conformera, en ce qui concerne le mode d'attache et de fermeture de ces derniers, aux dispositions stipulées sous les numéros précédents.

11. *Wagons avec parois ou planchers à claire-voie.*

Les wagons avec parois ou planchers à claire-voie, tels par exemple que les wagons à bestiaux, qui ne satisferont pas, du reste, aux conditions ci-dessus, ne pourront être employés que pour le transport de colis tels qu'il soit impossible d'enlever ces colis ou de soustraire tout ou partie de leur contenu à travers les claires-voies. En particulier, des liquides ou des marchandises en grains ou de consistance farineuse ne peuvent être transportés dans ces wagons, même renfermés dans des tonneaux ou dans des sacs.

12. *Wagons ouverts à couvertures partielles fixes.*

Les wagons ouverts dont les parois de tête sont réunies par une forte barre et munies de couvertures partielles fixes d'au moins 75 centimètres de largeur, et dont les parois longitudinales ont au moins 50 centimètres de hauteur, peuvent, s'ils sont pourvus d'anneaux pour assujettir les bâches, être employés avec ces dernières pour le transport de marchandises douanables de toute espèce.

13. *Autres wagons ouverts.*

Les autres wagons ouverts pourvus d'anneaux ou d'autres pièces permettant d'assujettir des bâches peuvent être employés pour le transport des marchandises devant passer en douane, lorsqu'il s'agit de colis pesant chacun au moins 25 kilos ou de marchandises dont le chargement dans les wagons couverts ou sur les wagons ouverts mentionnés au n° 12 n'est guère admissible ou n'est pas usuel, soit en raison de leur volume (grosses machines, pièces de machines, chaudières à vapeur, etc...), soit en raison de leur nature (bois, coton, charbons, cokes, sables, pierres, minerais, fers bruts ou vieux fers de toute espèce, fers en barres, bestiaux, harengs, huile de poissons, pétrole, etc...).

Dans le cas particulier du présent numéro, il est laissé aux autorités douanières le soin de décider, conformément aux instructions qui leur seront données par les administrations supérieures douanières, si, pour prévenir l'enlèvement ou l'échange de ces marchandises, il est nécessaire de les couvrir d'une bâche, de leur apposer des plombs de contrôle ou de prendre d'autres mesures de sécurité, ou enfin, s'il y a lieu, de faire par exception abstraction générale d'une fermeture ou d'autres mesures pour

assurer l'identité de ces marchandises. L'autorité compétente peut aussi faire accompagner des chargements.

Les instructions données par les administrations de chaque Etat pour l'exécution du paragraphe précédent seront portées à la connaissance des autres Etats contractants.

14. Bâches et leur mode d'attache.

Les anneaux pour l'attache des bâches doivent être fermés et soudés, fixés par des pitons rivés ou avec des écrous à l'intérieur du wagon et placés à une distance maximum de 115 centimètres, à peu près, au niveau du plancher du wagon, et cela soit alternativement aux parois latérales mobiles ou aux portes et aux traverses fixes de tête, soit encore au châssis inférieur lui-même, de telle sorte que la corde de fermeture empêche, le cas échéant, d'enlever les parois mobiles ou d'ouvrir les portes.

Les bâches doivent être pourvues sur leurs bords d'ouvertures garnies d'œillets métalliques dans lesquels passe la corde de fermeture, et échelonnés à peu près à la même distance les uns des autres que les anneaux fixés au wagon. On ne pourra employer des anneaux pour la fermeture des bâches qu'à leur partie supérieure.

Les bâches devront être de grandeur suffisante et en état convenable pour le but cherché. Les coutures, même pour les pièces rapportées, devront se trouver à l'intérieur, ou être doubles, c'est-à-dire formées de deux lignes de points de fil distantes de 15 à 25 millimètres.

Les cordes de fermeture devront être d'une seule pièce et pourvues, aux deux extrémités, de pointes métalliques. En arrière de ces pointes, il doit être réservé des œillets permettant, une fois les extrémités de la corde bien et dûment nouées, d'en effectuer la fermeture douanière.

ARTICLE II. — Les fonctionnaires et agents du Service des Douanes sont chargés de surveiller l'exécution du présent arrêté qui sera notifié aux Compagnies de chemins de fer et inséré au *Journal Officiel*, et qui abroge celui du 31 Mars 1887.

Paris, le 15 Juin 1908.

J. CAILLAUX.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

WAGONS ET VOITURES

	PAGES
CHAPITRE PREMIER. — Considérations générales	5
§ 1 ^{er} . — DISPOSITIONS PARTICULIÈRES AU MATERIEL ROULANT DES CHEMINS DE FER :	
1. Généralités	5
2. Application de mentonnets ou boudins aux bandages des roues.	6
3. Calage des roues sur les essieux	6
4. Conicité des bandages	6
5. Position des roues sous les caisses	6
6. Application de la charge sur des fusées extérieures aux roues	7
§ 2. — DISPOSITIONS GÉNÉRALES D'UN VÉHICULE	7
CHAPITRE II. — Description des parties communes à tous les véhicules	9
§ 1 ^{er} . — CHASSIS	9
§ 2. — BOITE DE GRAISSAGE	10
§ 3. — PLAQUES DE GARDE	11
§ 4. — SUSPENSION	12
§ 5. — ESSIEUX	13
§ 6. — ROUES :	
8. Généralités	15

TABLE DES MATIÈRES

	PAGES
9. Corps de la roue.....	15
10. Bandage.....	17
 § 7. — FREINS :	
11. Généralités.....	18
12. Freins à levier	18
13. Freins à vis.....	18
 CHAPITRE III. — Wagons à marchandises.....	
§ 1 ^{er} . — GÉNÉRALITÉS	20
§ 2. — WAGONS PLATES-FORMES.....	21
§ 3. — WAGONS TOMBÉREAUX.....	22
§ 4. — WAGONS COUVERTS ET FERMÉS :	
14. Généralités.....	23
15. Fourgons.....	23
16. Wagons à panneaux pleins sur toute leur hauteur	23
17. Wagons à bestiaux	23
18. Wagons spéciaux.....	24
§ 5. — WAGONS DE SERVICE :	
19. Classification	24
20. Wagons à ballast.....	24
21. Wagons accumulateurs à gaz	24
22. Wagons citernes	26
23. Wagons de secours.....	26
24. Grues roulantes	26
 CHAPITRE IV. — Voitures à voyageurs.....	
§ 1 ^{er} . — CLASSIFICATION.....	28
§ 2. — VOITURES A COMPARTIMENTS ISOLÉS ET A ACCÈS BI-LATÉRAL.....	28
§ 3. — VOITURES A COULOIR LONGITUDINAL AVEC ACCÈS PAR BOUTS.....	30
§ 4. — VOITURES A COULOIR LONGITUDINAL EN ACCÈS LATÉRAUX.....	30
§ 5. — INSCRIPTIONS PORTÉES PAR LES VOITURES ET WAGONS	32
 CHAPITRE V. — Formation des trains.....	
§ 1 ^{er} . — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.....	34

	PAGES
§ 2. — ATTELAGES :	
25. Attelages ordinaires	35
26. Attelages automatiques	37
§ 3. — DISPOSITIFS EMPLOYÉS POUR L'INTERCIRCULATION ET L'INTER-COMMUNICATION :	
27. Intercirculation	40
28. Intercommunication	40
29. Intercommunication électrique	41
30. Intercommunication par l'air comprimé	42
31. Intercommunication dans les trains de marchandises	43
§ 4. — FREINS CONTINUS DES TRAINS DE VOYAGEURS :	
32. Généralités	43
33. Frein à vide	43
34. Frein à air comprimé (principe et classification)	47
35. Frein Westinghouse	47
36. Frein Wenger	50
37. Frein Lipkowski	52
38. Frein électro-magnétique Westinghouse	52
40. Automaticité des freins continus	54
§ 5. — FREINS CONTINUS APPLIQUÉS AUX TRAINS DE MARCHANDISES :	
41. Généralités	55
42. Frein Guérin	55
43. Frein électrique	55
44. Frein Héberlein	55
§ 6. — CHAUFFAGE :	
45. Généralités	56
46. Bouillottes	56
47. Chaufferettes à l'acétate de soude	57
48. Bouillottes mixtes à eau et charbon dense	57
49. Thermo-siphon	57
50. Chauffage à la vapeur	58
§ 7. — ECLAIRAGE :	
51. Généralités (éclairage à l'huile, au pétrole)	59
52. Eclairage au gaz	60
53. Eclairage mixte au gaz et à l'acétylène mélangés	60
54. Eclairage électrique	61

DEUXIÈME PARTIE

LOCOMOTIVES

	PAGES
CHAPITRE PREMIER. — Dispositions générales d'une locomotive....	63
§ 1 ^{er} . — DÉFINITION ET CONSTITUTION DE LA LOCOMOTIVE.....	64
§ 2. — VÉHICULE	64
§ 3. — CHAUDIÈRE :	
55. Généralités.....	67
56. Foyer	68
57. Corps cylindriques	69
58. Boîte à fumée.....	72
§ 4. — LE MÉCANISME EN GÉNÉRAL	73
§ 5. — DISTRIBUTION DE LA VAPEUR :	
59. Tiroirs plans	73
60. Distributions à deux excentriques (Coulisses Stéphenson, Gooch, Allan).....	76
61. Distribution Walschaerts.....	78
62. Distribution sans excentrique	79
63. Tiroirs cylindriques.....	80
64. Contre-vapeur.....	81
§ 6. — MACHINES COMPOUND.....	81
§ 7. — MACHINES A SURCHAUFFE	82
§ 8. — DISPOSITIFS EMPLOYÉS POUR FACILITER LE PASSAGE DES VÉHICULES DANS LES SINUOSITÉS DE LA VOIE :	
65. Bogie.....	83
66. Bissel	86
67. Boîtes radiales	88
68. Articulation de deux groupes d'essieux (machines Mallet)....	88
§ 9. — INDICATEURS ET ENREGISTREURS DE VITESSE :	
69. Objet et classification de ces appareils.....	88
70. Enregistreurs établis sur la voie : (a) appareil Rabier Leroy, (b) appareil Sabouret.....	89

	PAGES
71. Enregistreurs portés par les locomotives : (a) appareil Hausshälder, (b) chronotachymètre P.-L.-M., (c) appareil Flaman...	92
§ 10. — ORGANES ACCESSOIRES DES LOCOMOTIVES	96
§ 11. — CHASSE-NEIGE.....	98
§ 12. — TENDERS.....	100
§ 13. — COMBUSTIBLE EMPLOYÉ ET CONSOMMATION DES MACHINES.....	102
 CHAPITRE II. — Classification des machines-locomotives.....	103
§ 1 ^{er} . — MACHINES A VOYAGEURS.....	103
§ 2. — MACHINES A MARCHANDISES	107
§ 3. — MACHINES MIXTES.....	110
§ 4. — MACHINES-TENDERS	111
§ 5. — LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES	112
§ 6. — VOITURES AUTOMOTRICES :	
72. Objet et classification des voitures automotrices	115
73. Automotrice Purrey.....	115
74. Automotrice de la Compagnie d'Orléans	116
75. Automotrice de la Compagnie du Nord	116
75 bis. Automotrice des chemins de fer de l'État français.....	118
 CHAPITRE III. — Modes de traction des Chemins de fer d'intérêt local et des tramways.....	121
§ 1 ^{er} . — CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL :	
76. Locomotives	121
77. Voitures et wagons.....	123
78. Ateliers	123
79. Dépenses de traction	123
§ 2. — TRAMWAYS :	
80. Modes de traction.....	123
81. Traction électrique.....	124
82. Traction à air comprimé	124
83. Locomotives à vapeur.....	125
84. Alimentations d'eau.....	126
85. Remises à machines.....	126
86. Ateliers et bureaux.....	126

	PAGES
§ 3. — CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN DE PARIS.....	126
87. Voitures automotrices.....	127
CHAPITRE IV. — Formules et Problèmes de traction.....	129
§ 1 ^{er} . — FORMULES :	
88. Travail, en chevaux-vapeur, d'une locomotive à simple expansion.....	129
89. Equation de la locomotive.....	130
90. Effort de traction.....	131
91. Formules de Desdouits.....	133
a) Résistance des machines et tenders des trains de voyageurs.	133
b) Résistance des machines et tenders des trains de marchandises	133
c) Résistance au roulement du train seul.....	133
d) Résistance due aux courbes.....	133
e) Résistance due aux déclivités	134
92. Coefficients de Sauvage	134
§ 2. — PROBLÈMES DE TRACTION :	
93. Calcul de la puissance en chevaux-vapeur d'une locomotive dont les conditions principales d'établissement sont données.	134
94. Calcul de la puissance en chevaux-vapeur d'une locomotive, étant données : la charge à remorquer, la vitesse à atteindre et les caractéristiques, en plan et en profil, de la ligne à parcourir	135
95. Détermination des conditions d'établissement d'une locomotive de puissance donnée.....	136

TROISIÈME PARTIE

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

CHAPITRE PREMIER. — Organisation générale du Service du matériel et la traction dans les Compagnies françaises.....	138
§ 1 ^{er} . — SERVICE CENTRAL.....	138

§ 2. — SERVICE DU MATÉRIEL :	
96. Organisation générale.....	139
97. Service de visite et de petit entretien des véhicules en circulation.....	139
98. Ateliers de petit entretien.....	140
99. Grands ateliers de construction et de réparation.....	140
§ 3. — SERVICE DE LA TRACTION :	
100. Organisation générale.....	141
101. Dépôts et réserves	141
102. Surveillance des machines en circulation.....	143
103. Personnel affecté à la conduite des machines	143
104. Organisation du service de roulement des locomotives.....	144
105. Primes au personnel	145
Tableau Résumé	146
CHAPITRE II. — Unité technique internationale du matériel de Chemins de fer.....	150
Arrêté ministériel du 15 Juin 1908.....	165
(Planche donnant une disposition d'ensemble des dépôts et ateliers d'une circonscription de traction.)	





Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

