

CHAPITRE X

DES WAGGONS OU VOITURES EMPLOYÉES SUR LES CHEMINS DE FER

Généralités. — Le choix et la bonne exécution du matériel définitif d'un chemin de fer sont de la plus grande importance. Avec un matériel défectueux, la dépense n'augmente pas seulement du surcroît des frais d'entretien, mais aussi de celui des frais de traction qu'il nécessite.

On doit donc apporter toute l'attention possible à l'étude du matériel roulant, et en faire la commande de telle sorte, que le fabricant puisse approvisionner ses matériaux, sécher ses bois et travailler avec soin ; sans cela, on perd le droit d'être exigeant lors de la réception.

On confie généralement la construction de ce matériel à un ou plusieurs fabricants ; quelquefois cependant les grandes compagnies l'exécutent dans leurs propres ateliers.

Lorsque, pour la première fois, on fit rouler un waggon sur un chemin de fer, on s'aperçut bientôt qu'il ne suffisait pas, pour qu'il se maintînt sur les rails, que les roues fussent munies de rebords. Les voitures à deux roues, de quelque manière qu'on les construisît, toutes les fois qu'une des roues venait à rencontrer un obstacle, tournaient et sortaient infailliblement de la voie. Il en était de même de celles à quatre roues, quand les roues étaient mobiles sur l'essieu ou que l'essieu de devant pouvait changer de direction indépendamment du corps de la voiture, comme dans les voitures qui marchent sur les routes ordinaires. Les roues étant mobiles et

les essieux parallèles, la roue jumelle, c'est-à-dire la roue portée sur le même essieu que celle arrêtée par l'obstacle, continuait à tourner et entraînait le mouvement de rotation, ainsi que le déraillement de la voiture. Les essieux changeant de direction indépendamment l'un de l'autre, un effet analogue se produisait : l'essieu portant la roue devenue stationnaire occasionnait alors le déraillement, en prenant une direction inclinée sur celle de l'autre essieu.

A l'entrée des courbes, le rebord de la roue d'avant placée du côté de la convexité de la courbe rencontrait nécessairement le rail; l'essieu changeait de direction en s'éloignant de celle du rayon de la courbe, et le waggon était encore jeté hors des rails.

C'est ainsi que l'on fut conduit par l'expérience :

1° *A n'employer sur les chemins de fer que des voitures à quatre roues au moins ;*

2° *A rendre les roues jumelles solidaires en les fixant sur les essieux, lesquels tournaient alors dans des boîtes fixées au corps de la voiture ou aux ressorts qui la portent ;*

3° *A disposer les essieux de manière qu'ils restent invariablement parallèles ou à peu près dans les waggons à quatre roues. De cette façon, l'essieu d'avant ne peut changer de direction sans que le corps de la voiture en change également.*

Les waggons des chemins de fer diffèrent donc essentiellement des voitures employées sur les routes ordinaires.

Les waggons à quatre roues sont le plus généralement en usage, du moins en Europe; cependant on en fait aussi à six et à huit roues.

Dans les waggons à six roues, les essieux sont ordinairement parallèles. Sur le chemin de Saint-Étienne à Lyon, toutefois, on s'est servi pendant longtemps de voitures à six roues dont un des essieux pouvait tourner dans un plan parallèle à celui du chemin, indépendamment des deux autres.

Dans ceux à huit roues, les essieux ne sont parallèles que deux à deux. La caisse, comme on peut le reconnaître fig. 352, est portée sur deux trains distincts, à quatre roues chacun, qui peuvent tourner indépendamment l'un de l'autre, chacun autour d'une cheville ouvrière perpendiculaire au plan du chemin.

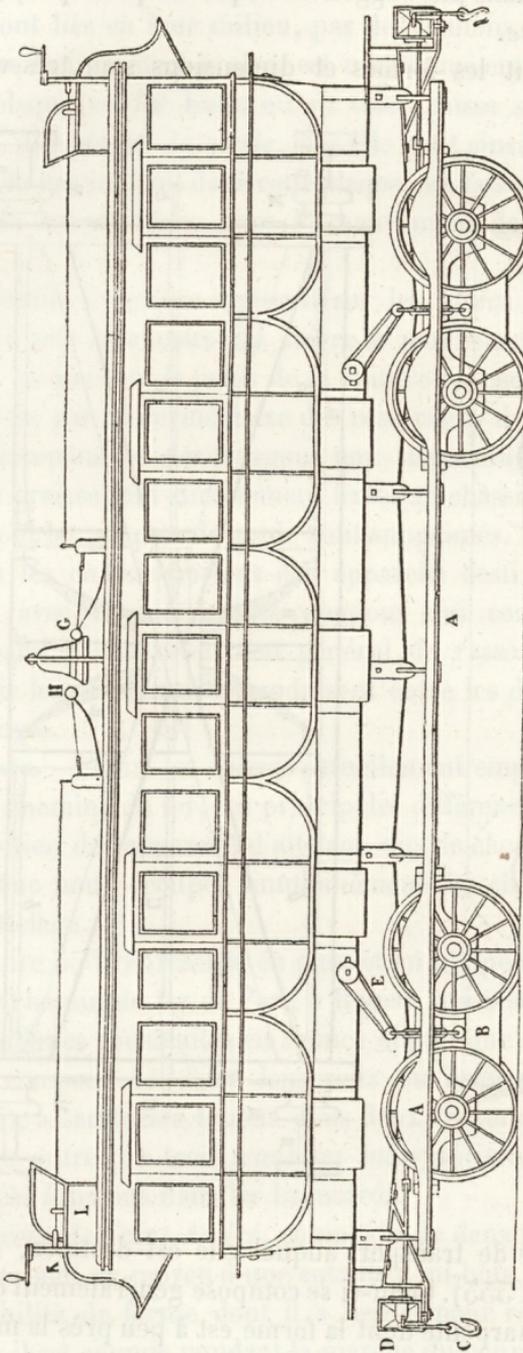


Fig. 552. — Waggon à huit roues.

On distingue dans un wagon deux parties principales, savoir : le *train* et la *caisse*.

La caisse, dont les formes et dimensions sont très-variables,

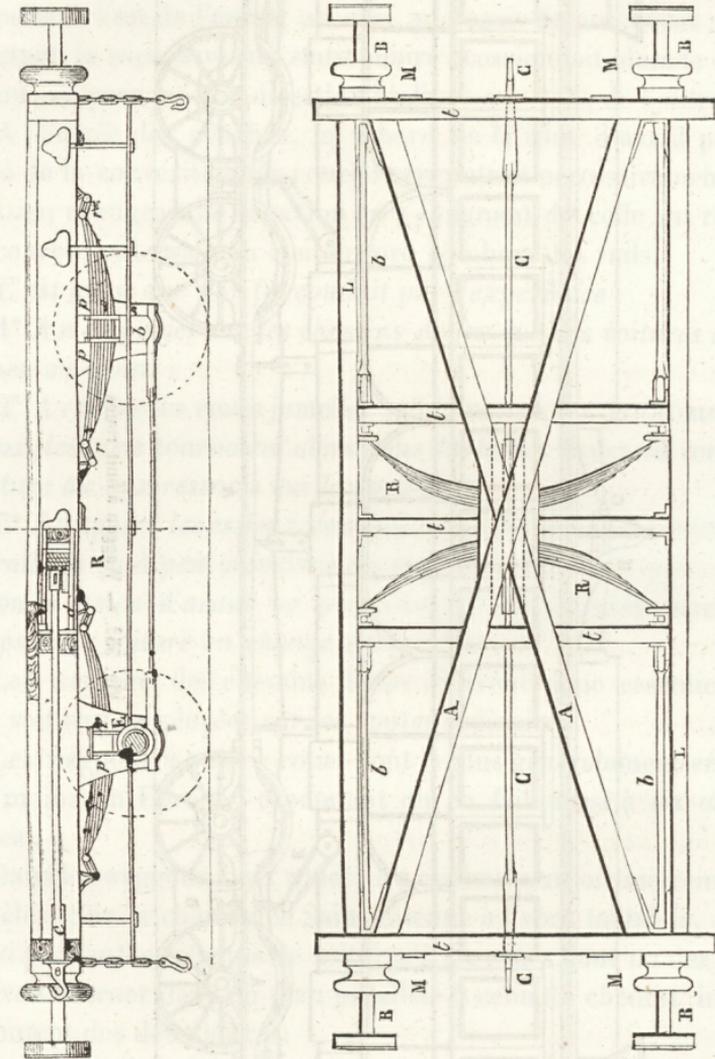


Fig. 555. — Châssis du chemin de fer de Rouen.

suivant le genre de transport auquel elle est destinée, est portée sur le train (fig. 555). Celui-ci se compose généralement d'un *cadre* ou *châssis* en charpente dont la forme est à peu près la même pour toutes les sortes de wagons employés dans un chemin de fer. Ce

cadre repose sur les extrémités des *ressorts de suspension rr*, auxquels sont liés en leur milieu, par des boulons à brides, les boîtes à graisse *b*. La boîte à graisse est maintenue entre les deux saillies d'une plaque en fer battu ou en tôle épaisse solidement fixée au châssis, dite *plaque de garde, pp*; elle peut ainsi glisser de haut en bas ou de bas en haut dans cette plaque, en faisant jouer le ressort; mais elle est entraînée dans le mouvement de translation de la voiture.

Les boîtes à graisse reposent sur les *fusées des essieux E*, et forcent à leur tour ceux-ci à suivre le mouvement du véhicule; on voit par là que tout le poids de la voiture repose sur les extrémités des essieux par l'intermédiaire des ressorts et des boîtes à graisse. Il existe cependant des waggons non suspendus dans lesquels les boîtes à graisse sont directement fixées au châssis. Dans ce cas, les ressorts et les plaques de garde sont supprimés.

Enfin les châssis portent des appareils destinés à relier entre eux et avec le moteur les waggons qui composent le train. Ces appareils sont munis en général de *ressorts* dont le but est d'amortir les chocs qui se produisent entre les différentes voitures d'un convoi.

Châssis. — Dans les châssis actuellement employés sur presque tous les chemins de fer, les principales différences proviennent de la disposition des appareils d'attelage dits de *choc et traction*. Nous allons donc nous occuper simultanément des châssis et des appareils d'attelage.

La figure 353 représente en plan et en coupe le châssis des voitures du chemin de fer de Paris à Rouen, qui a servi de type à tous ceux des lignes construites en France depuis quelques années.

Il se compose de deux *longerons* ou *brancards LL* en bois (fig. 353), assemblés à tenons dans deux *traverses extrêmes tt* et réunis en outre par trois *traverses intermédiaires t't't'* également assemblées à tenons dans les brancards.

Une *croix de Saint-André*, composée de deux pièces de bois *AA* qui se croisent au moyen d'une entaille à mi-bois, donne au châssis l'invariabilité de forme dont il a besoin pour résister aux efforts auxquels il est soumis pendant la marche du convoi.

Tous les assemblages de ces pièces entre elles sont consolidés au moyen de *harpons en fer* et de *boulons*.

Deux *grands ressorts de choc et de traction* RR (fig. 353) sont attachés en leur milieu aux *tiges de traction* CC, munies de crochets à leurs extrémités, qui dépassent les traverses extrêmes.

Ces ressorts appuient par leurs deux bouts sur de petites *manettes* en fonte qui terminent les *tiges de tampon* B b. Ces tiges sont munies à leur autre extrémité de tampons B en bois dur; les ressorts sont guidés en leur milieu par deux *cadres dd*, en fer plat, fixés au moyen de sabots en fonte sur les traverses intermédiaires de part et d'autre des ressorts.

Voici comment fonctionne cet appareil :

Quand on exerce un effort sur la tige de traction, le ressort correspondant perd de sa flèche, et appuie alors fortement par ses extrémités sur la traverse du châssis, qu'il entraîne progressivement et sans secousse.

Si l'on suppose un second châssis attelé au premier par les crochets de traction, dès que le premier se sera mis en mouvement, il tendra à entraîner le second; mais cet effet n'aura lieu que lorsque le ressort d'arrière du premier et celui d'avant du second waggon se seront assez aplatis pour acquérir une tension équivalente à la résistance qu'oppose un waggon. On voit donc que le démarrage de tout un train se fera successivement, et donnera lieu à peu ou point de secousses.

Si la liaison des waggons qui composent un train ne se faisait qu'au moyen de l'appareil de traction, dès que l'avant du train ralentirait son mouvement, tous les waggons placés derrière viendraient choquer ceux qui les précèdent, en vertu de leur vitesse acquise.

Pour éviter les détériorations du matériel qui résulteraient de ces chocs, on dispose les tampons BB de manière qu'ils se touchent d'une voiture à l'autre. Quand le ralentissement dont nous venons de parler a lieu, la queue du train appuie sur les tampons du premier waggon et fait fléchir le ressort R (fig. 353). Ce ressort est maintenu en son milieu par la tige de traction et pressé à ses extrémités par les tiges de tampons, qui cèdent en glissant dans

le sens de la longueur du châssis. Ici encore le ralentissement ne se fait que progressivement de l'avant à l'arrière du train.

Dans le châssis du chemin de fer de Paris à Rouen, les tiges de tampons sont guidées par petits sabots en fonte *ss*, fixés (fig. 355) sur les traverses intermédiaires, et par des *faux tampons* *MM* en bois, garnis intérieurement de fer, fixés sur les traverses extrêmes. Ces tiges sont carrées dans la partie qui traverse le faux tampon, et rondes au delà.

Des deux tampons placés à une même extrémité d'un waggon, l'un est ordinairement plat et l'autre convexe. Le tampon plat est en contact avec un tampon convexe du waggon continu, et le tampon convexe avec un tampon plat.

Dans les châssis des chemins de fer construits plus récemment, le faux tampon est en fonte, la partie de la tige qui le traverse est ronde et tournée avec soin, tandis que le reste est carré. On obtient de cette manière des appareils construits avec plus de précision et qui cependant ne laissent rien à désirer sous le rapport de la douceur du mouvement.

Autrefois on munissait fréquemment les châssis de ressorts de choc et de traction distincts. Cette disposition est bonne en principe, mais elle augmente les frais d'établissement des waggon. On a aussi quelquefois placé les ressorts de choc et de traction contre les traverses extrêmes du châssis. On raccourcit ainsi les tiges de traction et des tampons; mais on charge les extrémités du châssis, qui fléchissent souvent, et l'on fatigue les traverses, qui supportent tous les chocs.

Au chemin de Versailles (rive gauche), on a fait usage de ressorts de choc et de traction beaucoup plus petits (fig. 354). Ces ressorts *rr'* étaient du genre de ceux que l'on nomme *ressorts à pin-cettes*, et s'appuyaient par leurs extrémités sur la traverse du milieu du châssis. Les tiges *tt*, qui servaient en même temps de tiges de choc et de tiges de traction, portaient à l'une de leurs extrémités un tampon et à l'autre des étriers qui embrassaient les deux ressorts. L'une des tiges portait un seul étrier; l'autre se terminait par une fourche dont chacun des bras formait étrier. Des deux côtés des tampons se trouvaient des crochets et des anneaux rece-

vant les anneaux ou les crochets des chaînes réunissant les voitures. Lorsque l'effet de traction s'exerçait sur la tige B, le ressort était

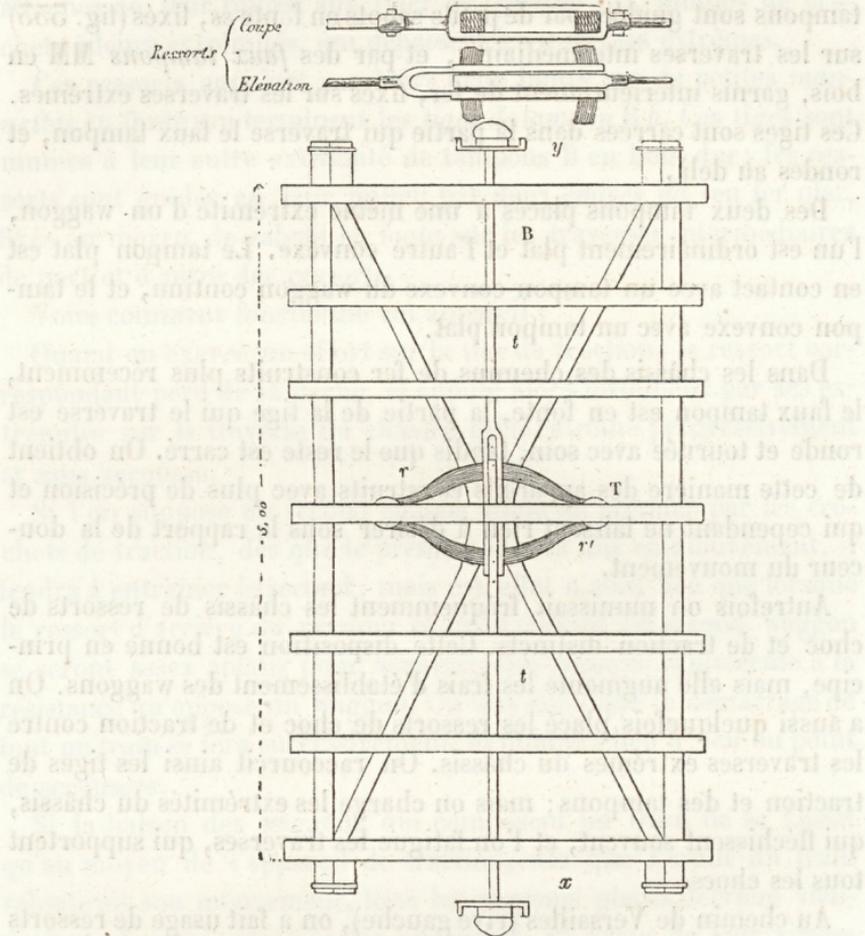


Fig. 534. — Châssis du chemin de fer de Versailles (Rive gauche).

tiré dans la direction xy par son milieu et pressait en se ployant la traverse T par ses extrémités. Cette traverse entraînait le wagon. Dans le cas d'un choc, c'était le ressort r' qui travaillait et qui alors était poussé en son milieu dans la direction yx .

La croix de Saint-André de ces châssis était formée de deux pièces de bois courbées à la vapeur. L'ensemble en était simple et solide; mais les tampons, dans ce système, ne se touchant qu'en

un seul point, le déplacement latéral s'opérait plus facilement, ce qui augmentait le mouvement de lacet.

Quand les châssis deviennent très-longs, on multiplie le nombre des traverses intermédiaires et l'on met quelquefois deux croix de Saint-André, parce qu'une croix unique présenterait des angles trop aigus et ne résisterait pas suffisamment aux efforts qui tendent à déformer le châssis, et surtout parce qu'elle gênerait le passage des roues.

Appareils de choc et de traction. — On a employé quelquefois des *ressorts à boudin* pour les appareils de choc et traction. Nous citerons le châssis du chemin de fer de Gloucester à Birmingham, dans lequel l'attelage présente encore cette particularité que les deux crochets de traction sont fixés sur une tige unique. Cette tige agit sur le châssis par l'intermédiaire des ressorts ; mais, comme elle est liée par un appareil inextensible aux tiges des autres wagons qui composent le train, l'effort du moteur s'exerce *simultanément* et non *successivement* sur toutes ces voitures. En Angleterre, on fait encore fréquemment usage de ressorts formés d'une barre d'acier méplat contourné en volute.

Depuis quelques années, on se sert aussi sur plusieurs lignes de chemins de fer d'appareils de choc et de traction dans lesquels les ressorts en acier sont remplacés par des rondelles en *caoutchouc vulcanisé*.

La figure 355 représente un tampon de choc de cette espèce. Il se compose d'une cuvette en fonte C alésée dans la partie *cc*. Un cylindre creux en fonte tourné à frottement doux dans cette cuvette ; il est muni d'une tige cylindrique *t* en fer fixée en son milieu ; cette tige traverse le fond de la cuvette et porte à son extrémité un écrou qui sert à donner la tension nécessaire aux *rondelles de caoutchouc vulcanisé rr* contenues dans la cuvette et séparées les unes des autres par d'autres rondelles en fer ou en cuivre *r'r'*.

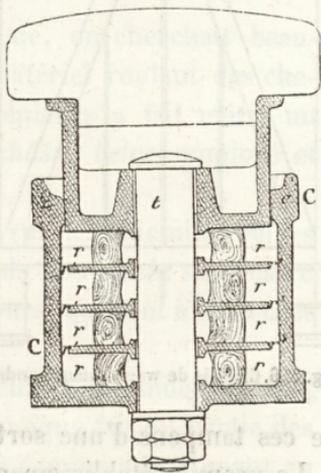


Fig. 355. — Tampon de choc.

Les ressorts de traction en caoutchouc vulcanisé présentent beaucoup d'analogie avec les précédents.

Les tampons de choc en caoutchouc à quatre rondelles sont assez économiques, mais ils manquent de

course et sont par conséquent peu efficaces. Souvent on augmente le nombre des rondelles ; alors on les place à l'intérieur du châssis, entre deux traverses, sur des tiges de choc analogues à celles que nous avons décrites pour les ressorts en acier. Cet appareil est bon, mais dispendieux.

On a employé le caoutchouc vulcanisé comme tampons de choc pour les waggons à marchandises ; il donne de bons résultats quand il est bien préparé ; mais les ressorts en acier fondu au prix actuel de l'acier ne sont pas beaucoup plus coûteux et sont plus durables.

Dans les waggons à marchandises, on supprime, sur certaines lignes, les appareils de chocs élastiques, et on les remplace par des tampons fixes formés par le prolongement des brancards (fig. 356). On rapporte sur le côté et au-dessus de ce prolongement des pièces de bois qui en augmentent la section, on relie le tout par des frettes et des boulons, et on recouvre quelquefois l'extrémité

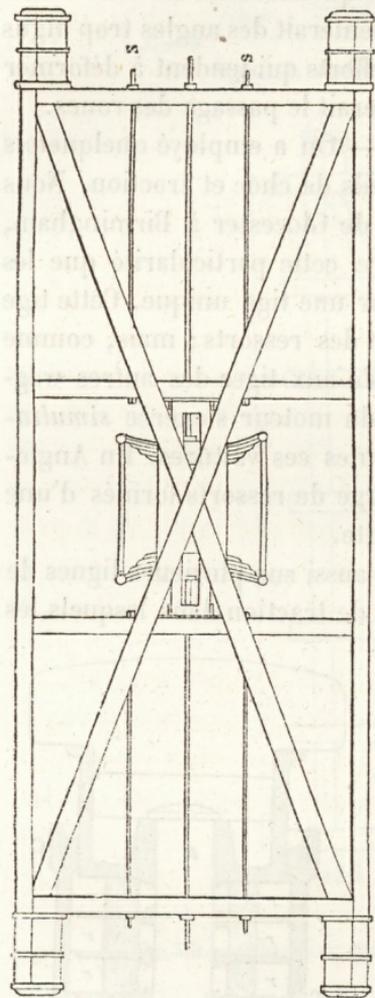


Fig. 356. Châssis de wag. à marchandise.

de ces tampons d'une sorte de matelas en cuir et en crin.

Le premier établissement de ces tampons est économique ; mais, comme ils sont peu ou point élastiques, les châssis qui en sont munis sont promptement disloqués par les chocs qu'ils reçoivent, surtout dans les manœuvres des trains de marchandises. *Il convient*

donc de placer des ressorts de choc même sur les waggons à marchandises.

Anciennement, on employait fréquemment des châssis dits *doubles*. Ils consistaient en deux châssis superposés et séparés par des tasseaux ou par les extrémités des traverses. Ces châssis avaient l'avantage de n'exiger que des bois d'un faible équarrissage; mais ils présentaient beaucoup d'assemblages et n'étaient durables qu'à la condition d'être consolidés par un grand nombre de ferrures coûteuses.

Dans ces derniers temps, on est revenu aux châssis doubles modifiés pour les waggons à marchandises. La figure 557 représente un châssis de ce genre construit au chemin de fer d'Orléans. Les brancards de ce châssis, composés de deux pièces qui serrent entre elles les traverses, présentent l'aspect de véritables poutres armées, et ont par cela même une grande rigidité dans le sens vertical. Les assemblages sont de simples entailles très-peu profondes; le tout est relié par des boulons qu'on peut resserrer à volonté si les pièces prennent du jeu. Le cours de brancards supérieurs est entre-toisé par une croix de Saint-André. Ce châssis est léger, mais il est difficile à bien établir. Aux chemins de l'Est, on en a été peu satisfait. Il est fort coûteux d'entretien.

Châssis belge. — A une certaine époque, on cherchait beaucoup à abaisser le centre de gravité du matériel roulant des chemins de fer. Cette préoccupation des ingénieurs a fait naître un système de châssis connu sous le nom de *châssis belge*, employé et perfectionné en Allemagne.

Les châssis des voitures à voyageurs sur les chemins belges (fig. 558) se composent de deux brancards boulonnés sur quatre traverses entre lesquelles sont placées les roues, qui sont extérieures aux brancards.

Les caisses, dont le fond est formé de deux cadres indépendants, reposent sur les brancards. Ces cadres, quoique faisant partie des caisses, peuvent être également considérés comme appartenant au train ou à son châssis, car ils lui sont liés invariablement et servent à guider les appareils de traction et de choc.

Les plaques de garde sont posées en dehors des roues et relient

les traverses l'une avec l'autre au moyen d'un double T en fer.

Sur les boîtes à graisse sont fixés les ressorts, qui, reliés aux traverses au moyen de menottes en fer, supportent le châssis.

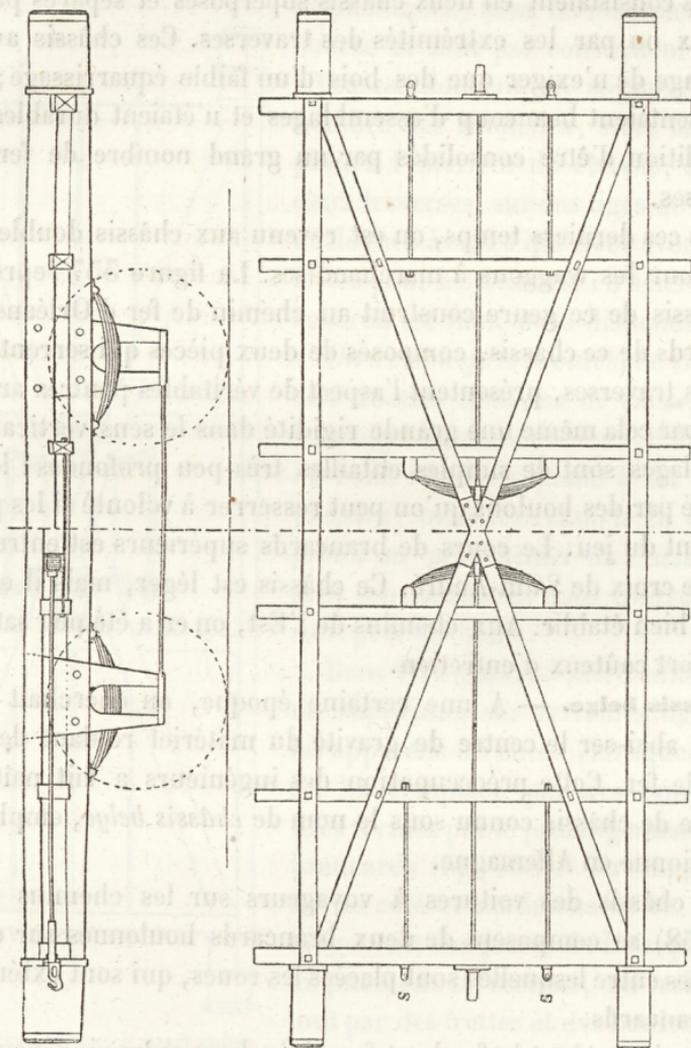


Fig. 557. — Châssis double.

Les ressorts de choc et de traction sont placés au-dessus de la traverse extrême de chaque châssis. Les tampons sont à l'aplomb des brancards et glissent ainsi que les ressorts dans des pièces spéciales en fonte.

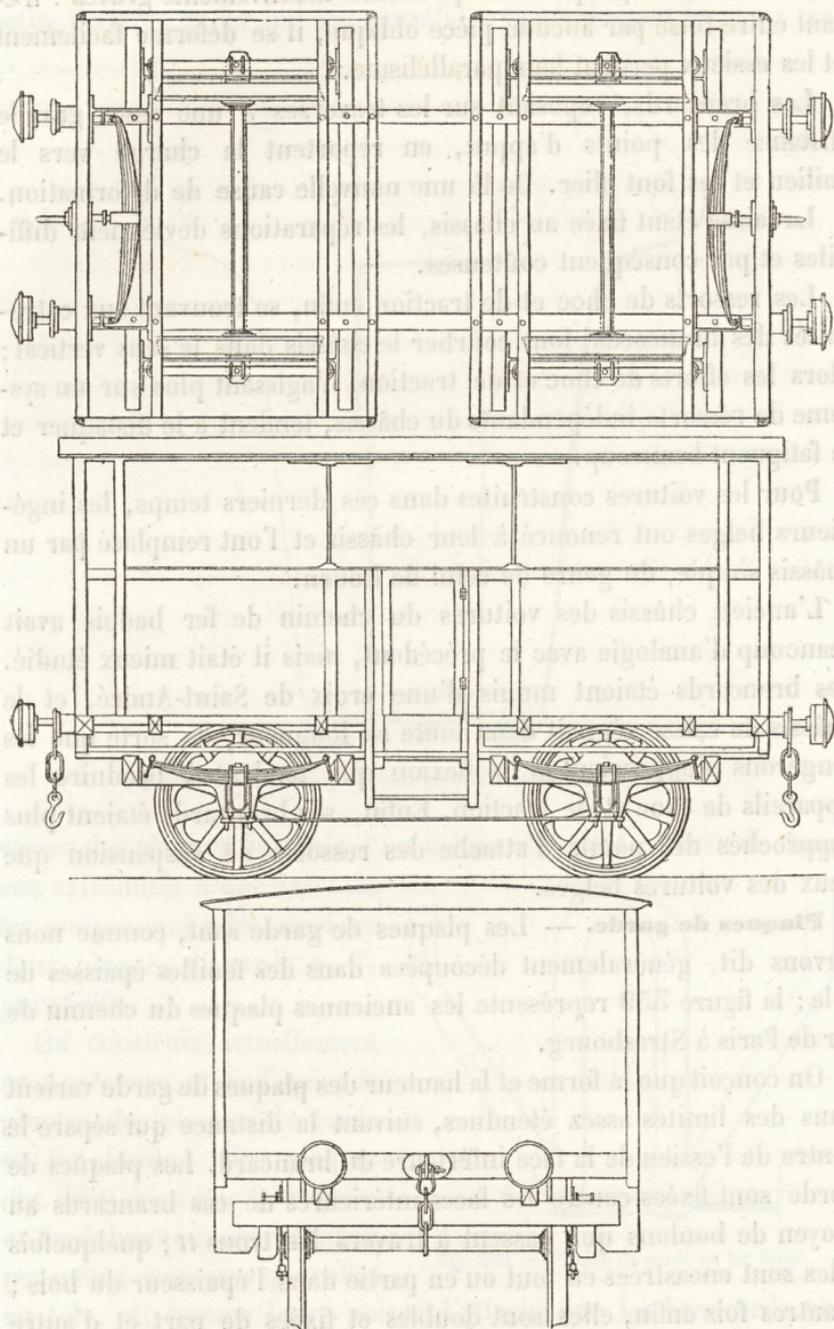


Fig. 558. — Châssis de voitures belges.

Le châssis belge présente plusieurs inconvénients graves : n'étant entre-toisé par aucune pièce oblique, il se déforme facilement et les essieux perdent leur parallélisme.

Les brancards, reposant sur les traverses à une assez grande distance des points d'appui, en reportent la charge vers le milieu et les font plier. De là une nouvelle cause de déformation.

La caisse étant fixée au châssis, les réparations deviennent difficiles et par conséquent coûteuses.

Les ressorts de choc et de traction enfin, se trouvant aux extrémités des brancards, font courber le châssis dans le sens vertical ; alors les efforts de choc et de traction, n'agissant plus sur un système de ressorts indépendants du châssis, tendent à le disloquer et le fatiguent beaucoup.

Pour les voitures construites dans ces derniers temps, les ingénieurs belges ont renoncé à leur châssis et l'ont remplacé par un châssis simple, du genre de celui de Rouen.

L'ancien châssis des voitures du chemin de fer badois avait beaucoup d'analogie avec le précédent, mais il était mieux étudié. Les brancards étaient munis d'une croix de Saint-André, et le châssis de caisse régnait dans toute sa longueur, de sorte que les longerons s'opposaient à la flexion que tendent à produire les appareils de choc et de traction. Enfin, ses brancards étaient plus rapprochés des points d'attache des ressorts de suspension que ceux des voitures belges.

Plaques de garde. — Les plaques de garde sont, comme nous l'avons dit, généralement découpées dans des feuilles épaisses de tôle ; la figure 559 représente les anciennes plaques du chemin de fer de Paris à Strasbourg.

On conçoit que la forme et la hauteur des plaques de garde varient dans des limites assez étendues, suivant la distance qui sépare le centre de l'essieu de la face inférieure du brancard. Les plaques de garde sont fixées contre les faces intérieures de ces brancards au moyen de boulons qui passent à travers les trous *tt* ; quelquefois elles sont encastrées en tout ou en partie dans l'épaisseur du bois ; d'autres fois enfin, elles sont doubles et fixées de part et d'autre aux brancards.

On réunit les deux branches des plaques de garde au moyen d'une petite traverse en fer qui les consolide. Généralement les deux tra-

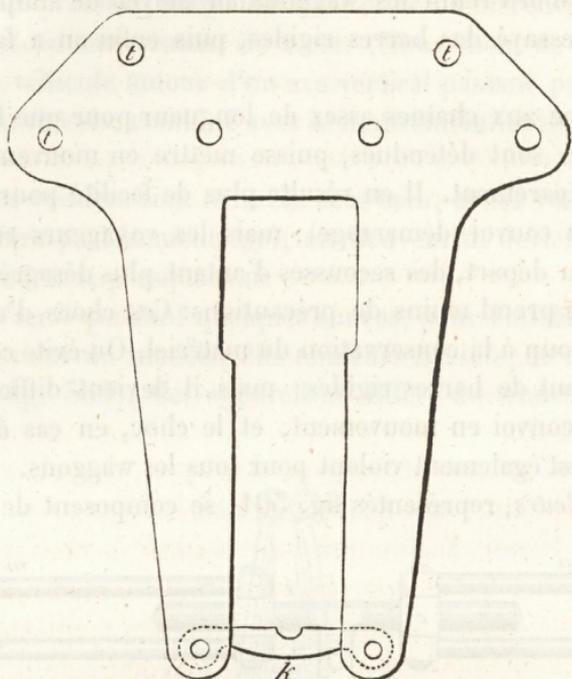


Fig. 559. — Ancienne plaque de garde du chemin de Strasbourg.

verses des plaques de garde d'un même côté sont venues de forge aux extrémités d'une barre de fer unique, qui relie ainsi ces deux plaques de garde *a*, figure 560.

On construit actuellement en Angleterre et en France la plupart des plaques de garde en fer laminé. Ces plaques (fig. 560), bien que fabriquées en fer de bonne qualité, sont un peu moins coûteuses que celles

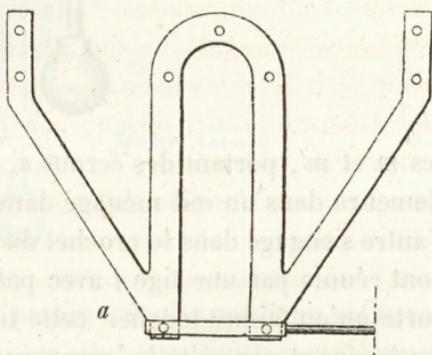


Fig. 560. — Plaque de garde en fer forgé.

en tôle, et, comme leurs points d'attache sur les brancards sont fort écartés, leur position par rapport au brancard est invariable.

Attelages. — Les attelages des waggons d'un même convoi, ou des tenders aux waggons, ont toujours lieu par le milieu.

On a d'abord réuni les waggons au moyen de simples chaînes, puis on a essayé des barres rigides, puis enfin on a fait usage de tendeurs.

On donne aux chaînes assez de longueur pour que la machine, quand elles sont détendues, puisse mettre en mouvement chaque waggon séparément. Il en résulte plus de facilité pour la mise en marche du convoi (démarrage); mais les voyageurs reçoivent, au moment du départ, des secousses d'autant plus désagréables que le mécanicien prend moins de précautions. Ces chocs d'ailleurs nuisent beaucoup à la conservation du matériel. On évite ces secousses en se servant de barres rigides; mais il devient difficile alors de mettre le convoi en mouvement, et le choc, en cas d'arrêt de la machine, est également violent pour tous les waggons.

Les *tendeurs*, représentés fig. 561, se composent de deux mail-

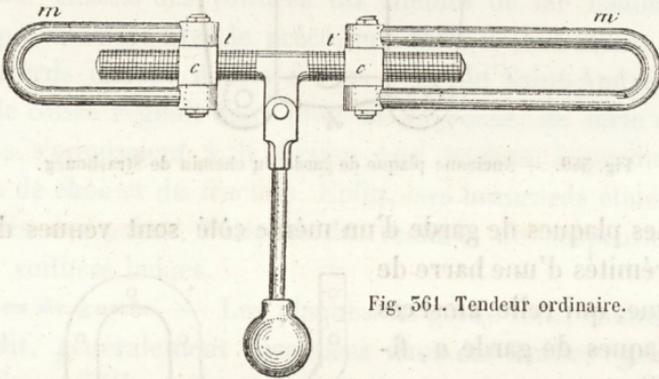


Fig. 561. Tender ordinaire.

les *m* et *m'*, portant des écrous *c*, *c'*. L'une des mailles est fixée à demeure dans un œil ménagé dans l'un des crochets de traction; l'autre s'engage dans le crochet du waggon suivant. Les deux écrous sont réunis par une tige *t* avec pas de vis en sens inverse, de telle sorte qu'en faisant tourner cette tige, on rapproche ou l'on écarte les écrous et par suite les waggons.

Les tendeurs sont employés avec les voitures à deux tampons; en formant les trains, on les serre jusqu'à ce que les tampons des voitures consécutives exercent les uns sur les autres une pression

assez considérable. Cet appareil évite les secousses et diminue l'intensité des chocs ; il ralentit à la vérité un peu le démarrage du train pour les premiers tours de roues ; mais, en marche, il s'oppose efficacement au mouvement de lacet. (Mouvement de rotation alternatif du véhicule autour d'un axe vertical passant par le centre de figure du châssis, combiné avec le mouvement de translation du convoi.)

Quand les voitures sont montées avec soin, et les *roues jumelles* d'un diamètre parfaitement égal, ce mouvement devient, par l'usage des tendeurs, presque nul.

On s'est servi pendant quelques années, pour l'attelage, de tendeurs d'un nouveau modèle, dits *tendeurs Lassale*, du nom de leur inventeur (fig. 562). Cet appareil ne diffère du tendeur ordinaire

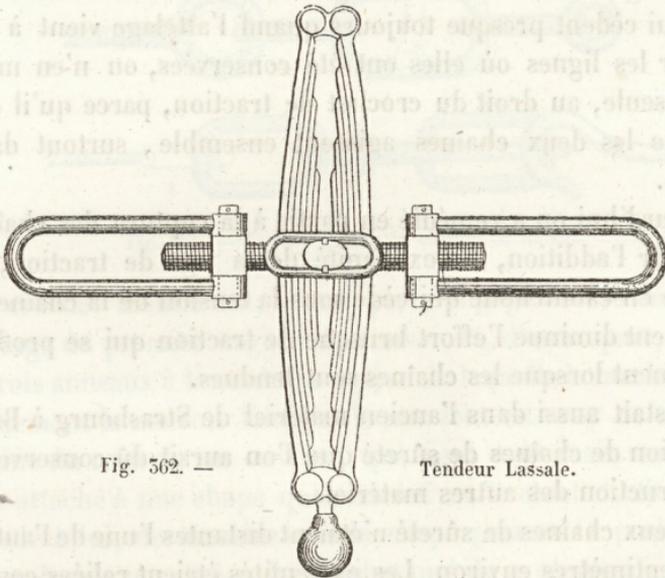


Fig. 562. —

Tendeur Lassale.

qu'en ce que la vis est en deux parties réunies par deux petits ressorts. Avec le tendeur Lassale, on peut supprimer complètement les ressorts de traction ; c'est ce qu'on a fait sur plusieurs chemins de fer. On a employé pour les waggons à marchandises, et même quelquefois pour les voitures à voyageurs, un système d'attelage

qui se compose d'un tendeur à ressorts pour la traction, et de tampons en caoutchouc pour le choc.

Malgré l'économie importante qui résultait de l'emploi du tendeur Lassale, on l'a abandonné sur les chemins de l'Est, parce qu'il est lourd, et que la formation des trains devenait, avec cet appareil, pénible et même dangereuse.

De part et d'autre du crochet d'attelage, à une distance d'environ 0^m,50, on dispose ordinairement deux chaînes terminées par des crochets. Ces chaînes, dites *chaînes de sûreté*, sont d'une longueur telle, que, dans les circonstances ordinaires, elles ne sont pas tendues; mais, si le tendeur ou le crochet d'attelage vient à se casser, ou si le train reçoit un effort brusque qui brise l'appareil de traction, ces chaînes se tendent et remplacent cet appareil ou lui viennent en aide.

En Angleterre, on renonce généralement aux chaînes de sûreté, qui cèdent presque toujours quand l'attelage vient à se briser. Sur les lignes où elles ont été conservées, on n'en met plus qu'une seule, au droit du crochet de traction, parce qu'il est fort rare que les deux chaînes agissent ensemble, surtout dans les courbes.

Aujourd'hui on a remédié en partie à la rupture des chaînes de sûreté par l'addition, à l'extrémité de la tige de traction, d'une rondelle en caoutchouc qui cède sous la tension de la chaîne et par conséquent diminue l'effort brusque de traction qui se produit ordinairement lorsque les chaînes sont tendues.

Il existait aussi dans l'ancien matériel de Strasbourg à Bâle une disposition de chaînes de sûreté que l'on aurait dû conserver dans la construction des autres matériels.

Les deux chaînes de sûreté n'étaient distantes l'une de l'autre que de 20 centimètres environ. Les extrémités étaient reliées comme le crochet de traction au collier du ressort de traction. Cette disposition a non-seulement l'avantage de diminuer considérablement l'effort brusque de traction, mais aussi celui de ramener tout le système de traction dans l'axe du châssis, et par conséquent de remédier à l'inconvénient actuel des chaînes de sûreté, de tirer obliquement dans les courbes lorsqu'elles remplacent l'attelage du tendeur.

Si un essieu vient à se rompre, les attelages doivent soutenir la voiture : il est donc important de les rendre assez solides pour que, dans ce cas, ils puissent résister. On a conseillé de faire moins fort l'attelage de la locomotive au train, afin que celle-ci, déraillant, ne pût entraîner à sa suite tout le convoi ; nous ne saurions approuver cette disposition : il en résulterait des ruptures fréquentes en marche ordinaire, et, par conséquent, des irrégularités dans le service.

Au chemin de fer de Rouen, on s'est servi, pour détacher la machine à l'arrivée, sans arrêter le convoi, d'un crochet mobile (fig. 363).

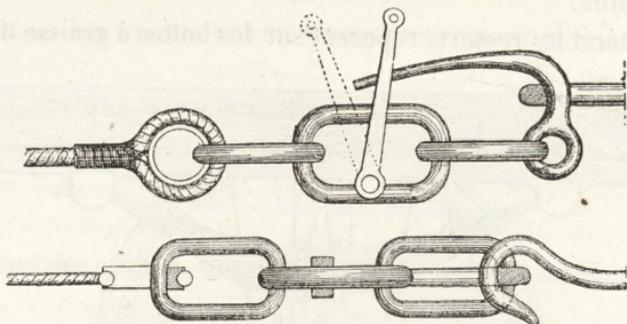


Fig. 363. — Crochet mobile du chemin de Rouen.

Ce crochet mobile est, d'une part, engagé sur le crochet fixe d'attelage du premier waggon du convoi, et, d'autre part, il est fixé par trois anneaux à la corde au moyen de laquelle la machine traîne obliquement le convoi. Lorsque le moment est venu de séparer la machine du convoi, un ouvrier, qui tient à la main un bout de corde attaché à une chape qui sert à fixer le crochet, tire le bout de corde à lui, de manière que la chape prenne la position indiquée en lignes ponctuées. Le crochet mobile se sépare alors du crochet d'attelage du convoi, et la machine, par conséquent, cesse de remorquer les waggons.

Au chemin de Saint-Étienne à Lyon, on a employé un autre crochet fort ingénieux, au moyen duquel on peut, le convoi étant en marche, dételer instantanément la machine. Ce crochet est manœuvré par un mécanisme qui agit aussi sur un frein que l'on serr

tout en dételant la machine. Il n'a pas été adopté sur d'autres lignes parce que, en cas d'accident, les conducteurs des trains n'ont pas le temps et la présence d'esprit nécessaires pour le faire fonctionner. C'est ce qui arrive pour presque toutes les dispositions qui ont été imaginées dans le même but.

Suspension. — Les voitures qui marchent à de grandes vitesses sur les chemins de fer sont généralement suspendues sur des ressorts; mais le mode de suspension est encore loin d'atteindre la perfection de celui de nos voitures ordinaires. Cependant, depuis l'adoption des nouveaux ressorts en acier fondu de M. Lassale, cette partie de la construction du matériel roulant a fait un progrès très-sensible.

En général les ressorts reposent sur les boîtes à graisse (fig. 364);

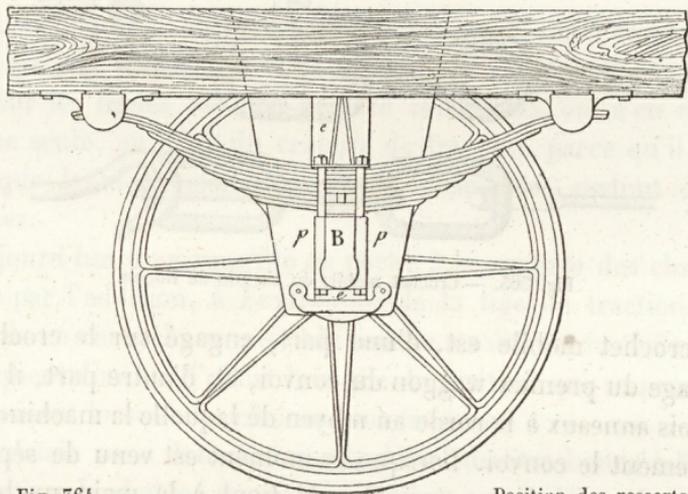


Fig. 364. —

Position des ressorts.

cependant ils passent quelquefois en dessous. Cette disposition permet d'abaisser la caisse, mais elle rend difficile la visite des fusées et des boîtes à graisse.

Dans les voitures à voyageurs du chemin de fer de Rouen et dans celles de tous les chemins de fer construits depuis l'ouverture de cette ligne, le châssis est suspendu par des *menottes en cuir* à des ressorts longs et plats (fig. 365). On fait varier la tension des ressorts en écartant ou en rapprochant les supports de suspension au moyen d'appareils à vis dont nous représentons un spéci-

men fig. 367. Antérieurement, on faisait simplement reposer les

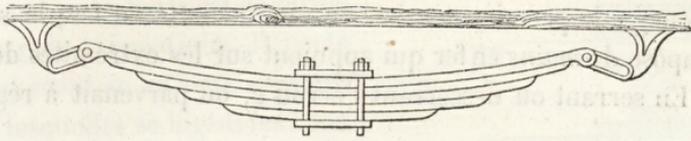


Fig. 365. — Mode de suspension.

extrémités des ressorts sur des sabots en fonte boulonnés sous les

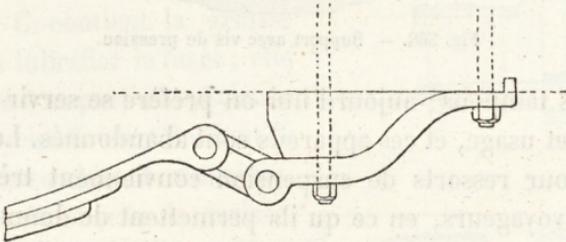


Fig. 366. — Autre mode de suspension.

longerons des châssis, disposition encore usitée pour les waggons à

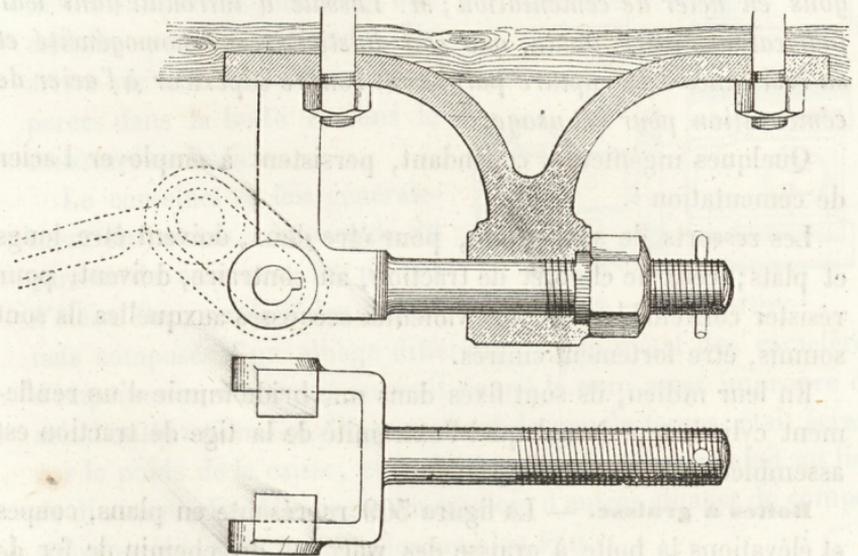


Fig. 367. — Support avec vis de rappel.

marchandises sur plusieurs chemins de fer. Les figures 366 et 368

représentent deux autres modes de suspension des waggons à marchandises qui ont été employés sur le chemin de fer de Paris à Strasbourg : le premier consiste en une menotte en fer ; le second se compose de *mains* en fer qui appuient sur les extrémités des ressorts. En serrant ou desserrant l'écrou *e*, on parvenait à régler la

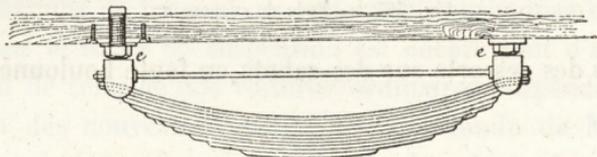


Fig. 368. — Support avec vis de pression.

hauteur des tampons ; aujourd'hui on préfère se servir de cales en bois pour cet usage, et ces appareils sont abandonnés. Les appareils tendeurs pour ressorts de suspension conviennent très-bien aux voitures à voyageurs, en ce qu'ils permettent de donner aux ressorts une tension initiale considérable qui diminue l'amplitude des oscillations, et rend ainsi le mouvement plus doux.

On faisait jusque dans ces derniers temps les ressorts de waggons en acier de cémentation ; M. Lassale a introduit dans leur fabrication l'acier fondu, que son élasticité, son homogénéité et sa résistance à la rupture paraissent rendre supérieur à l'acier de cémentation pour cet usage.

Quelques ingénieurs, cependant, persistent à employer l'acier de cémentation ¹.

Les ressorts de suspension, pour être doux, doivent être longs et plats ; ceux de choc et de traction, au contraire, doivent, pour résister convenablement aux violentes secousses auxquelles ils sont soumis, être fortement cintrés.

En leur milieu, ils sont fixés dans une bride munie d'un renflement cylindrique dans lequel l'extrémité de la tige de traction est assemblée au moyen d'une clavette.

Boîtes à graisse. — La figure 369 représente en plans, coupes et élévations la boîte à graisse des waggons du chemin de fer de

¹ Voir le savant mémoire de M. Philipps sur l'emploi des ressorts en acier. (*Annales des mines*, année 1852.)

Paris à Strasbourg. Cette boîte se compose de quatre parties . le *corps de la boîte*, le *coussinet*, le *fond* et le *couvercle*.

Le corps en fonte est de forme à peu près prismatique. Il porte latéralement en *rr* deux rainures dans lesquelles se logent les deux branches de la plaque de garde. La saillie en fer à cheval *ss* ne sert, comme nous le verrons plus loin, que dans les waggons à frein. La cavité *C* contient la graisse destinée à lubrifier la fusée; elle est fermée à sa partie supérieure par un *couvercle* en tôle dont la partie *a*, assemblée à charnière, permet de renouveler la graisse. Celle-ci est composée de matières grasses plus ou moins fluides suivant la saison, et saponifiées partiellement par l'adjonction d'une certaine quantité de soude; elle arrive sur la fusée par deux trous percés dans la boîte et dans le *coussinet* en bronze.

Le coussinet se fait généralement en bronze, composé de 82 parties de cuivre et 18 parties d'étain. On a employé des coussinets composés d'un alliage différent peu du métal des caractères d'imprimerie, et auquel on avait donné le nom assez impropre de métal *antifriction*. Cet alliage, au bout de peu de temps, était écrasé par le poids de la caisse, et le frottement alors augmentait au lieu de diminuer. En Allemagne on emploie d'autres alliages de composition variée, dont nous parlerons plus loin.

Le fond *F* de la boîte est en fonte : il reçoit la graisse qui tombe de la fusée après s'être fondue, et empêche les matières étrangères

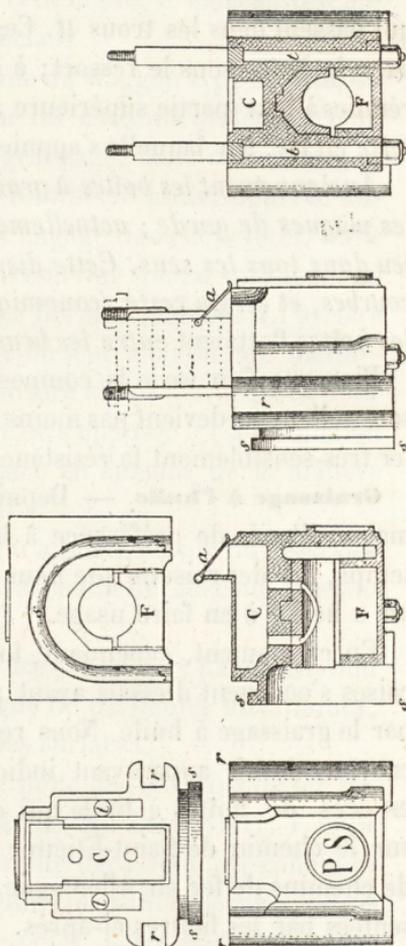


Fig. 369. — Boîtes à graisse.

entraînées par le passage du train de venir s'attacher à la fusée.

Le fond est réuni au corps de la boîte par deux *boulons* à brides qui passent dans les trous *tt*. Ces *brides* servent en même temps à fixer la boîte sous le ressort; à cet effet, les quatre branches sont réunies à leur partie supérieure au moyen d'une *platine* ou *entretoise* en fer, sur laquelle s'appuient les écrous de ces branches.

Anciennement les boîtes à graisse étaient ajustées avec soin dans les plaques de garde; actuellement on leur donne au contraire du jeu dans tous les sens. Cette disposition facilite le passage dans les courbes, et est du reste économique. On a remarqué qu'en marche les boîtes flottaient entre les branches des plaques de garde.

Bien que l'on varie la composition de la graisse suivant les saisons, elle n'en devient pas moins dure en hiver, au point d'augmenter très-sensiblement la résistance.

Graissage à l'huile. — Depuis longtemps on emploie en Allemagne l'huile de préférence à la graisse. En France, depuis longtemps, par des raisons que nous ferons connaître un peu plus loin, on a hésité à en faire usage.

En ce moment, cependant, toutes nos grandes compagnies françaises s'occupent d'essais ayant pour objet de remplacer la graisse par le graissage à huile. Nous rendrons compte de ces essais. Nous croyons devoir auparavant indiquer sommairement les différentes espèces de boîtes à huile qui ont été employées successivement sur le chemin de Saint-Étienne à Lyon, et sur un grand nombre de chemins de fer en Allemagne. Ces différentes boîtes sont représentées par les figures ci-après.

Au chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, on a employé pendant longtemps un système de graissage à l'huile dans lequel la matière grasse était contenue dans le fond de la boîte.

Un petit cylindre à tourillons (fig. 370), placé sous la fusée et constamment appliqué contre cette fusée au moyen d'un ressort portant de bas en haut sur les coussinets qui portent les tourillons, plongeait par sa partie inférieure dans l'huile. Quand la fusée tournait, elle imprimait un mouvement de rotation au cylindre, qui entraînait avec lui une certaine quantité d'huile; la fusée était ainsi

enduite d'huile sans cesse renouvelée. Ce mode de graissage, qui donnait d'assez bons résultats, a été abandonné, parce que, n'étant pas appliqué à tous les véhicules de cette ligne, il exigeait des appareils et des approvisionnements spéciaux.

La fig. 571 représente la boîte à huile du waggon typé américain, introduite en 1844, par M. Klein, sur les chemins de fer wurtembergeois (Tim's patent Necoyak). Le graissage, dans cette boîte, se fait au moyen d'étope ou d'éponge imbibée d'huile, bourrée autour de la fusée. Le collet d'avant est engagé dans la boîte. L'huile tombe par le collet d'arrière dans un réservoir spécial inférieur, où elle est recueillie. La boîte est fermée hermétiquement à l'arrière de la fusée, au moyen d'une garniture en feutre ou en cuir maintenue par des platines en fer. Cette garniture et ces platines ont pour objet d'empêcher les pertes d'huile et de s'opposer à l'introduction du sable. Le réservoir d'huile est placé en dessous de la matière capillaire, qui s'imbibe naturellement.

Au chemin de Bâle à Strasbourg, on a porté l'huile du réservoir inférieur sur la fusée au moyen de la chaînette Jaccoud passant sur la fusée.

Cette chaînette a l'inconvénient de faire mousser, par l'agitation qu'elle produit, l'huile, qui s'imprègne de particules métalliques, s'épaissit et lubrifie imparfaitement les surfaces.

La boîte fig. 572 est une ancienne boîte des chemins de fer badois, rapportée d'Allemagne en 1844 par M. Lechatelier. L'huile est renfermée dans un réservoir inférieur dépassant les collets de la fusée. Le graissage a lieu par la capillarité d'une mèche appuyée contre la fusée par un levier à contre-poids. Cette boîte est évidée à sa partie supérieure, de manière à recevoir au besoin une provision de graisse.

Sur les chemins du Wurtemberg, on emploie, depuis 1844, la boîte fig. 573. On remarque, en étudiant le dessein de cette boîte, que :

- 1° Le réservoir inférieur pour l'huile est placé sous la fusée ;
- 2° L'huile monte contre le dessous de la fusée par un rouleau flotteur en fer-blanc plongeant dans l'huile et mis en mouvement par son contact sur la fusée ;

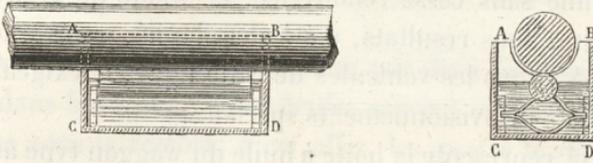


Fig. 570. — Poitè de Séguin ainé (chemin de Saint-Étienne).

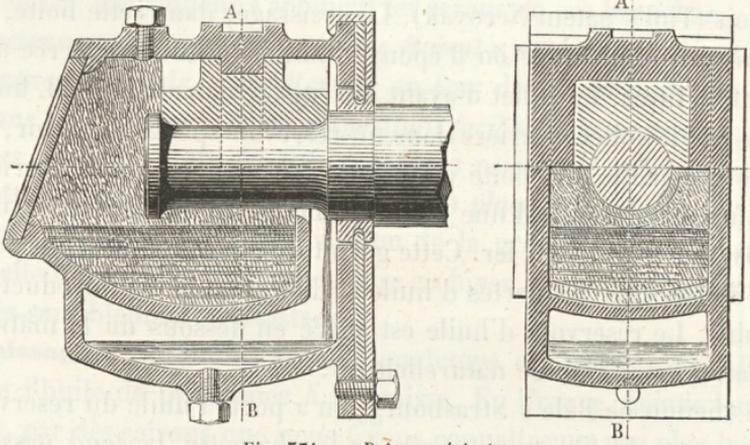


Fig. 571. — Boîte américaine.

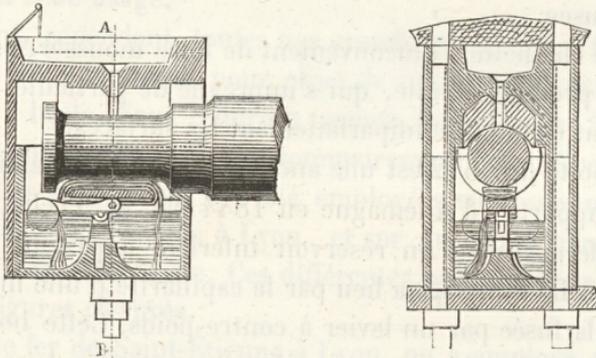


Fig. 572. — Boîte badoise importée par M. Lechatelier.

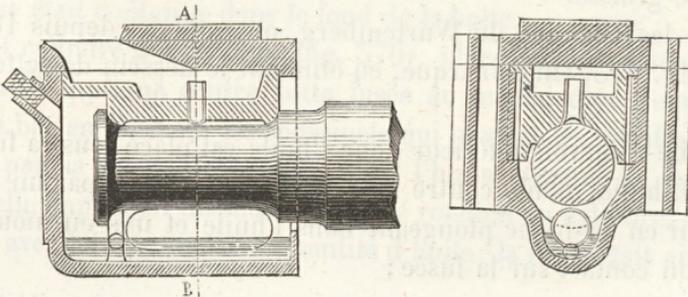


Fig. 375. — Boîte wurtembergeoise.

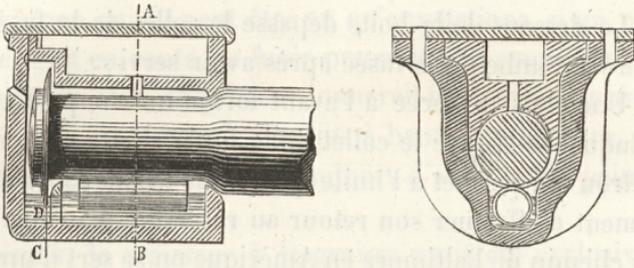


Fig. 574. — Boite Winans, de Baltimore.

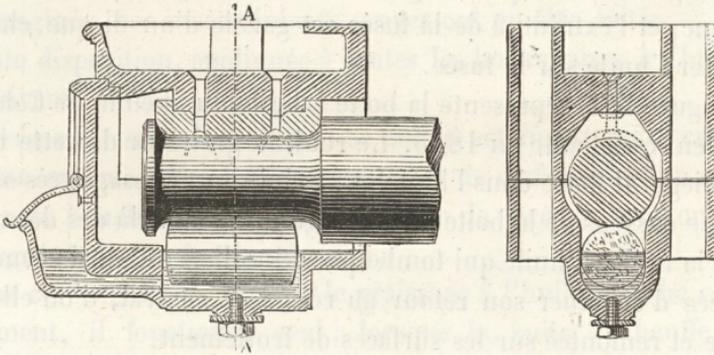


Fig. 575. — Boite du chemin de Co'logne à Minden.

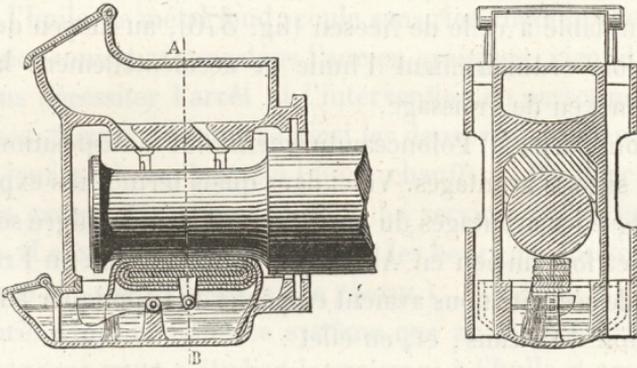


Fig. 576. — Boite du chemin de Tours à Nantes.

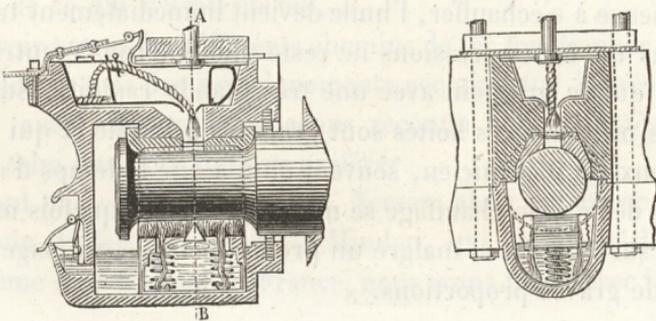


Fig. 577. — Boite Neesen (Oppeneau).

3° Le dessous de la boîte dépasse le collet de la fusée, afin que l'huile y retombe de la fusée après avoir servi ;

4° Une cloison placée à l'avant forme un compartiment au-dessus duquel se trouve le collet de la fusée. Cette cloison est percée d'un trou qui permet à l'huile qui tombe par le collet dans le compartiment d'effectuer son retour au réservoir principal.

Au chemin de Baltimore en Amérique on se sert d'une boîte semblable (fig. 374) : le cylindre graisseur est en liège au lieu d'être en fer-blanc, et l'extrémité de la fusée est garnie d'un disque chargé de porter l'huile sur la fusée.

La figure 375 représente la boîte à huile du chemin de Cologne à Minden, construite en 1845. Le rouleau graisseur de cette boîte est en liège. Il flotte dans l'huile et produit un graissage très-abondant. Le dessous de la boîte se prolonge jusqu'au delà des deux collets de la fusée. L'huile qui tombe par ces collets est ainsi recueillie et forcée d'effectuer son retour au réservoir central, d'où elle est reprise et remontée sur les surfaces de frottement.

Au chemin d'Orléans, M. Polonceau se sert d'une boîte particulière semblable à celle de Neesen (fig. 376), au moyen de laquelle on emploie ordinairement l'huile et accidentellement la graisse comme moyen de graissage.

Laissons parler M. Polonceau lui-même sur la disposition de cette boîte et sur ses avantages. Voici dans quels termes il s'exprime :

« Malgré les avantages du graissage à l'huile, malgré son emploi général et fort ancien en Allemagne et bien connu en France, des raisons de sécurité nous avaient empêché de l'appliquer au matériel du chemin d'Orléans ; et, en effet :

« Lorsque, par une cause quelconque, une boîte graissée à l'huile commence à s'échauffer, l'huile devient immédiatement très-fluide, et sous de fortes pressions ne reste plus interposée entre les surfaces, qui se grippent avec une très-grande rapidité. Sur les machines où toutes les boîtes sont graissées à l'huile et qui sont sous les yeux du mécanicien, souvent on n'a que le temps d'arrêter en route dès que le chauffage se manifeste, et quelquefois même avec cette surveillance et malgré un prompt arrêt le grippage a déjà atteint de graves proportions.

« Dans un waggon qui ne peut être vu qu'aux stations, si un pareil fait se produisait en route, la fusée pourrait être coupée avant qu'on se fût aperçu du mal, ce qui occasionnerait un accident grave.

« La graisse solide, au contraire, même à haute température, se maintient entre les surfaces et permet toujours d'arriver aux points d'arrêt.

« Par ces raisons, le graissage à la graisse avait été exclusivement maintenu, jusqu'au jour où, par une disposition que nous avons imaginée, ces inconvénients graves ont pu être évités.

« Cette disposition, appliquée à toutes les boîtes mises à l'huile, est la suivante :

« Le réservoir supérieur à graisse solide est maintenu et rempli de graisse comme à l'ordinaire; les trous de communication avec la fusée sont bouchés avec du métal fusible de Darcet, dont on règle le degré de fusion à volonté.

« Dans ces conditions, lorsque le graissage à l'huile marche convenablement, il fonctionne seul; lorsque la boîte s'échauffe et qu'elle atteint le degré prévu comme ne pouvant plus bien fonctionner avec l'huile, le métal fond, coule sans rien endommager, et la graisse, fonctionnant comme dans l'ancien graissage, vient d'elle-même, et sans nécessiter l'arrêt ni l'intervention de personne, lubrifier la fusée, faisant disparaître ainsi les dangers d'accidents.

« Chaque jour quelques boîtes à l'huile chauffent, les bouchons fondent, et la graisse fonctionne et rend les services qu'on en devait attendre. (La moyenne des boîtes dont les bouchons fondent en service est de 6 à 7 par jour sur notre réseau.)

« C'est après avoir imaginé ce système que nous nous sommes rendu en Allemagne pour y étudier le graissage à l'huile et prendre connaissance de ce qui y avait été fait.

« Après avoir vu sur les différents chemins de fer fonctionner les divers systèmes et pris des renseignements certains sur les résultats obtenus avec chacun, nous avons reconnu que le système Neesen était celui que nous devions préférer.

« Nous étant mis en rapport avec M. Neesen, alors ingénieur en chef du chemin de fer de Cologne à Minden, qui nous a déclaré que son système était breveté en France, nous avons traité avec lui;

et, ayant fait démonter devant nous une boîte à graisse en service sous un waggon du chemin de fer de Cologne à Minden, nous l'avons rapportée et donnée comme modèle de l'appareil de graissage à appliquer à nos boîtes. C'est ce modèle qui a été scrupuleusement suivi pour nos brosses à graisser. »

La boîte fig. 377 est celle connue sous le nom de boîte de Neesen, qui est employée sur le chemin de Cologne à Minden et sur un très-grand nombre de chemins de Prusse.

Le graissage a lieu par une espèce de brosse très-douce en laine ou en coton, retournée vers la fusée qui donne l'huile comme le feraient des pinceaux. Les poils de la brosse ne s'écrasent pas contre la fusée par l'interposition entre elle et le bois de la brosse d'une petite pièce en bois qui en maintient la distance respective. Ce mode de graissage donne l'huile plus abondamment que la mèche plate, 1° parce que la brosse en contient plus; 2° parce que la pression contre la fusée n'ayant pas lieu comme dans le système ordinaire de mèche plate, la capillarité n'est pas détruite ou diminuée; 3° parce que la limaille et le cambouis, qui, déposés sur la fusée, restent à la surface de la mèche plate et en bouchent promptement les pores, descendent dans la brosse et se logent entre les poils; 4° parce que les mèches plates se coupent très-promptement par le frottement et alors fonctionnent mal, tandis que la brosse s'use très-peu et fait un long service. Au lieu de contre-poids pour maintenir l'appareil de graissage Neesen, on emploie des ressorts à boudin. La brosse, enfin, est guidée par des moyens qui diffèrent de ceux employés précédemment. Un feutre fixé sur l'essieu empêche la déperdition de l'huile à la partie postérieure de la boîte.

Dans les boîtes allemandes (fig. 378 *a* et 378 *b*), l'huile est portée sur la fusée par une mèche pressée par un levier à contre-poids, ou bien elle est placée dans un réservoir supérieur et portée sur la fusée par une mèche faisant office de siphon. Le coussinet de cette boîte est en bois dur.

Au chemin du Nord, la Compagnie s'est d'abord servie de la boîte à huile représentée fig. 379, boîte dans laquelle l'huile, étant placée dans un réservoir inférieur, est aspirée par des mèches qui la portent sur une espèce de coussin en peau d'agneau appliqué

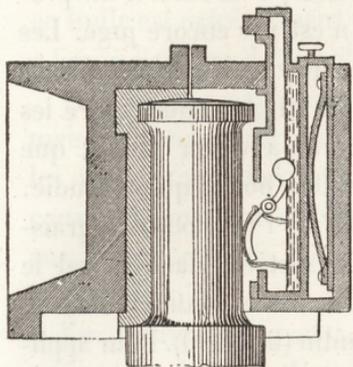


Fig. 378 b. — Boîte à huile à levier à contre-poids.

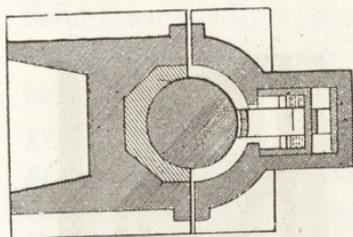


Fig. 378 a. — Boîte à huile à siphon.

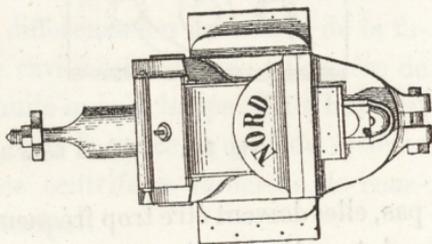
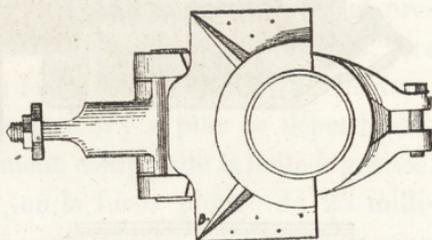
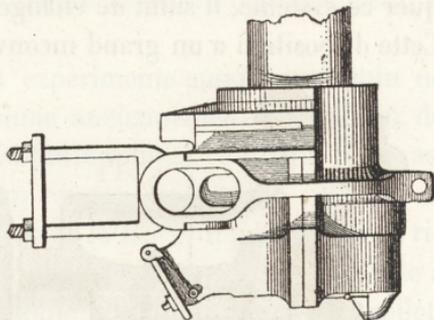
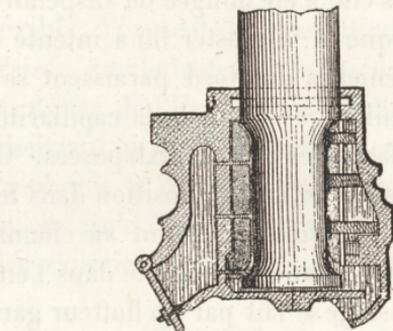
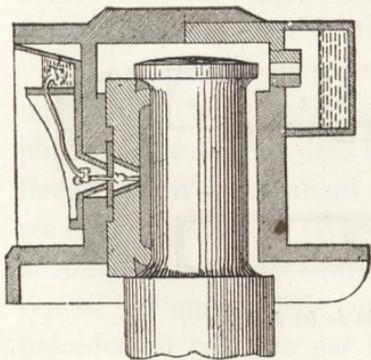


Fig. 379. — Boîtes à graisse et à huile du chemin de fer du Nord.

contre la fusée, et pressé de bas en haut par des ressorts à boudin; mais elle a été obligée de suspendre ses essais, à la suite d'un procès que M. Decoster lui a intenté et qui n'est pas encore jugé. Les ingénieurs du Nord paraissent se préoccuper surtout des pertes d'huile provenant de la capillarité, qui la fait remonter entre les surfaces des pièces juxtaposées. On cherche à éviter autant que possible cette juxtaposition dans les nouvelles boîtes qu'on étudie.

Le premier essai fait au chemin de fer de l'Est, pour le graissage à l'huile, a consisté dans l'emploi du système dans lequel le graissage se fait par un flotteur garni de mèches et tenu toujours en contact avec la fusée par un ressort à boudin (fig. 380). Pour appliquer ce système, il suffit de changer le dessous des boîtes à graisse. Cette disposition a un grand inconvénient : les mèches ne résistent

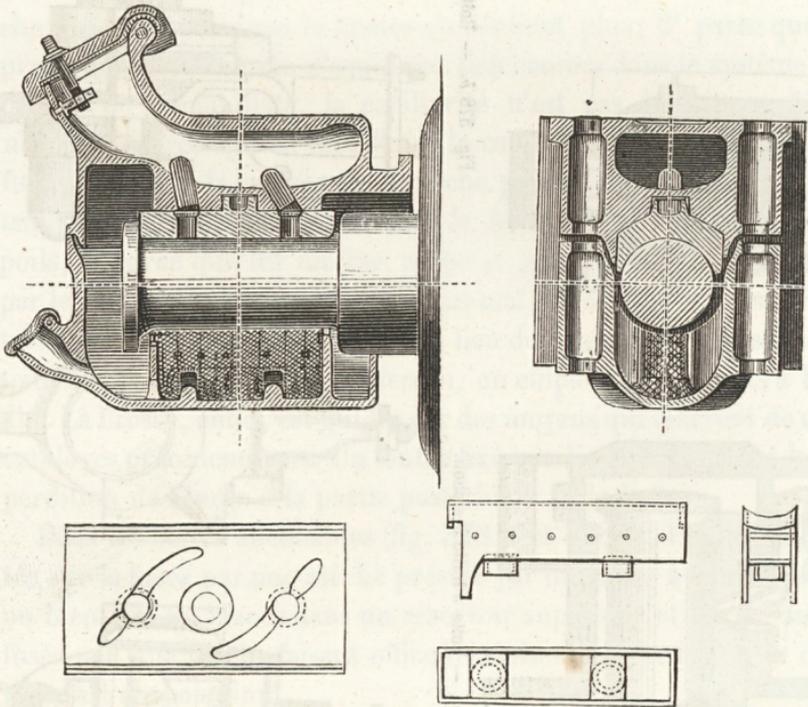


Fig. 380. — Boîte à huile du chemin de fer de l'Est.

pas, elles doivent être trop fréquemment changées, et, pour un matériel considérable, l'entretien est difficile et onéreux. En outre, dans

ce système, de même que dans tous ceux usités en Allemagne et dans le système primitivement adopté au chemin du Nord, la dépense en huile est extrêmement considérable, à cause de la déperdition qui a lieu à l'arrière de la boîte à graisse, au contact avec la fusée.

On a aussi essayé aux chemins de fer de l'Est la boîte du Nord ; mais on trouve que, l'huile s'épaississant au bout de quelque temps, les coussins se chargeaient de cambouis et ne fonctionnaient plus convenablement. C'est, au reste, ce qu'on paraît avoir remarqué aussi au chemin de Lyon, où des expériences nombreuses ont été faites à ce sujet.

En dernier lieu, on a entrepris, aux chemins de fer de l'Est, trois essais à l'aide desquels on espère résoudre définitivement la question ; ces essais sont :

1° Le système Vallod, qu'on expérimente aussi au chemin de Lyon. Le graissage se fait, comme anciennement au chemin de Saint-Étienne à Lyon, par un rouleau appliqué contre la fusée au moyen d'un contre-poids ou d'un ressort. Le rouleau est mis en mouvement par le frottement même de la fusée. Il peut être à la rigueur appliqué en se bornant à changer le dessous de la boîte à graisse, mais la déperdition de l'huile a toujours lieu par le collet, comme dans les autres systèmes. On obvie à cet inconvénient, au chemin de fer de l'Est, en adaptant sur la portée de calage, et près de la fusée, une rondelle conique dont la base est tournée vers l'intérieur de la boîte à graisse. La force centrifuge ramène constamment l'huile sur l'arête inférieure, et il n'y a plus de déperdition. Cette disposition exige le changement complet de la boîte à graisse.

2° Le système Dietz (fig. 381), où la fusée plonge de 25 millimètres dans l'huile. Pour éviter la perte d'huile, qui serait beaucoup plus considérable que dans les autres systèmes, par suite de la différence de niveau résultant de la différence des diamètres de la fusée et de la portée de calage, une cavité est ménagée à l'arrière de la boîte à graisse pour contenir l'huile qui s'échappe. Cette huile est reprise par une rondelle conique dans le genre de celle du système précédent et ramenée par la force centrifuge au-dessus du coussinet et de là dans le réservoir principal.

3° Le 3^e système (fig. 382) supprime tout réservoir sous la fusée.

L'huile est prise dans une cavité à l'arrière de la boîte à graisse par

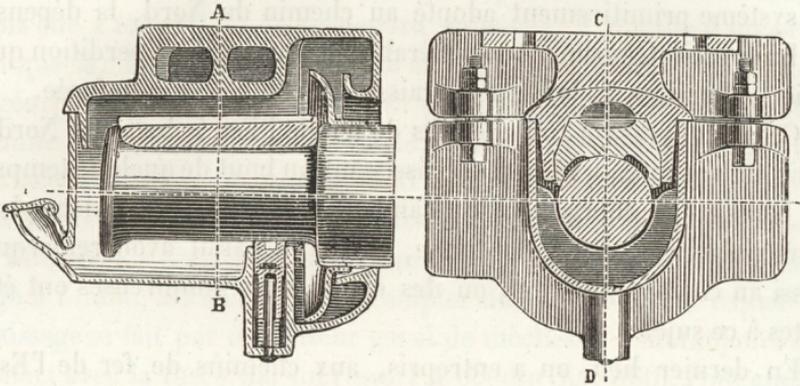


Fig. 581. — Boîte à huile de Dietz, à fusée immergente.

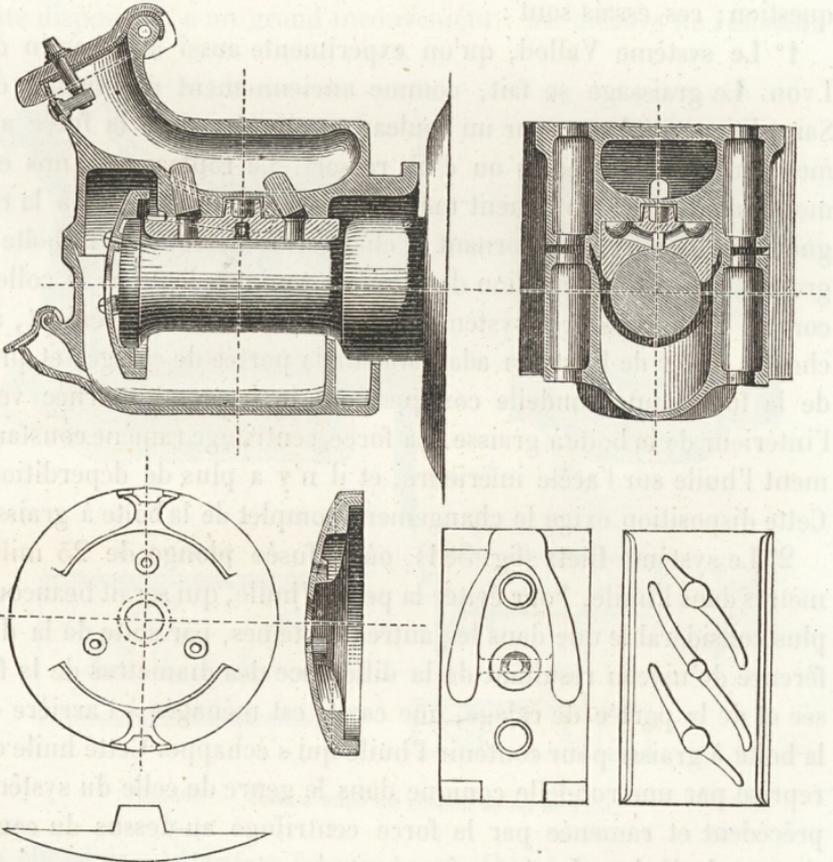


Fig. 582. — Autre boîte à huile.

une rondelle fixée, comme les précédentes, sur la portée de calage, mais d'une forme *lenticulaire*, dont la concavité est tournée vers la fusée. La force centrifuge emporte l'huile sur cette rondelle, d'où elle retombe sur le coussinet, qui la conduit à l'aide de lumières sur la fusée comme dans le système à la graisse; cette huile retourne dans la partie inférieure de la boîte à graisse, d'où elle est reprise par la rondelle.

On observera que la Compagnie d'Orléans est la seule qui ait considéré l'emploi simultané de la graisse et de l'huile comme absolument nécessaire.

Nous terminerons cet article sur les boîtes à graisse ou à huile par la description d'une boîte spéciale dans laquelle on a intercalé des rouleaux métalliques entre la fusée et la boîte, afin de convertir le frottement de glissement en frottement de roulement (fig. 383).

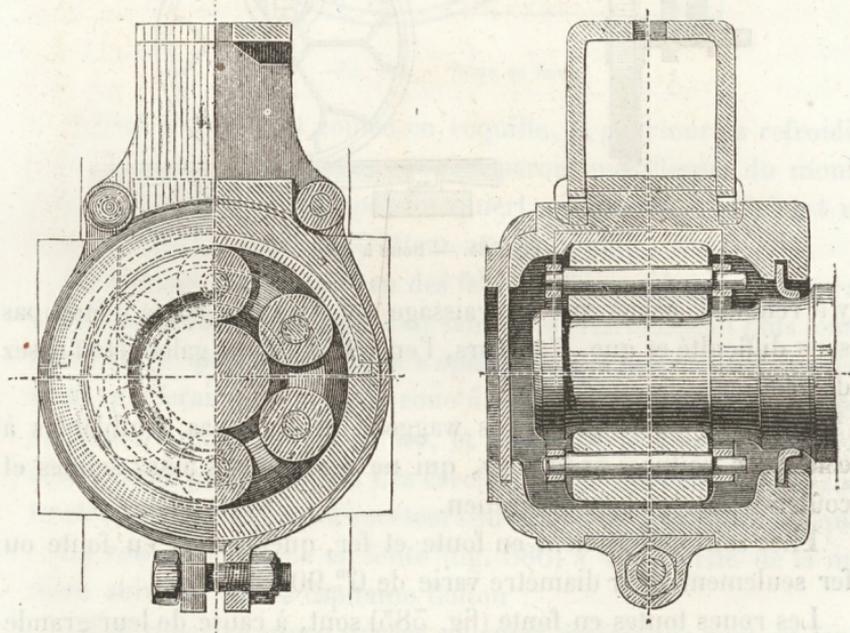


Fig. 383. — Boîte à rouleaux.

L'idée première de cette boîte est due à M. Émile Wissocq, ingénieur hydrographe, qui en a fait l'essai en notre présence, il y a

plus de vingt ans. On en fait usage aux chemins de fer de l'Est, pour faciliter la manœuvre des waggons de service dans le système de Dünn; mais on ne s'en est pas servi jusqu'à ce jour pour les waggons de voyageurs ou de marchandises.

Les rouleaux portent à leurs extrémités de petits tourillons qui s'engagent dans des couronnes qui en maintiennent l'écartement.

On a aussi réduit le frottement dans le chariot au moyen de galets. Nous avons vu la même disposition appliquée, il y a près de trente ans, à des chariots pour le transport de la marchandise (fig. 584), au chemin de Bolton à Leigh, en Angleterre; mais on

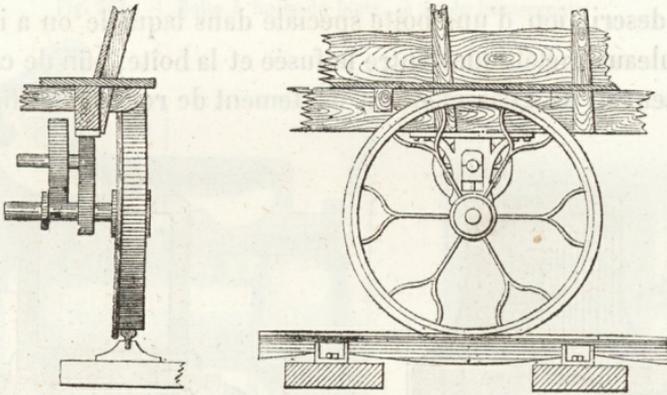


Fig. 584. — Roue à galets.

y a renoncé, parce que le graissage des axes des galets n'était pas sans difficulté et que, d'ailleurs, l'entretien de ces galets était assez dispendieux.

Roues. — Les roues des waggons ne sont pas semblables à celles des voitures ordinaires, qui ne seraient pas assez solides et coûteraient très-cher d'entretien.

Elles sont entièrement en fonte et fer, quelquefois en fonte ou fer seulement; leur diamètre varie de 0^m,90 à 1 mètre.

Les roues toutes en fonte (fig. 585) sont, à cause de leur grande fragilité, entièrement abandonnées en France. En Amérique, ces roues sont encore très-répandues, même pour les voitures à voyageurs. Elles doivent être coulées en coquille, c'est-à-dire dans un moule en métal et non dans un moule en sable.

Les roues des waggons de terrassement employés en Europe, il y a quelques années, étaient aussi en fonte, coulées en coquille. Aujourd'hui les rais sont en fer forgé, en sorte que le cercle et le moyeu seuls sont en fonte. Le cercle est coulé en coquille.

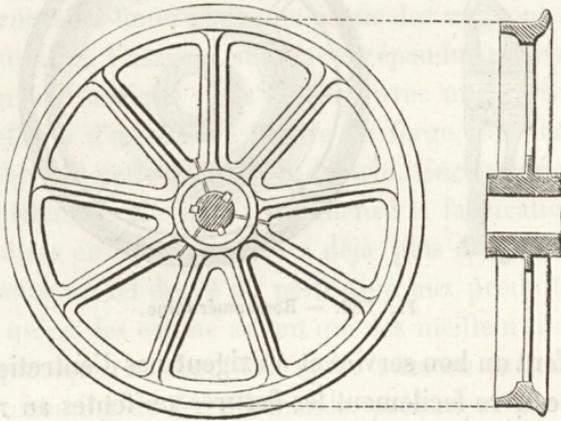


Fig. 585. — Roue en fonte.

Quand la roue est coulée en coquille, le pourtour se refroidissant rapidement par le contact des parois métalliques du moule, subit une espèce de trempe et acquiert une dureté qui lui est nécessaire pour résister au frottement sur les rails.

On ménage dans le moyeu des fentes, afin que le retrait des rais et du moyeu, qui sont coulés en sable et se refroidissent plus lentement que le pourtour, puisse s'opérer sans donner lieu à des tensions qui feraient rompre la roue à sa mise en service. On remplit ces fentes avec des cales en fer, et l'on *frette* le moyeu à l'aide de deux cercles posés à chaud. Ces cercles, en se refroidissant, se contractent et exercent sur les secteurs du moyeu un serrage énergique.

La roue américaine en fonte (fig. 586) a été décrite de la manière suivante par le capitaine Galton :

« Les roues en usage sur les chemins américains sont en fonte avec des cercles coulés en coquille; elles ont de 0^m,76° à 0^m,91° de diamètre sans rais.

« Quand elles sont bien faites, ces roues font 96,000 à 129,000 kilomètres, sans que les cercles soient usés, et elles ne sont pas

fragiles. Elles pèsent un peu plus de 227 kilogrammes et coûtent 75 francs pièce.

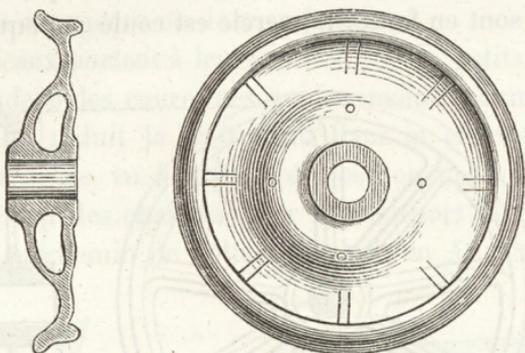


Fig. 586. — Roue américaine.

« Elles font un bon service et n'exigent pas d'entretien.

« On découvre facilement les fissures ou fentes au moyen d'un marteau, le son indique la fissure. Quand une de ces roues se brise d'ailleurs, l'accident ne devient grave que dans le cas de rupture d'un bandage.

« Ces bandages coulés en coquille sont cylindriques. Ils sont percés sous forme de cône pour s'appliquer sur le corps de la roue, qui est aussi en fonte et tourné de manière à présenter le même cône : on les fixe à l'aide de vis. Ils sont considérés comme préférables à ceux en acier ou en fer, parce qu'ils sont moins sujets à se briser par la gelée. Ils sont difficiles à fabriquer et nécessitent du fer d'une qualité supérieure. Il n'y a que trois usines aux États-Unis qui les fabriquent convenablement. »

On emploie aussi les roues en fonte du système américain sur certains chemins allemands. La note suivante, empruntée au *Journal de l'ingénieur civil*, contient d'intéressants renseignements sur l'emploi de ces roues :

« Les roues en fonte coulées en coquille sont d'un usage fréquent pour le matériel roulant des chemins de fer en Amérique. Depuis nombre d'années quelques chemins de fer allemands en ont fait venir de ce dernier pays, pour les employer à titre d'essai. Les résultats obtenus ont été tellement favorables, qu'on a dû songer à

en fabriquer dans le pays même, quoiqu'on eût peu d'espoir d'arriver au degré de perfection des roues tirées de l'Amérique. Quelques centaines de roues furent fondues en coquille à l'usine domaniale de Kœnigsbrunn, et servent avantageusement depuis trois ans sous les waggons à marchandises des chemins de fer de Wurtemberg. Les chemins de fer de la Suisse ont imité cet exemple et emploient des roues en fonte pour une partie des waggons à marchandises. En Autriche, l'usage s'en est très-répandu, et depuis environ cinq ans on les fabrique dans le pays avec une rare perfection. C'est aux efforts d'un habile maître de forge, M. Ganz, d'Ofen, que l'Autriche doit cette nouvelle industrie. Encouragé par des personnes compétentes, M. Ganz a commencé la fabrication des roues en fonte coulées en coquille, il y a déjà plus de cinq ans, et est arrivé à donner un tel degré de perfection aux produits sortant de ses usines, qu'on les estime autant que les meilleures roues tirées de l'Amérique, qui, aujourd'hui, après onze ou douze ans de service sur les chemins de fer allemands, présentent une usure insignifiante et des surfaces de roulement encore en très-bon état. Ces résultats ont contribué à rendre plus fréquent l'emploi des roues coulées en coquille, et plus de dix mille pièces ont été livrées aux administrations de différentes lignes de fer. Au dire des ingénieurs allemands, ces roues présentent les avantages suivants :

La surface de roulement est pour ainsi dire inusable, et les cercles coulés en coquille ne présentent point de défauts de fonte.

Le prix d'acquisition est bien inférieur à celui des roues ordinaires, les réparations sont nulles, les roues n'ayant pas besoin d'être tournées, puisqu'elles conservent leur forme ronde primitive.

L'action destructive sur les rails de la voie est moindre, les roues ne perdant pas leur forme ronde.

Le peu de poids et la grande résistance forment également des avantages qui les font rechercher.

Les roues coulées en coquille sont en usage sur les chemins de fer de l'État de Vienne à Trieste, ou ceux de la Compagnie autrichienne privilégiée, sur celui de la Theiss et plusieurs autres. La société privilégiée en possède 1,052, sur lesquelles on a dû en réformer 12, principalement pour des défauts qui auraient dû motiver leur rejet

lors de la réception à l'usine. Le chemin de fer de la Theiss possède 5,504 pièces servant sous des waggons de tout genre, et 186 autres servant exclusivement aux waggons de ballastage.

Pendant l'hiver passé, la température est descendue jusqu'à moins de 25 degrés centigrade, et, malgré ce froid intense, on n'a remarqué aucune cassure de roues. Ce résultat favorable, auquel on était loin de s'attendre, a fait qu'on a prescrit l'emploi des roues en fonte pour 182 nouveaux waggons, commandés par la Compagnie de la Theiss.

Le tableau suivant indique les diamètres, les poids et les prix qu'on paye ordinairement les roues prises à l'atelier.

ROUES EN FONTE COULÉES EN COQUILLE.

Diamètres.	Poids.	Prix.
0 ^m ,74	380 kilog.	165 fr.
0 ^m ,95	280 —	150 —
0 ^m ,74	190 —	88 —
0 ^m ,71 pour charrues	207 —	115 —
0 ^m ,45 à neige	125 —	86 —
0 ^m ,65 pour waggons de ballastage.	126 —	65 —
0 ^m ,47 pour lowris	55 —	58 —

En ajoutant à ces prix ceux de l'alesage, se montant à 5 francs pour les grandes roues et à 3 francs pour les petites, elles sont encore bien bon marché, surtout si elles réunissent les qualités que les ingénieurs autrichiens leur attribuent, et si elles représentent autant de sécurité que celles en fer forgé.

Les roues qui composent en France le matériel définitif sur un chemin à grande vitesse sont, à de rares exceptions près, toutes cerclées en fer.

Tantôt le moyeu, les rais et le cercle sur lequel est posé le bandage en fer, sont en fonte, coulés d'une seule pièce, comme dans la roue fig. 387; tantôt le moyeu seul est en fonte, les rais et le cercle sont en fer (fig. 388).

Ce dernier genre de roues est maintenant exclusivement en usage pour les waggons à voyageurs; le premier est encore employé pour waggons à marchandises sur quelques lignes belges et anglaises.

La différence de prix en faveur des roues à rais en fonte en France nous paraît trop faible pour justifier leur emploi, même

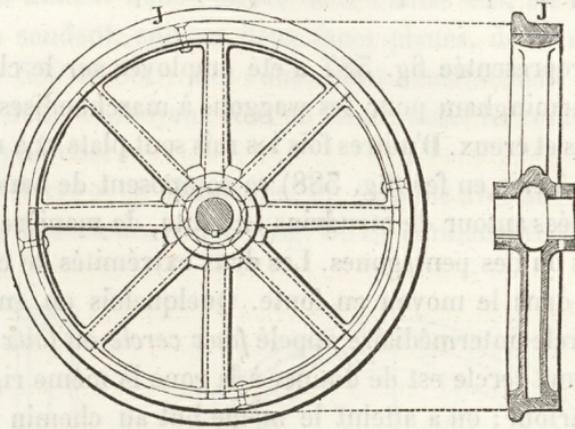


Fig. 587. — Roue en fonte avec bandage en fer.

pour les wagons à marchandises. Leur fragilité expose à des accidents que l'on n'a pas à redouter avec celles à rais en fer. Qu'un

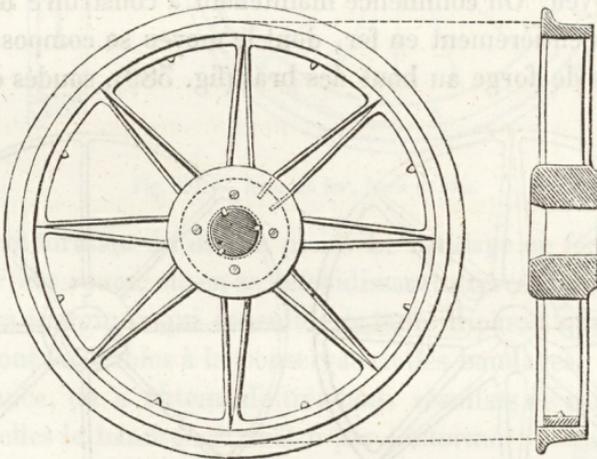


Fig. 588. — Roue en fer avec moyeu en fonte.

déraillement ait lieu, ou même qu'un essieu vienne à se casser, sans qu'il y ait déraillement, les roues à rais en fonte se rompent très-probablement, lorsqu'au contraire celles à rais en fer résisteront. Des vices trop fréquents dans la fonte, une clavette trop

fortement serrée, un cercle posé trop chaud, un bandage posé ou enlevé sans précaution, ou simplement trop usé, sont autant de causes de rupture qui ont pour conséquence la perte de la roue tout entière.

La roue représentée fig. 587 a été employée sur le chemin de Londres à Birmingham pour les waggons à marchandises ; les rais en sont ronds et creux. D'autres fois les rais sont plats et à nervures.

Les roues à rais en fer (fig. 588) se composent de bandes de fer plat, recourbées autour de mandrins en fonte, de manière à former des triangles ou des pentagones. Les deux extrémités de ces barres sont noyées dans le moyeu en fonte. Quelquefois on entoure les rais d'un cercle intermédiaire appelé *faux cercle* ou *faux bandage*. Le but du faux cercle est de donner à la roue la même rigidité sur tout son pourtour ; on a atteint le même but au chemin de fer de Paris à Strasbourg, en soudant dans les angles de petits coins en fer.

Les roues en fer à moyeu en fonte périclent généralement parce que le moyeu se fend, ou parce que les rayons prennent du jeu dans ce moyeu. On commence maintenant à construire des roues de waggons entièrement en fer, dont le moyeu se compose de secteurs venus de forge au bout des bras (fig. 589), soudés ensemble

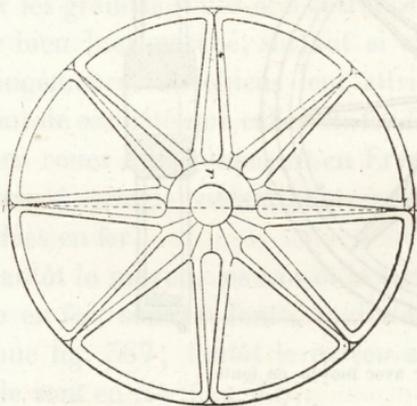


Fig. 589. — Roue en fer.

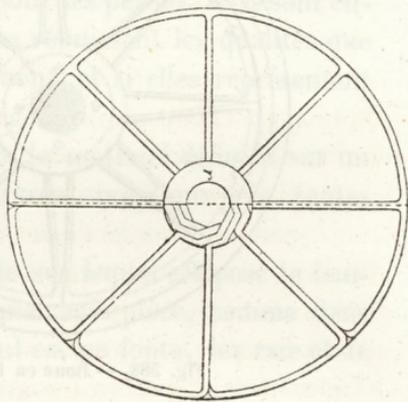


Fig. 590. — Autre roue en fer.

par une compression énergique, agissant tout autour de la roue, de la circonférence vers le centre.

D'autres fois on forme le moyeu en contournant les extrémités des rayons (fig. 390), et on le soude en chassant un mandrin dans le vide du milieu. Dans l'un et dans l'autre cas, on consolide le moyeu en soudant, sur ses deux faces planes, deux rondelles de fer r (fig. 389 et 390). Ces roues sont sensiblement plus légères que celles dont les moyeux sont en fonte ; aussi ne coûtent-elles pas beaucoup plus cher.

En Angleterre et en Allemagne, on emploie avec succès des roues composées de secteurs en bois (fig. 391), emmanchés sur un moyeu

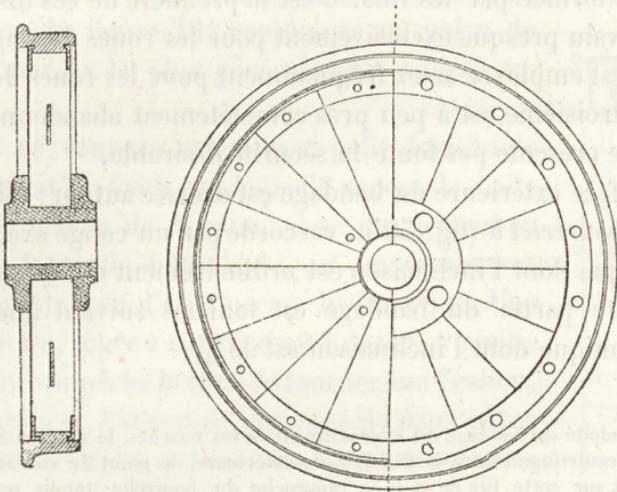


Fig. 391. — Roue en fer, fonte et bois.

en fonte, et formant un disque plein. Le bandage en fer est posé à chaud sur ces roues, et, en se refroidissant, exerce sur les secteurs un serrage énergique qui consolide le tout. Il paraît que les roues en bois sont favorables à la conservation des bandages.

En France, on a obtenu de très-bons résultats de roues en fer, sur lesquelles le bandage était fixé par l'intermédiaire de cales en bois jointives chassées avec force et lardées de broches en fer qui produisaient un serrage énergique. Nous avons représenté dans la figure 392 la coupe d'un calage en bois de ce genre, imaginé par M. Stehelin ; le bandage est muni d'un rebord r , sur lequel viennent s'appuyer la jante j de la

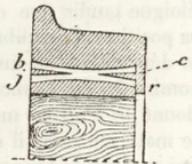


Fig. 392.
Mode de calage.

roue et le cercle *c* en fer, dont la section est suffisamment indiquée par la figure. Les cales en bois étant chassées entre le bandage et la jante, elles se fendent sur le cercle *c*; on finit de leur donner du serrage en les lardant de broches *b* en fer.

Bandages. — Le bandage est le cercle à rebord sur lequel s'opère le roulement. Il est posé à chaud sur la roue, de manière à en serrer fortement le pourtour en se refroidissant; puis il est fixé au moyen de rivets, de boulons ou de vis qui ne traversent pas toute l'épaisseur du bandage et dont la tête se trouve à l'intérieur de la couronne formée par les rais. C'est la première de ces dispositions qui a prévalu presque exclusivement pour les roues de waggons; la seconde est employée assez fréquemment pour les roues de locomotives; la troisième est à peu près complètement abandonnée, parce qu'elle ne présente pas toute la sécurité désirable.

La surface extérieure du bandage est dressée autour; elle se compose du *bourrelet* *b* (fig. 395), raccordé par un congé avec une surface conique dont l'inclinaison est ordinairement de $\frac{4}{20}^1$. Généralement cette partie du bandage est tournée suivant une seconde surface conique dont l'inclinaison est de $\frac{5}{20}$.

¹ Cette conicité du bandage est nécessaire. Dans les courbes, le waggon étant poussé par la force centrifuge contre la file de rails extérieure, le point de contact des roues qui reposent sur cette file de rails se rapproche du bourrelet, tandis que celui des roues qui portent sur la file de rails intérieure s'en éloigne. Il en résulte que les premières, pour chaque tour, font plus de chemin que les dernières, ce qui doit avoir lieu pour qu'il n'y ait pas un glissement provenant de la fixité des roues sur les essieux.

En ligne droite, les deux files de rails sont d'égale longueur. Il faut donc, pour que les deux roues jumelles roulent et ne glissent pas, que le contact des roues avec les rails ait lieu suivant des cercles du même diamètre. Si, par une cause quelconque, le waggon s'écarte de cette position d'équilibre, le bourrelet de l'une des roues se rapproche du rail et l'autre s'en écarte. Les roues faisant alors des chemins différents, le waggon tourne sur lui-même de façon que le bourrelet de la roue qui s'était rapproché du rail s'en éloigne tandis que celui de la roue jumelle s'en rapproche. Le waggon revient ainsi à sa position d'équilibre; mais, comme il y revient avec une certaine vitesse acquise, il la dépasse et un instant après tourne en sens contraire. Ce mouvement de rotation combiné avec le mouvement de translation produit le mouvement sinueux auquel on a donné le nom de mouvement de lacet. Le mouvement de lacet fatigue les voyageurs et le matériel, mais il empêche le frottement latéral des roues contre les rails, frottement qui aurait lieu avec des roues cylindriques et dont les effets seraient encore plus fâcheux. Différentes causes contribuent à l'augmenter, comme, par exemple, l'usure inégale des roues, la tension inégale des ressorts, les différences dans la forme ou la pose des rails, etc.

Cette disposition diminue un peu le poids du bandage sans en altérer la solidité; elle est du reste avantageuse, parce que les bandages, en s'usant, se creusent en forme de gorge. Les oscillations de la roue sur la voie refoulent alors le métal du côté extérieur, et le bandage cesse d'être conique. Le chanfrein incliné aux $\frac{3}{20}$ a pour effet de retarder ce refoulement de la matière qui compose le bandage.



Fig. 595. — Bandage.

En Amérique, où les courbes de chemins de fer ont souvent de très-petits rayons, on a porté la conicité des roues jusqu'à $\frac{1}{7}$.

Essieux. — La figure 594 représente un essieu de waggon du modèle le plus généralement adopté aujourd'hui.

La partie *ab*, tournée avec soin et polie dans toute sa longueur, est la *fusée* sur laquelle repose la boîte à graisse; le moyeu de la roue, alésé exactement au diamètre de la partie tournée *bc*, est emmanché sur cette partie au moyen d'une presse hydraulique. Une clavette en acier, logée à moitié dans l'essieu, à moitié dans le moyeu, empêche la roue de tourner sur l'essieu. Entre les points *cc*, l'essieu se compose de deux cônes tronqués dont les deux petites bases sont raccordées par un cylindre.

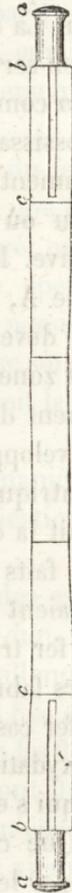


Fig. 594. — Essieu de waggon.

Ces différentes surfaces de l'essieu sont, ainsi qu'on le voit, raccordées par des congés. Il est important d'éviter toute entaille à angle vif.

La rupture d'un essieu de waggon n'occasionne presque jamais d'accident. La caisse, lors même qu'elle n'est plus soutenue par les quatre roues, étant pour ainsi dire suspendue par les chaînes d'attelage aux voitures voisines, est maintenue dans la voie et guidée par ces voitures. Des centaines d'essieux se sont cassés sur le chemin de Strasbourg à Bâle et sur d'autres chemins, sans que les voyageurs aient été exposés au moindre danger. Mais, si la déplorable catastrophe du 8 mai 1842 a offert un épouvantable exemple des conséquences

du bris d'un essieu de locomotive dans certaines circonstances extraordinaires, le grave accident survenu, il y a quelques années, sur le chemin d'Anvers a prouvé que celles du bris d'un essieu de waggon pouvaient aussi, par suite de la réunion fortuite de certaines circonstances, devenir terribles.

Il ne sera donc pas hors de propos de résumer ici quelques observations importantes, faites par M. Polonceau, au chemin de Bâle à Strasbourg, sur ce sujet.

Un grand nombre d'essieux devant être remplacés par des essieux d'un nouveau modèle, on les brisa à coups de mouton.

La rupture eut lieu constamment contre la face intérieure du moyeu. La cassure était sensiblement plane, soit que l'essieu se fût cassé en service, soit qu'on l'eût brisé à coups de mouton. Le grain, très-fin comme celui de l'acier dans les zones AB (fig. 595), allait en grossissant vers la zone C, puis devenait absolument semblable à celui du corps de l'essieu où le fer avait conservé sa texture primitive. La couleur brune de rouille dans la zone A, comme celle de très-vieilles cassures, devenait graduellement moins foncée vers la zone B, jusqu'à ce qu'elle disparût entièrement dans la zone C. Les cercles enfin qui enveloppent les zones B et C n'étaient pas concentriques, mais tous tangents en D au fond de l'entaille où se trouvait la clavette.

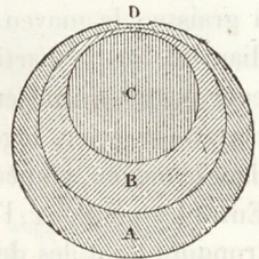


Fig. 595.—Cassure d'essieu.

Ces faits ont été observés sur un très-grand nombre d'essieux qui avaient fait un long service, fabriqués d'ailleurs avec des qualités de fer très-différentes : du fer très-nerveux et bien homogène, des fers fabriqués avec des rognures de tôle à texture lamellaire, et du fer cassant à gros grains.

L'oxydation de la cassure dénote assez la préexistence d'une fente qui s'est successivement agrandie jusqu'au moment de la rupture. Que ce genre d'altération tiende en partie à l'ancien usage de couper les essieux à angle vif contre le moyeu, cela paraît incontestable ; toujours est-il qu'on ne l'évite pas complètement en substituant un congé à cet angle. Des essieux qui, dans l'origine,

avaient été exécutés au chemin de Bâle à Strasbourg avec des congés aux angles, ont été cassés au mouton après deux ou trois ans d'usage. Ils se sont brisés comme ceux qui présentaient des angles vifs à l'extrémité du congé, et la cassure avait un aspect analogue à celui des essieux du premier modèle. Quelques-uns, étant d'excellent fer, ont supporté, avant de se rompre, jusqu'à quatre coups d'un mouton de 600 kilogrammes, qu'on laissait tomber d'une hauteur de 5 mètres, tantôt sur un côté, tantôt sur l'autre.

Un grand nombre d'ingénieurs attribuent les ruptures dont nous venons de parler à un changement de texture du fer, qui, de nerveux, passerait à l'état de fer à grains ou à facettes, par l'effet de vibrations répétées. Cette opinion, assez généralement admise autrefois, est combattue aujourd'hui par la plupart des personnes les plus compétentes.

Il est reconnu que le changement d'état moléculaire du fer dont nous venons de parler a lieu quand ce fer est soumis à une température élevée pendant un temps suffisamment prolongé, ou à un écrouissage à froid au marteau, ou encore à un taraudage, opérations dans lesquelles le fer subit une déformation violente et persistante. Mais les flexions que prend un essieu pendant sa marche sont tellement faibles, qu'il est difficile d'admettre que leur effet soit le même que celui du martelage ou du taraudage.

Les ruptures des essieux s'expliquent du reste d'une manière fort simple, sans qu'il soit nécessaire d'admettre une modification dans la texture du fer.

On recherche généralement, dans la construction des essieux, les qualités de fer connues sous le nom de fer *fort* et *dur*. Ce fer résiste à des efforts très-considérables, mais il ne s'allonge que d'une faible quantité avant de se rompre. Or, toutes les fois qu'une barre de fer fléchit, une partie de ses fibres s'allongent; les flexions que subissent les essieux pendant la marche, et qui sont dues au poids qui repose sur leurs fusées, et surtout aux chocs qu'éprouvent les roues au passage des joints et quand leurs rebords viennent à rencontrer les rails, se traduisent donc en un nombre infini d'allongements qui, s'ils sont suffisamment grands, provoquent la rupture des fibres extérieures, et, de proche en proche, de toute la

section de l'essieu. D'après cela, c'est en limitant l'allongement que l'on éviterait les ruptures d'essieux ; en d'autres termes, il faudrait augmenter leur section, afin de rendre leur flexion aussi faible que possible.

En effet, sur les lignes nouvellement construites, on a donné aux essieux des dimensions beaucoup plus fortes que celles des essieux du chemin de Strasbourg à Bâle, et, par ce moyen, les ruptures ont été évitées complètement.

Les boîtes à graisse reposent sur les essieux, tantôt entre les roues, auquel cas l'essieu se termine à ras du moyeu ; tantôt en dehors des roues (fig. 596) : l'essieu traverse alors le moyeu et se prolonge au dehors.

Lorsque les boîtes portent en dedans des roues, on est obligé de

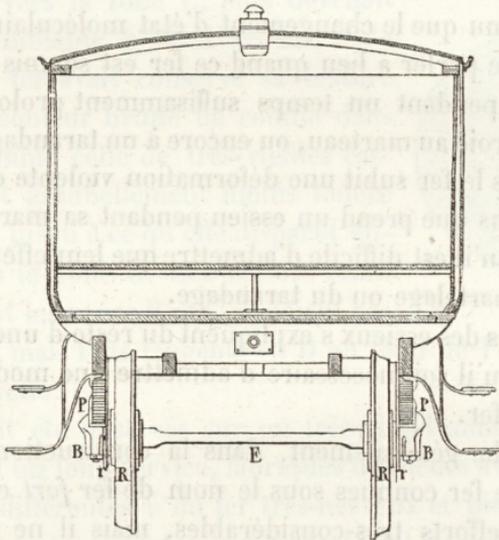


Fig. 596 . — Position des boîtes à graisse.

donner aux fusées une grande épaisseur, car l'essieu, aux points où elles se trouvent alors placées, doit résister, non-seulement à la pression de la charge qu'il supporte, mais encore à toutes les pressions latérales du bourrelet des roues contre les rails, lesquelles tendent à les renverser en brisant les essieux justement aux points où se trouvent les fusées.

Quand on place au contraire les boîtes en dehors (comme

fig. 396), on peut diminuer le diamètre de la fusée, et l'on réduit ainsi, comme l'enseigne l'étude de la mécanique, le *travail du frottement*, qui constitue la partie la plus importante de la résistance des waggons. On rend aussi le graissage et la visite des boîtes plus facile.

Les fusées intérieures ne sont plus guère usitées que pour les waggons de terrassement. Nous traiterons du reste la question des fusées extérieures et intérieures avec plus de développements, en nous occupant des locomotives à châssis extérieurs et intérieurs.

On ne saurait attacher une trop grande importance à une bonne disposition des fusées et des boîtes à graisse.

Dans un waggon qui roule sur un chemin de fer bien entretenu, la principale résistance ne s'exerce pas au pourtour de la roue, comme dans les voitures ordinaires, mais bien tangentiellement à la fusée.

L'intensité de ce *frottement* est proportionnelle à la pression supportée par la fusée; le poli et la nature des surfaces en contact et la matière grasse interposée, ainsi que le plus ou moins de soins apportés dans le montage de l'appareil, influent beaucoup sur cette résistance. Il dépend même jusqu'à un certain point de l'étendue de la surface frottante et augmente quand, cette surface diminuant la pression, devient assez grande pour que la graisse soit écrasée¹.

Caisses. — La forme des caisses, avons-nous dit, varie suivant l'usage auquel on destine le waggon. Nous allons passer rapidement en revue les principales dispositions que présentent ces appareils.

On distingue :

1° Les waggons de terrassement;

2° Les waggons d'ensablement;

3° Les waggons pour le transport de la houille;

4° Les waggons pour le transport du coke;

5° Les waggons pour le transport du charbon de bois;

6° Les waggons pour le transport des marchandises;

¹ Voir plus loin au chapitre intitulé : *Théorie de la résistance au mouvement des waggons.*

7° Les waggons pour le transport des voitures de rouliers et des voitures ordinaires montées sur leurs roues ;

8° Les waggons pour le transport des caisses de diligences ;

9° Les waggons pour le transport des bestiaux ;

10° Les waggons pour le transport des moutons ;

11° Les waggons pour le transport du lait ;

12° Les waggons pour le transport des chevaux ;

13° Les waggons pour le transport des bagages ;

14° Les waggons pour le transport des grandes pièces de bois ;

15° Les waggons pour le transport des dépêches ;

16° Les waggons pour le transport des voyageurs.

Il convient de simplifier le matériel des chemins de fer en réduisant autant que possible le nombre des différentes espèces de waggons. Au chemin de l'Est, dans le principe, ce nombre était considérable. Aujourd'hui, abstraction faite d'une certaine quantité d'anciens waggons dont le modèle est abandonné, on n'emploie plus pour l'exploitation que les suivants :

Les waggons avec grandes plates-formes à rebords servant au transport des métaux, des pierres, des bois de construction et de chauffage, des cotons en balles, etc. ;

Les waggons couverts portant les bois de chauffage, les farines, les graines et toute espèce de marchandises qui ne pourraient pas être chargées commodément sur les autres. Ces waggons servent aussi au transport des bestiaux ;

Les waggons à vigie et à frein servant de fourgons ;

Les waggons à caisse construits pour le transport de la houille, et pouvant servir à d'autres transports ;

Les waggons à trappes spécialement destinés au transport des houilles ;

Les waggons à caisses mobiles pour le transport de la houille et du coke ;

Les waggons également à caisses mobiles pour le transport du charbon de bois ;

Les waggons pour le transport des moutons ;

Les waggons pour le transport du lait ;

Les waggons pour le transport des chevaux ;

- Les waggons pour le transport des bagages ;
- Les waggons pour le transport des bois ;
- Les waggons pour le transport des dépêches ;
- Les waggons pour le transport des voyageurs.

Waggons de terrassement. — Nous avons déjà décrit les waggons de terrassement, p. 363 et 364 du premier volume ; nous ajouterons quelques lignes à cette description.

Le mode de construction préférable pour les waggons de terrassement est le plus simple, ou, s'il nous est permis d'employer cette expression, le plus *rustique*. Si les waggons de terrassement étaient d'un mode de construction trop délicat, non-seulement le prix en serait élevé, mais encore l'entretien sur les chantiers en deviendrait difficile et coûteux. C'est au charpentier plutôt qu'au carrossier qu'on doit confier l'exécution de ce genre de véhicules.

La capacité des waggons de terrassement dépend de l'importance du travail auquel ils sont destinés et de la distance qu'ils doivent parcourir. Il faut les établir plus ou moins solidement, selon le temps pendant lequel on présume en faire usage et les circonstances dans lesquelles on se propose de les employer.

Les waggons conduits par des chevaux à de petites vitesses doivent être plus légers que ceux que l'on mène à grande vitesse avec des machines locomotives. Il serait au contraire peu prudent de se servir de waggons légers et faibles sur des plans inclinés, où ils sont exposés à des chocs violents, ou dans les tranchées profondes, quand on peut se trouver obligé de jeter les déblais dans le waggon d'une assez grande hauteur.

La figure 16, page 363 du premier volume, représente l'ancien waggon de terrassement anglais, qui a été employé sur les chemins de Saint-Germain et de Versailles ; la figure 17, un waggon plus simple de construction, dont la caisse bascule sur l'essieu de devant et dont on fait usage aujourd'hui sur la plupart des chantiers de terrassement.

Dans les waggons du premier modèle, la porte, au moment où la caisse basculait, se développait de manière à se trouver dans le même plan que le fond, en sorte que les terres étaient projetées à une certaine distance. L'emploi de ces portes nécessitant des fer-

rures assez coûteuses, on les a remplacées par une simple paroi mobile qui se déplace comme la porte d'un tombereau.

Dans les anciens waggons de terrassement, la caisse portait sur l'essieu en dehors des roues; dans les nouveaux, elle porte en dedans; les roues de ces anciens waggons n'avaient que 50 centimètres de diamètre, celles des waggons actuels ont au moins 75 centimètres.

Les caisses des anciens waggons de terrassement ne portaient que 1^m,50 comptés au déblai. Aujourd'hui, sur les chantiers de terrassement des chemins de l'Est, on se sert de trois espèces de waggons de terrassement :

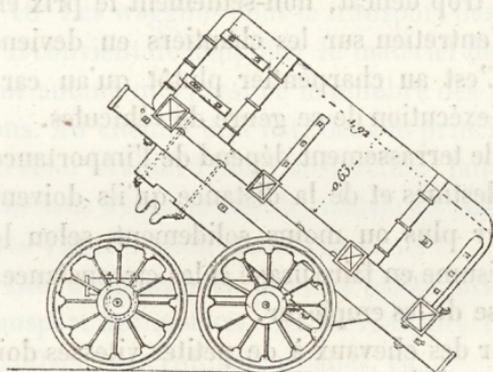


Fig. 597. — Waggon anglais petit modèle.

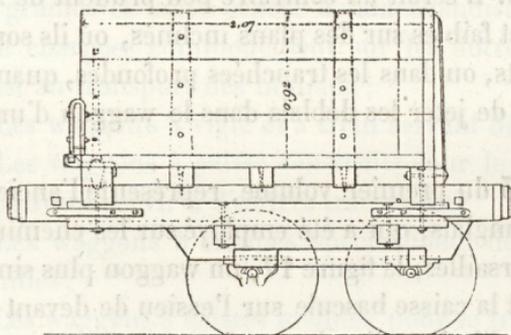


Fig. 598. — Waggon anglais grand modèle.

le waggon anglais petit modèle (fig. 597) ne porte que 1^m,50 ou 1^m,75 de terre ordinaire mesurée au déblai; le même waggon grand modèle porte 5^m,10. Le waggon belge contient 3^m,50. La caisse de ce dernier ne tourne pas sur un des essieux, comme dans les waggons anglais, mais sur un tourillon en bois, et le waggon est disposé de telle façon, qu'on peut à volonté le faire basculer sur le devant ou sur le côté.

Le waggon anglais du grand modèle (fig. 598)

coûte 700 francs, le waggon belge 900 francs.

Nous avons parlé dans le premier volume, page 567, de waggons dont l'usage, depuis quelques années, s'est beaucoup répandu.

Waggons à ballast. — Dans les waggons pour l'entretien de la

chaussée, le sable est simplement chargé à la pelle dans une caisse rectangulaire à parois de 0^m,15 à 0^m,30 de hauteur. Tantôt ces parois sont fixes, tantôt elles peuvent se rabattre autour de charnières.

Le fond de la caisse est formé de traverses boulonnées sur les brancards du châssis et recouvertes de planches placées en long. On décharge le sable à la pelle ; quelquefois cependant on ménage dans les planches une ou deux ouvertures fermées au moyen de trappes et par lesquelles le sable tombe entre les rails.

Waggon à houille. — On transporte dans ces mêmes waggon la houille en gros morceaux. On les charge alors avec soin à la main et on les décharge de même. On y charge aussi certaines espèces de marchandises.

Pour la houille menue, on s'est servi de caisses pyramidales (fig. 399). Ces caisses se vident au moyen de trappes qui s'ouvrent

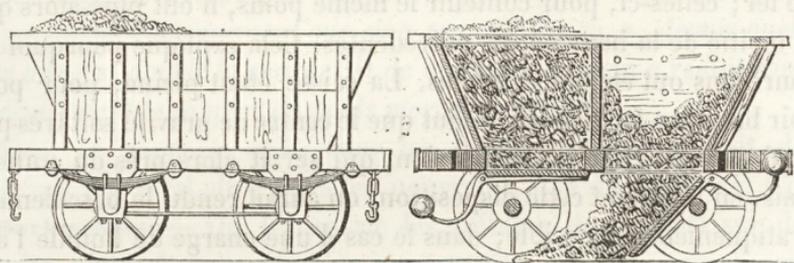


Fig. 399. — Waggon à houille.

dans le fond entre les deux essieux. Quelquefois on dispose ces caisses de manière qu'elles puissent être enlevées facilement de dessus le châssis et chargées sur un train ordinaire.

Aujourd'hui on abandonne les waggon à caisse trapézoïdale, parce qu'on n'y peut charger au retour qu'un très-petit nombre d'objets. On fait usage plus volontiers de waggon à caisses rectangulaires.

Waggon à coke. — M. de Wendel emploie pour le transport du coke des caisses spéciales qu'il a fait construire dans les ateliers de la Compagnie. Leur capacité est de 5 mètres cubes ; leur poids, de 400 kilogr. Elles contiennent environ 2,000 kilogr. de coke de Prusse. On en charge 3 par waggon, leur longueur placée trans-

versalement à la boie. Les caisses sont simplement posées sur le waggon.

Dans l'usine à coke de M. de Wendel, située près de Saarbruck, le chargement est très-simple : le quai étant assez élevé, on peut remplir les caisses en les laissant sur le waggon.

Quant au déchargement, il se fait de la manière suivante : on a au magasin de coke une grue qui saisit les tourillons placés de chaque côté de la caisse ; celle-ci s'élève, guidée dans son mouvement par deux tringles verticales, dont chacune est engagée entre deux taquets. Ces taquets peuvent être relevés à volonté ; lorsqu'on veut opérer le déversement à droite par exemple, on soulève les taquets de gauche : la caisse ne peut plus alors basculer qu'à droite ; en la poussant d'une manière quelconque dans ce sens, on opère le déversement.

Les caisses portent aussi quelquefois de la houille et du minerai de fer ; celles-ci, pour contenir le même poids, n'ont plus alors que la moitié de la hauteur des précédentes. Cela explique pourquoi les tourillons ont été placés si bas. La caisse étant pleine, pour pouvoir basculer facilement, il faut que le centre de gravité soit très-peu au-dessus de l'axe de suspension, qui serait alors près du milieu. Mais, en adoptant cette disposition, on aurait rendu le basculement pratiquement impossible ; dans le cas d'une charge de houille l'axe est plus bas que le quart de la hauteur.

Ce waggon coûte environ 300 francs, non compris les roues, essieux et boîtes à graisse. On trouvera aux documents le détail des frais d'établissement.

Waggon pour le charbon de bois. — Quelques usines ont construit des caisses particulières pour le transport du charbon de bois sur les chemins de fer de l'Est. Leur capacité est de 5 mètres cubes ; elles contiennent 1,000 kilog. de charbon de bois. Le poids de la caisse vide est de 325 kilog. Sur un waggon, on met 4 caisses, 2 sur la largeur.

La caisse ou banne, sortant vide de l'usine et démontée, est portée en waggon jusqu'à la station la plus voisine de la forêt. Là, elle est enlevée des waggons, et placée sur une voiture à deux roues. La banne doit donc avoir des dimensions assez restreintes,

pour ne pas exiger de trop grosses voitures. Le charbon de bois est chargé en forêt, sur le lieu de la carbonisation; à son retour, la caisse pleine est remplacée sur un waggon à l'aide d'une grue.

Le fond et les parois de la banne sont recouverts soit en clayonnage, soit avec de la volige de 12 à 15 millimètres d'épaisseur.

Le clayonnage est plus économique, mais beaucoup moins solide.

Ce waggon coûte environ 100 francs, non compris les roues, essieux et boîtes à graisse. (*Voir le détail aux documents.*)

Les waggons que nous venons de décrire, ou, au moins, des waggons analogues de construction, pourraient être employés sans doute avec avantage, toutes les fois qu'il peut être nécessaire de transborder une marchandise d'espèce quelconque du waggon sur un camion ou sur toute autre voiture propre au service des routes ordinaires.

Les waggons à houille et en général les waggons à marchandises ne portaient anciennement que cinq tonnes. On en a, depuis quelques années, doublé la charge, et de cette manière on a réduit considérablement le rapport du poids mort au poids utile.

Ainsi ce rapport, qui, dans les anciens waggons, était de $\frac{4500}{5000} = 0,90$, n'est plus, dans les nouveaux, que de $\frac{4730}{10000} = 0,47$.

Maringottes. — On transporte les voitures de rouliers sur de grandes plates-formes appelées *maringottes*. On charge ces voitures au moyen d'une grue après en avoir retiré les roues, et on les fixe avec des cordes qui passent dans des anneaux placés aux extrémités des traverses qui composent la plate-forme. Souvent aussi on les bâche.

Waggons à chaises de poste. — Les chaises de poste sont transportées sur leurs roues et maintenues au moyen de cales et de courroies qui retiennent les roues. Les plates-formes qui sont destinées à ce genre de transport sont ordinairement munies d'un rebord qui, pour les deux petits côtés, peut se rabattre sur le quai de chargement et de déchargement.

Waggons pour le transport des caisses de diligence. — Les caisses de diligences sont enlevées de leurs trains au moyen d'une grue fort ingénieuse de l'invention de M. Arnoux et placées sur un waggon plate-forme (fig. 400) d'une construction toute particulière.

Aujourd'hui que les chemins de fer ont pris une grande extension, le transport des caisses de diligences a perdu beaucoup de son im-

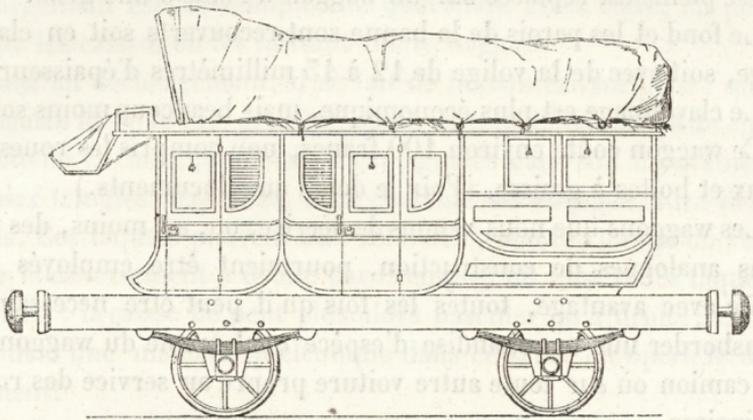


Fig. 400. — Waggon plate-forme pour diligence.

portance. On y a même, sur la plupart des grandes lignes, entièrement renoncé.

Waggon à marchandises. — Les waggons employés pour le transport des marchandises sont généralement de deux espèces : ceux couverts avec panneaux mobiles dans le haut et fermés par des portes à charnières servent, suivant le besoin, aux transports des chevaux ou des bestiaux; les autres, appelés waggons plats, ont des deux côtés deux bords fixes peu saillants. Les extrémités seules se rabattent suivant les exigences du service. Ces waggons sont habituellement recouverts de bâches suivant la nature des marchandises qu'ils transportent.

Bâches. — Souvent on munit les rebords des caisses d'anneaux et de crochets qui servent à fixer les bâches au moyen desquelles on préserve les marchandises de l'humidité et des flammèches des machines;

Aux chemins de fer de l'Est, on emploie simultanément des bâches en toile et des bâches en bourre de soie. Les unes et les autres sont recouvertes d'une préparation qui est connue sous le nom d'enduit Gagin et dont la base est le caoutchouc.

Les bâches en toile, quand la toile est bien fabriquée, sont moins volumineuses et moins lourdes que celles en bourre de soie. Ces

dernières, plus souples avant d'être enduites, le deviennent moins après l'opération, ce qui paraît tenir à ce qu'elles absorbent une plus grande quantité d'enduit. Les bâches en toile sembleraient donc préférables.

Les opinions à cet égard sont cependant encore assez partagées. C'est une dépense importante de l'exploitation d'un chemin de fer que celle des bâches; on ne saurait donc apporter trop de soins dans le choix qu'on en fait.

Waggon à bestiaux. — Les bestiaux sont transportés dans de grandes caisses à panneaux percés d'ouvertures et fermées par de petites persiennes. Ces caisses sont recouvertes d'une espèce de toit et munies de portes qui s'ouvrent latéralement.

Le transport des moutons se fait dans de grandes cages à deux étages; les deux planchers doivent être doublés de feuilles de zinc ou de plomb formant gouttières pour rejeter les urines au dehors. Cette garniture doit être placée sous les planchers; sans cela, les moutons glissent sur le métal, tombent les uns sur les autres et se blessent ou s'étouffent même quelquefois.

Waggon à lait. — Le lait est renfermé dans des boîtes cylindriques en fer-blanc de la contenance de vingt litres; on charge environ deux cents de ces boîtes dans une caisse à claire-voie et à deux étages, dont le plancher intermédiaire est composé de gril-lages en bois mobiles.

Waggon à chevaux. — Généralement les waggons à chevaux, dits waggons-écuries, se composent d'une caisse couverte divisée en trois compartiments par deux cloisons longitudinales. Une traverse mobile rembourrée s'appuie contre le poitrail du cheval et l'empêche de se mouvoir; les parois extrêmes sont formées de portes spéciales pour chaque compartiment. Tantôt ces portes sont à deux battants, dont l'un se rabat sur le quai et sert de pont au cheval pour entrer ou pour sortir, et dont l'autre se relève en forme de toit; tantôt ces portes ont leurs charnières verticales.

Quelquefois aussi on transporte les chevaux dans de petites cages que l'on pose sur un waggon à plate-forme, comme cela se fait sur les bateaux.

Les boxes à roulettes sont depuis longtemps abandonnées.

Les chevaux sont généralement placés dans des stalles. Les stalles sont disposées de manière que les chevaux se trouvent dans le sens même de la marche du train ou dans le sens perpendiculaire. Il vaut mieux qu'ils soient perpendiculaires. On a constaté, au chemin de fer d'Orléans, qu'ils éprouvaient ainsi beaucoup moins de fatigue.

Les waggons à stalles perpendiculaires à l'axe de la voie, avec une caisse de 6 mètres de longueur, contiennent ordinairement six chevaux et un palefrenier. Trois portes sont ménagées sur chacune de leurs deux faces : l'une, au milieu de leur longueur, donne accès dans une stalle à cloisons fixes ; les deux autres partagent par moitié l'espace compris entre l'extrémité du waggon et la stalle du milieu.

Ces dernières portes s'ouvrent sur une stalle dont les parois mobiles, rapprochées alternativement, permettent l'entrée ou la sortie dans chacune des stalles en face desquelles il n'existe pas de portes, et qui, remises en place, forment parois pour la stalle qui se trouve en face de la porte, stalle dans laquelle on fait entrer le dernier cheval à charger, et que l'on vide en premier lieu au moment du déchargement.

Toutes les cloisons, fixes ou mobiles, sont échancrées du côté de la tête des chevaux, pour permettre au palefrenier de se rendre d'un bout à l'autre du waggon, d'attacher, de détacher un cheval, de remplir son râtelier, etc.

C'est une condition regardée comme essentielle ; car, outre ces divers petits soins, il suffit souvent de la présence d'un homme pour calmer un cheval qui se défend.

Les waggons-écuries des chemins de fer de l'Est ne contiennent que trois chevaux. L'emploi de ces waggons est avantageux lorsque le nombre des chevaux à transporter à la fois reste souvent au-dessous de cinq ou de six.

On transporte quelquefois, dans les moments de presse, les chevaux dans les waggons à bestiaux. Dans ce cas, le service se fait évidemment dans de mauvaises conditions.

Les personnes qui désireront plus de détails sur la construction des waggons-écuries les trouveront dans un article inséré dans les *Mémoires de la Société des ingénieurs civils de France*, par M. de

Bonnefoy, ingénieur directeur de la carrosserie du chemin de fer d'Orléans.

Waggon à bagages. — Les waggon à bagages (fig. 401) sont couverts et fermés de tous côtés ; leurs portes s'ouvrent en roulant

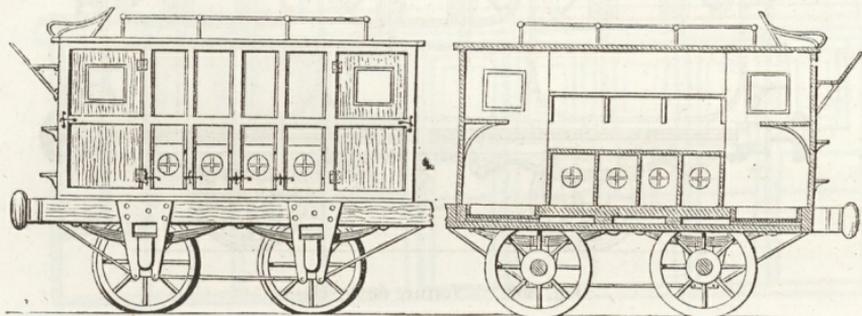


Fig 401. — Waggon à bagages.

horizontalement sur une tringle de fer plat et sont guidées à leur partie supérieure par une seconde tringle.

Quand ils sont destinés aux trains de voyageurs, ils ont l'appareil complet de choc et de traction ; pour les trains de marchandises, on supprime quelquefois les ressorts de choc.

A l'intérieur, on dispose des tablettes et une petite armoire pour les objets précieux. Sous les tablettes, on place des cages pour les chiens ; ces cages sont munies de portes en tôle qui s'ouvrent à l'extérieur.

Les waggon à bagages sont toujours munis de freins.

Waggon pour le transport des grandes pièces de bois. — On se sert sur plusieurs chemins de fer, pour le transport des bois de grandes dimensions, de waggon plates-formes montés sur huit roues. Les deux trains se meuvent indépendamment l'un de l'autre, de manière à permettre le passage dans les courbes et l'entrée dans les gares au moyen de plaques tournantes. D'autres fois les pièces de bois reposent sur deux trains à plate-forme séparés.

Waggon de la poste. — Les waggon de la poste pour le transport des dépêches sont des espèces de bureaux ambulants chauffés et éclairés et dans lesquels s'opère le triage des lettres.

Waggon à voyageurs. — Les caisses des voitures pour les voya-

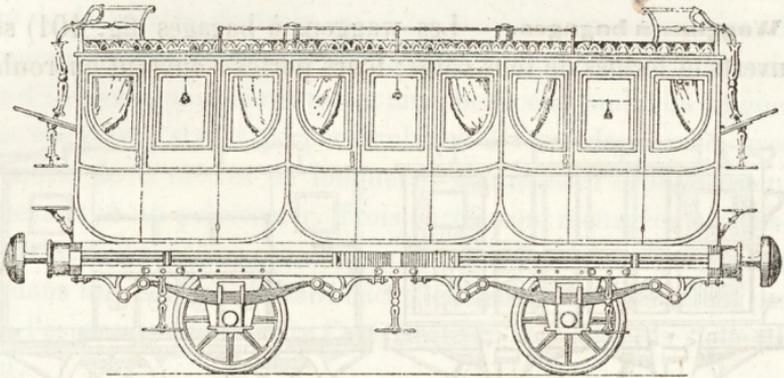


Fig. 402. — Voiture de 1^e classe.

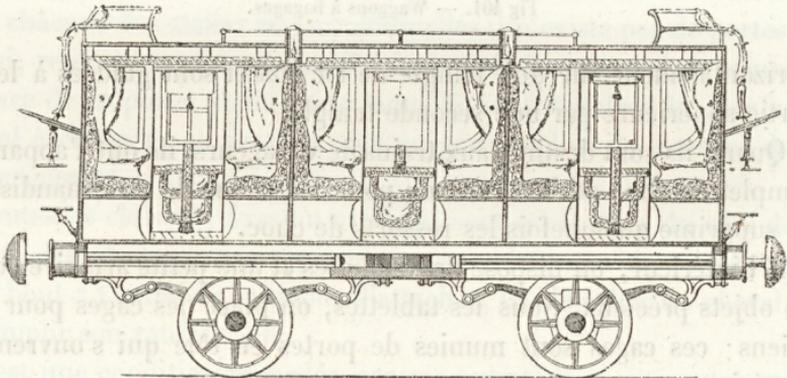


Fig. 405. — Coupe d'une voiture de 1^e classe.

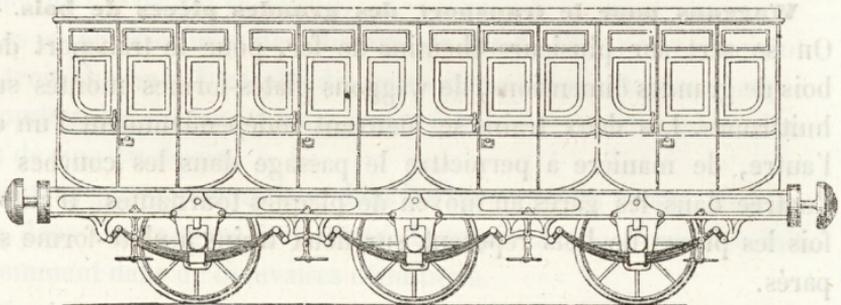


Fig. 404. — Voiture de 1^e classe à quatre compartiments.

geurs différent peu de celles des anciennes diligences.

Les voitures de 1^{re} classe se composent de trois caisses de berline ordinaire (fig. 402, 403) ou de deux caisses de berline et de deux caisses de coupé (fig. 404).

Les voitures de 2^e classe (fig. 405) offrent l'assemblage de trois

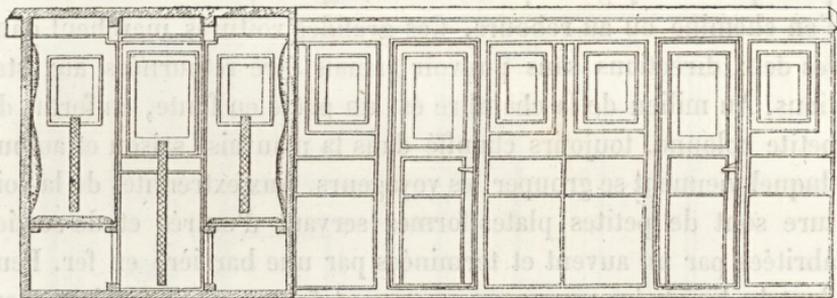


Fig. 405. — Voiture de 2^e classe.

ou quatre caisses de voitures ordinaires dont les parois seraient plates au lieu d'être bombées.

Les voitures de 3^e classe étaient anciennement découvertes ; maintenant on les couvre sur toutes les grandes lignes.

On établit souvent sur les chemins de fer des voitures composées d'un compartiment de voiture de 1^{re} classe compris entre deux compartiments de 2^e classe, ou de deux coupés comprenant deux compartiments de 2^e classe. Ces voitures sont avantageuses, parce qu'elles dispensent d'ajouter au train une voiture complète pour un seul voyageur de 1^{re} classe qui se présente.

Aux chemins de l'Est, on emploie des voitures de 1^{re} classe composées de deux caisses ordinaires et d'une caisse de coupé seulement ; cette dernière caisse est très-longue et peut au besoin permettre aux voyageurs de se coucher. La caisse de coupé ne contenant que trois voyageurs et remplaçant cependant une caisse ordinaire qui en contient huit, l'emploi de ces voitures est très-onéreux pour l'exploitation.

Les voitures de voyageurs des chemins américains (dites *cars*) ne sont que d'une seule classe. Les gens de couleur ne sont placés que dans les waggons à bagages. Les voitures sont d'une grande longueur ; elles reposent sur deux trains de quatre roues chacun, et sont élargies au-dessus des roues. Dans la chambre, si on peut l'appeler

ainsi, se trouvent ordinairement vingt-quatre petits bancs à deux places chacun, rangés de chaque côté du waggon de manière à laisser au milieu un espace vide assez large pour pouvoir circuler. Les bancs, en général recouverts en crin noir, sont à dossier mobile, pour que les voyageurs puissent à leur gré se placer dans le sens où l'on chemine ou au rebours. Ces grandes voitures marchent dans les deux directions sans pouvoir jamais être retournées aux stations. Au milieu de la chambre est un poêle en fonte, en forme de petite colonne, toujours chauffé dans la mauvaise saison et autour duquel viennent se grouper les voyageurs. Aux extrémités de la voiture sont de petites plates-formes servant d'entrée et de sortie, abritées par un auvent et terminées par une barrière en fer. Pendant le trajet, les voyageurs y peuvent fumer, mais la place n'est pas assez large pour qu'on puisse s'y asseoir. Quand le convoi se compose de plusieurs voitures, on peut circuler de l'une à l'autre, en enjambant l'espace qui sépare les plates-formes. Chaque train transporte avec lui un buffet ambulancier pour l'usage des voyageurs. Les dames, sur ces chemins, ont pour leur usage particulier, à l'extrémité des voitures qu'elles occupent, un cabinet avec ses accessoires.

D'autres voitures plus anciennes n'ont qu'une chambre où l'on est assis en carré, le dos appuyé contre les quatre parois. Tous les pieds se trouvent réunis dans le milieu et reposent sur un poêle chauffé en dessous, à l'une des extrémités. Ces voitures sont très-incommodes; on y souffre beaucoup de la chaleur.

Nous empruntons de nouveaux détails sur le matériel américain au rapport du capitaine Douglas Galton :

« Les caisses des voitures ont 9,42 et jusqu'à 18 mètres de longueur. Il faut, dans ce dernier cas, que les longerons portent sur une espèce de châssis rigide (fig. 406 et 407). Sur les chemins où la voie est de 1^m,40 la largeur des caisses est de 2^m,70, et sur le New-York et Erié railway de 3^m,00; la hauteur de 1^m,80 à 2^m,25.

« On peut passer d'un waggon sur un autre; quelquefois, cependant, la porte du waggon est fermée à clef.

« On se sert d'une espèce de waggon spécial pour les émigrants.

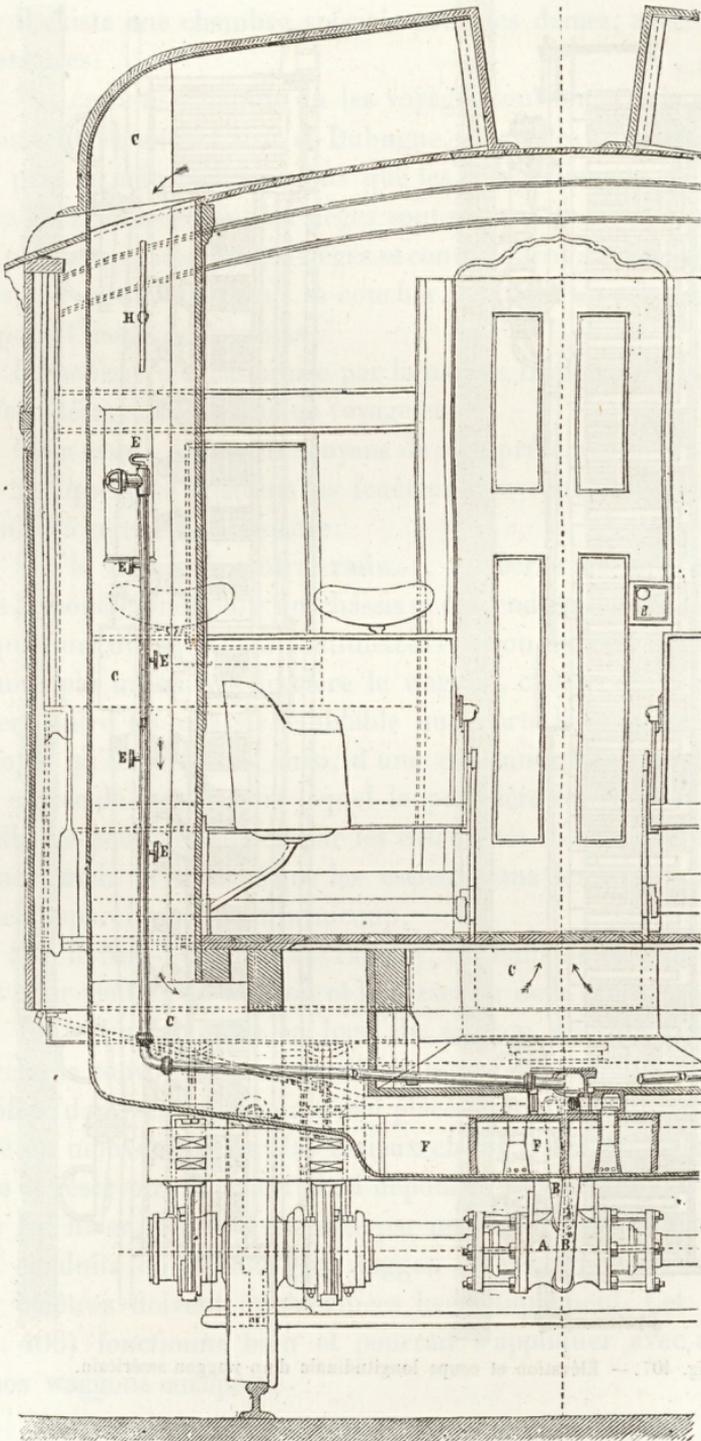


Fig. 406. — Coupe en travers d'un wagon américain.

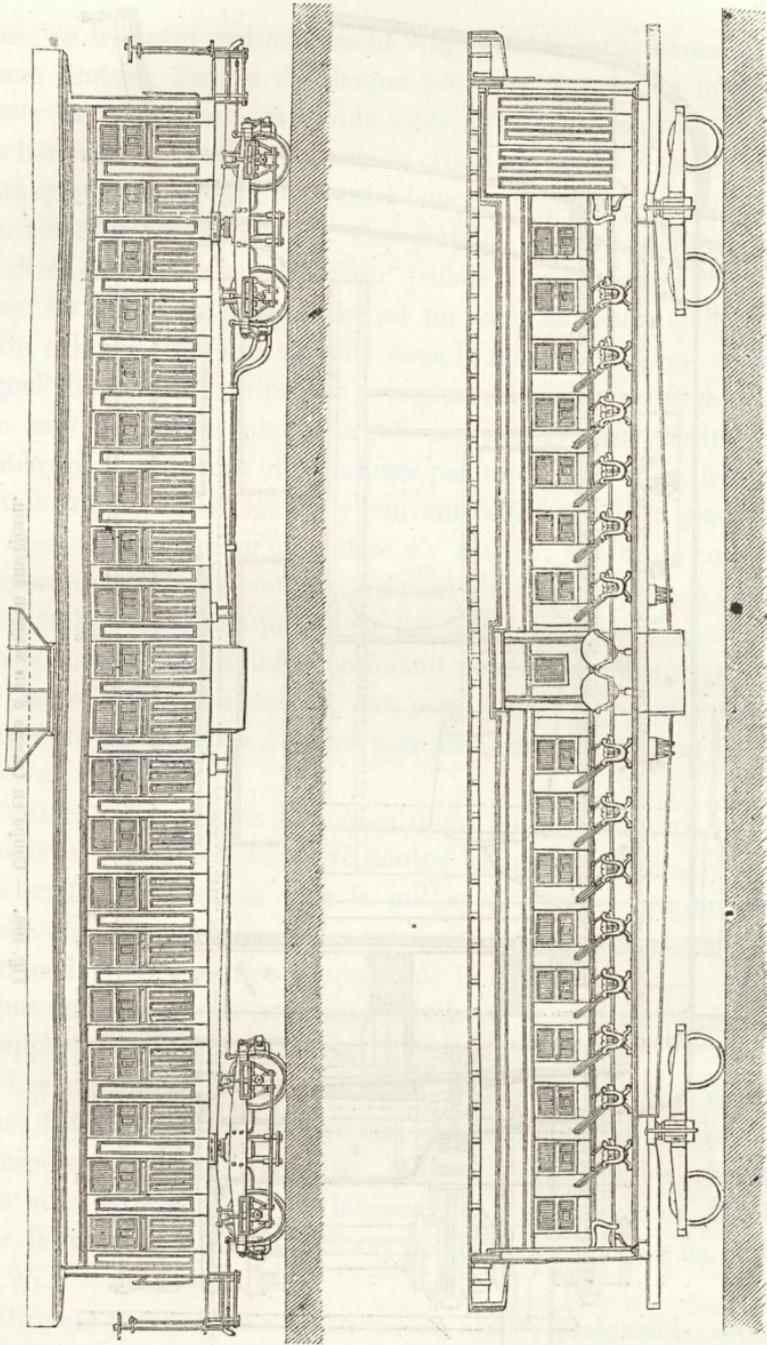


Fig. 407. — Élévation et coupe longitudinale d'un waggon américain.

« Il existe une chambre spéciale pour les dames, avec tous les accessoires.

« Sur certains chemins où les voyages sont longs, tels que l'Illinois central, entre Cäiro et Dubugne, il y a des compartiments à peu près de mêmes dimensions que les compartiments de nos voitures de 1^{re} classe, dont les sièges sont séparés de façon que le dossier puisse se renverser; ces sièges se convertissent ainsi en véritables sofas, sur lesquels on peut se coucher. On paye un prix exceptionnel pour l'usage de ces sofas.

« La poussière occasionnée par la nature friable de la chaussée est fort désagréable quand on voyage en été.

« On a essayé différents moyens de s'en préserver.

« Sur quelques chemins les fenêtres s'ouvrent obliquement, de manière à rejeter la poussière.

« Sur le Michigan central railway, un écran de toile est placé sous la poutre inférieure du châssis et descend en dehors des roues jusqu'à une distance de 5 centimètres environ du rail. Cet écran se termine par un châssis derrière le waggon, châssis qui vient s'appuyer contre un châssis semblable que porte le waggon suivant, en sorte qu'on a formé ainsi, d'une extrémité à l'autre du train, une espèce de tunnel dans lequel la poussière est contenue, puisqu'elle ne peut s'échapper par les extrémités. Ce moyen est assez efficace, mais on prétend que les essieux dans les waggons munis de cet appareil chauffent beaucoup.

« Sur le New-York et Erié railway, on emploie le procédé suivant pour ventiler le waggon et le préserver de la poussière :

« Un tuyau débouche en haut du waggon du côté vers lequel marche le convoi; le courant d'air passant dans ce tuyau vient se purifier dans un réservoir d'eau placé sous la caisse. Une pompe mise en mouvement par les essieux chasse l'eau en filets minces dans ce réservoir. L'air est ainsi dépouillé de poussière.

« En hiver, l'eau est chauffée par un poêle; l'air passe alors par des conduits en dessous du waggon et pénètre dans la caisse. Les fenêtres doivent être fermées hermétiquement. Cet appareil (fig. 406) fonctionne bien et pourrait s'appliquer avec avantage à nos waggons européens.

Les différents waggons d'un même train sont réunis les uns aux autres par des barres rigides.

« Les Américains, en étudiant leur matériel roulant, paraissent s'être appliqués à reproduire dans la disposition de leurs voitures celle d'un navire.

« *Le principal avantage des waggons américains est de porter un nombre considérable de voyageurs eu égard au poids mort des véhicules.*

« Sur le Baltimore et Ohio railway, les courbes étant de très-petit rayon, les voitures n'ont que 12 mètres de longueur ; elles contiennent 60 personnes et ne pèsent que 7 tonnes. Sur les chemins anglais, il faudrait, pour porter le même nombre de voyageurs, un wagon pesant 10 tonnes au moins.

« Le wagon du chemin New-York et Erié, dont nous donnons le dessin, a 18 mètres de long et contient 80 personnes.

« Les waggons à marchandises, sur le Baltimore et Ohio railway, ont 8^m,40 de long : ils portent 9 tonnes, et pèsent 6 tonnes. Sur le chemin anglais, le poids mort est à peu près égal au poids utile. »

Si nous comparons le poids mort au poids utile dans nos waggons français, nous trouvons que ce rapport est plus faible pour les voitures à voyageurs de 5^e classe et pour les waggons à marchandises que pour les waggons à voyageurs et à marchandises des chemins américains.

Le matériel anglais, qui a servi de point de comparaison au capitaine Douglas Galton, serait donc plus lourd que le matériel français, et l'avantage qu'il attribue au matériel américain serait contestable.

C'est le châssis de la caisse qui, dans ces waggons, comme dans ceux du système belge, porte l'appareil d'attelage.

On a aussi employé sur le chemin de Strasbourg à Bâle des waggons à huit roues pour le transport des marchandises ¹.

Les waggons à six roues sont moins sujets aux oscillations latérales et verticales que ceux à quatre, mais ils passent plus difficile-

¹ Voir le plan d'un de ces waggons dans le *Portefeuille de l'Ingénieur*.

ment dans les courbes. En amincissant ou en supprimant même les boudins des roues du milieu, et en donnant aux boîtes à graisse du jeu dans les plaques, on rend leur passage dans les courbes assez facile.

Les waggons à huit roues ont un mouvement de balancement désagréable pour les voyageurs entre les deux points sur lesquels reposent les caisses. Ils se prêtent moins bien aux exigences du service que ceux à quatre ou à six roues, et ne peuvent pas marcher dans de bonnes conditions à de grandes vitesses.

Le nombre de voyageurs portés par un waggon de chemin de fer est très-variable.

Dans les voitures de 1^{re} classe des chemins anglais, on ne place pas au delà de six voyageurs par caisse, soit dix-huit par voiture. En France, on place huit voyageurs par caisse, soit vingt-quatre dans les trois caisses. Aux chemins de Versailles et de Saint-Germain, on place en outre seize voyageurs sur des banquettes de l'impériale.

Les caisses de voitures de 2^e classe contiennent dix voyageurs par compartiment ; comme il y a généralement trois compartiments pour les voitures à quatre roues, cela fait trente voyageurs pour toute la voiture.

Les voitures de 3^e classe à quatre roues reçoivent quarante ou cinquante voyageurs.

Il existe, sur le chemin de Sheffield à Manchester, et sur ceux d'Allemagne, des waggons à quatre roues dans lesquels on voyage debout ; ces waggons contiennent soixante voyageurs.

Les waggons à huit roues du chemin de Vienne à Raab portent cinquante-six voyageurs.

Si l'on compare le poids utile (celui des voyageurs ou marchandises) au poids mort (celui de la voiture vide), on trouve que ce rapport est moins grand que pour les voitures qui circulent sur les routes ordinaires.

Ainsi, dans les anciennes diligences du chemin de Versailles (rive gauche), où ce rapport était plus favorable que sur tout autre chemin de fer à cause des voyageurs placés sur l'impériale, il n'était que de 0,70, tandis que, pour les anciennes diligences circulant

sur les routes ordinaires, le poids de la charge utile était à celui de la voiture vide comme 5 est à 4, soit 1,20.

Il serait très-avantageux, surtout pour les lignes à fortes pentes, de réduire le poids du véhicule sans en diminuer la capacité; mais cela est difficile, parce que le châssis doit présenter une grande solidité.

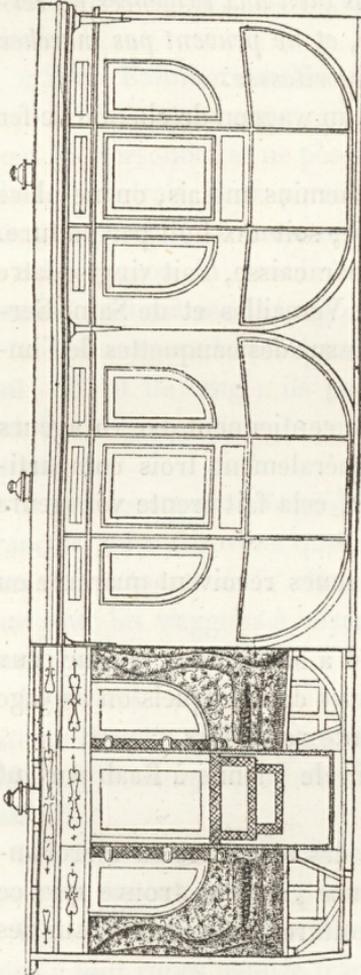


Fig. 408. — Élévation et coupe d'une voiture de 1^{re} classe.

Il arrive même que sur les nouvelles lignes, bien loin de diminuer le poids des voitures, on l'a très-sensiblement augmenté. Ainsi les anciennes voitures de 1^{re} classe à quatre roues et trois caisses du chemin d'Orléans ne pesaient que 5,545 kilogrammes; celles du chemin du Nord (fig. 408) pèsent 5,240 kilogrammes; celles d'Amiens à Boulogne, 5,640 kilogrammes; celles de Paris à Strasbourg, 5,200 kilogrammes.

Cet accroissement de poids tient aux exigences toujours croissantes des voyageurs et à la nécessité qui s'est fait sentir d'augmenter la solidité des voitures afin qu'elles résistassent mieux aux chocs.

Aujourd'hui sur les nouvelles lignes on allonge les caisses des voitures de 2^e et de 3^e classe de manière à porter de trois à quatre le nombre des compartiments.

Il semblerait que l'on dût ainsi obtenir une réduction dans le rapport du poids mort au poids utile, réduction analogue à celle obtenue en augmentant la capacité des waggons à marchandises; mais, bien que l'on n'augmente pas le nombre des roues, on se trouve forcé d'accroître les dimensions des différentes parties de la

voiture, de telle façon que le rapport du poids mort au poids utile ne change pas dans les voitures de 3^e classe et diminue fort peu dans celles de 2^e. Nous trouvons, par exemple, qu'au chemin de Strasbourg le rapport du poids mort au poids utile, qui était, dans les anciennes voitures de 2^e classe, de $\frac{4600}{2750} = 2,45$, est, dans les nouvelles, de $\frac{6200}{3000} = 2,10$.

Dans celles de 3^e classe, le rapport que nous trouvons dans les anciennes voitures, de $\frac{4850}{3000} = 1,61$, est, dans les nouvelles, de $\frac{6000}{3750} = 1,60$.

Le principal avantage de l'augmentation des longueurs des voitures à voyageurs réside dans une petite réduction sur le prix. En effet, les anciens waggons de 2^e classe, coûtant 5,600 fr., contenaient 50 voyageurs; en sorte que le capital engagé était de 186 fr. par voyageur. Dans les nouveaux, le capital engagé n'est que de 6,100 fr. pour 40 voyageurs, soit par voyageur 152 fr. Quant aux waggons de 3^e classe, les anciens coûtaient 5,225 fr. et contenaient 40 voyageurs, ce qui représentait un capital de 130 fr. par voyageur. Les nouveaux coûtent 6,000 francs et contiennent 50 voyageurs, ce qui fait 120 fr. par voyageur.

L'écartement des essieux est plus grand dans les nouveaux que dans les anciens waggons. Ainsi cet écartement était, dans les anciens waggons de 2^e classe, de 2^m,49; il est, dans les nouveaux, de 3^m,60. Il était, dans les anciens waggons de 3^e classe, de 2^m,65; on l'a porté, dans les nouveaux, à 3^m,60.

Les voitures de 1^{re} classe doivent être aussi confortables que possible, sans toutefois être assez lourdes pour que l'usage en devienne onéreux pour l'exploitation.

On considère les voitures du chemin du fer du Nord comme remplissant cette double condition. Sur quelques nouvelles lignes cependant on leur a substitué le modèle anglais, qui en diffère essentiellement en ce que les caisses, un peu moins grandes, ne contiennent que six voyageurs au lieu de huit. C'est un accroissement de dépenses qui ne nous paraît pas suffisamment motivé, si ce n'est sur les lignes dont la faible entre-voie ne permet pas de donner aux caisses la largeur nécessaire.

Les voitures de 2^e classe, sans être aussi commodes que celles de

1^{re} classe, doivent l'être plus que celles de 3^e. Il est assez difficile d'établir entre les voitures des différentes classes une juste proportion entre le *confortable* et le prix des places, de manière que la réduction des prix n'induisse pas les voyageurs qui sembleraient devoir naturellement choisir les voitures de 1^{re} classe à préférer la 2^e, ou ceux qui appartiennent à la 2^e classe à se contenter de la 3^e.

Les caisses des voitures de 2^e classe sur différents chemins de fer en exploitation sont à peu près semblables. Elles ne diffèrent des caisses des voitures de 1^{re} classe qu'en ce qu'elles sont moins bien garnies et moins longues. Elles contiennent deux voyageurs de plus par compartiment et sont, comme ces dernières, fermées avec des glaces mobiles.

Au chemin de fer de Lyon, les voitures de 2^e classe sont trop confortables : elles doivent nécessairement attirer bon nombre de voyageurs prenant sur les autres lignes la 1^{re} classe.

Les modèles des voitures de 3^e classe présentent plus de variétés.

Sur le chemin du Nord les voyageurs de 3^e classe étaient anciennement renfermés dans une caisse unique qui avait toute la longueur de la voiture. On y entrait par deux portières placées de chaque côté aux extrémités de la caisse ; les banquettes y étaient disposées en long, comme dans les omnibus. Deux banquettes s'appuyaient contre les parois latérales. Deux autres étaient établies au milieu de la caisse.

Le service aux stations avec un aussi petit nombre de portières ne se fait pas avec toute la rapidité désirable, et les voyageurs éprouvaient trop de difficultés à sortir des waggons en cas d'accident. Il vaut mieux diviser la caisse en quatre compartiments et ouvrir de chaque côté autant de portes qu'il y a de compartiments. Les banquettes sont alors placées en travers. C'est la disposition que l'on adopte pour tous les nouveaux waggons.

Les waggons de 3^e classe ne sont jamais garnis.

Sur les chemins de Rouen, d'Orléans et d'Alsace ils étaient primitivement découverts. Les nouveaux cahiers de charges obligent les compagnies à les couvrir et même à les fermer latéralement avec des glaces mobiles.

Ces ouvertures ne doivent être ni très-grandes ni très-petites : si

elles sont très-grandes, les voitures de 5^e classe se trouvent être en été plus agréables que celles de 1^{re}; si elles sont trop petites, les voitures deviennent malsaines.

Les compartiments ne sont pas séparés par des parois pleines dans toute la hauteur, comme dans les voitures de 1^{re} et de 2^e classe, mais par de simples dossiers qui ne dépassent pas le milieu de la hauteur de la caisse. Ces derniers doivent être solidement établis, afin de relier et de soutenir les parois latérales.

On établit avec avantage dans le haut des parois latérales, au-dessous de l'impériale, de petites ouvertures rectangulaires avec des persiennes pour laisser entrer le jour et circuler l'air quand les rideaux sont tirés.

Anciennement on plaçait dans les voitures de 1^{re} classe des pâtes en bois ou en métal pour y suspendre les chapeaux. Aujourd'hui on les remplace avec avantage par des filets.

Dans les voitures de 1^{re} classe du Nord et de plusieurs autres chemins, les plafonds sont en bois de citronnier. Aux chemins de l'Est, ils sont simplement en drap, ce qui est plus économique.

On emploie sur les chemins de l'Est et au chemin de Cologne à Minden des coussins élastiques dont on est satisfait.

On trouve encore dans le matériel de la plupart des compagnies des voitures dites *de luxe*, composées d'un ou deux compartiments, garnis de meubles comme des salons et accompagnés quelquefois de terrasses pour les fumeurs et de *water-closets*.

Les compagnies d'Orléans et de l'Est ont offert à Sa Majesté l'Empereur des trains composés de voitures spéciales d'une grande richesse, contenant chambres à coucher et cabinets, salon, salle à manger et terrasse. Le dessin complet et la description de ces trains impériaux ont été publiés dans le *Nouveau Portefeuille de l'ingénieur*.

On a fait des voitures exclusivement destinées aux fumeurs; mais, comme un grand nombre de voyageurs, contrairement aux ordonnances de police, fument dans toutes les voitures, et qu'avec le système de voitures adopté en France il est à peu près impossible de les en empêcher pendant le trajet, entre deux stations, on a renoncé à l'emploi de ces voitures spéciales.

En Allemagne, c'est par exception qu'il est défendu de fumer

dans une ou deux voitures de chaque train, désignées par un écriteau spécial. Dans toutes les autres, il est permis de fumer.

DES FREINS.

Un convoi marchant sur un chemin de fer, il y a nécessité de l'arrêter régulièrement devant certaines stations, ou accidentellement toutes les fois qu'on aperçoit le signal d'arrêt, ou qu'il se trouve sur la voie quelque obstacle imprévu.

On peut arrêter le convoi aux stations en ralentissant les machines à une certaine distance, de manière qu'elles cessent de marcher en arrivant à la station; mais on perdrait ainsi beaucoup de temps. C'est pour faciliter l'arrêt, en augmentant la résistance, qu'on emploie les freins. Cet appareil est surtout nécessaire en cas d'arrêt accidentel, devant un obstacle ou un signal.

Bien des personnes étrangères aux notions les plus élémentaires de la mécanique se figurent que le meilleur frein serait celui qui pourrait arrêter, au besoin, le convoi instantanément. C'est une grave erreur qu'il importe de détruire. Les freins ne doivent agir que graduellement, avec plus ou moins d'intensité, selon la force vive dont le convoi est animé.

Si le convoi était arrêté instantanément, il en résulterait un choc plus ou moins violent, dépendant en même temps de la masse mise en mouvement et de la vitesse dont cette masse serait animée. M. Gentil, ingénieur des mines, a dressé le tableau suivant, dans

NATURE DES TRAINS.	VITESSE A L'HEURE EN KILOMÈTRES.	VITESSE A LA SECONDE EN MÈTRES.	HAUTEURS DE CHUTE EN MÈTRES.	COMPARAISON.
	kilom.	mètres.	mètres.	
Trains de marchandises.	25	6 94	2,456	Entre-sol.
— mixtes.	30	8 53	3,533	1 ^{er} étage.
— omnibus.	40	11 11	6,295	2 ^e étage.
— directs.	50	13 88	9,825	3 ^e étage.
— express.	60	16 66	14,159	4 ^e étage.

lequel il a ramené ses calculs à l'indication de la chute verticale

d'un corps des divers étages d'une maison. Ici le tableau page 44 de l'enquête du gouvernement sur l'exploitation donne une assez juste idée de l'effet que l'on éprouverait en cas d'arrêt subit d'un train.

La plupart des freins employés aujourd'hui, semblables, en principe, aux freins des anciennes diligences, ralentissent le train en pressant des sabots en bois contre le cercle des roues et convertissent plus ou moins complètement le frottement de roulement de ces roues en frottement de glissement. Chaque frein n'agit que sur un seul véhicule à la fois et doit être manœuvré par un employé spécial qui porte le nom de *garde-frein*.

Une espèce particulière de freins dont l'usage est limité aux fortes pentes, et qui est connu sous le nom de *frein Laignel*, a aussi pour objet de convertir le frottement de roulement en frottement de glissement ; mais les sabots de ce frein ne s'appliquent plus contre les roues ; ils consistent en patins d'une certaine longueur qui viennent s'appuyer sur le rail en soulevant le waggon au-dessus et convertissant ainsi le waggon en un véritable traîneau. Nous en donnons plus loin la description.

Le nombre des waggons à frein dans chaque convoi est fixé par les règlements.

En France, les règlements exigent un frein dans un train de voyageurs de sept voitures et au-dessous ; deux freins dans un train de quinze voitures et au-dessous jusqu'à sept ; trois freins dans un train de plus de quinze voitures.

Indépendamment de ces freins placés sur les waggons, il s'en trouve toujours un sur le *tender* qui accompagne la locomotive.

Ces prescriptions s'appliquent à ce que nous pouvons appeler un train moyen, c'est-à-dire marchant dans des conditions de vitesse moyenne, comme le font les trains omnibus, et sur des pentes et rampes dont les pentes ne dépassent pas cinq à six millimètres. Pour produire le même effet sur des pentes plus fortes, le nombre des freins doit être augmenté dans une proportion qu'il est facile de déterminer.

Sur les fortes pentes du chemin de Turin à Gênes, par exemple, la proportion réglementaire des waggons à frein est de $\frac{1}{2}$ pour les trains de voyageurs, de $\frac{1}{3}$ pour ceux de marchandises.

Les règles adoptées en Prusse, à la suite d'un examen approfondi de la question, pour proportionner la puissance des moyens d'arrêt à la force vive accumulée dans le train et à la grandeur de la force accélérative sont les suivantes :

INCLINAISON.	POUR LES TRAINS	POUR LES TRAINS
	DE VOYAGEURS.	DE MARCHANDISES.
De 0 ^m ,000 à 0 ^m ,0055, les freins doivent agir sur. . .	1/6 des roues.	1/8 des roues.
De 0 ^m ,0055 à 0 ^m ,005, les freins doivent agir sur. . .	1/5 —	1/7 —
De 0 ^m ,005 à 0 ^m ,010, les freins doivent agir sur. . .	1/4 —	1/6 —

L'action du frein proportionnelle à l'intensité du frottement de glissement dépend du poids du waggon sur lequel il est placé.

L'administration supérieure, en France, avait eu, un moment, la pensée d'imposer aux Compagnies un certain poids pour les waggons à freins, le poids devant être complété par du lest, si le waggon, avec sa charge, se trouvait trop léger ; mais l'application de ce principe a présenté, en pratique, de telles difficultés, qu'il a été abandonné. On remarquera, du reste, que les waggons à freins intercalés dans les trains de voyageurs, de marchandises, ou mixtes, ont généralement un poids supérieur à celui des autres waggons, et que le *tender*, pourvu toujours d'un frein, pèse plus que tout autre véhicule, la locomotive exceptée.

Les freins le plus généralement employés présentent les inconvénients suivants :

1° Le mécanicien, qui, le premier, aperçoit un signal d'arrêt ou un obstacle sur la voie, ne peut les manœuvrer lui-même. Il est obligé, pour en déterminer le serrage, de *siffler aux freins*, c'est-à-dire d'appeler l'attention des *garde-freins* par des coups de sifflet répétés ;

2° Le serrage avec les freins à vis ou à crémaillères, en usage pour les voitures à voyageurs, est trop lent.

Quelque rapide que soit l'action d'un frein, elle ne le sera jamais assez pour prévenir la plupart des accidents provenant d'un obstacle imprévu sur la voie ; car, ainsi que nous l'avons fait observer, elle ne doit jamais être instantanée, et le mécanicien, trop souvent, n'aperçoit l'obstacle que lorsqu'il s'en trouve à une trop petite distance pour que l'action du meilleur frein puisse être d'une grande utilité. On ne saurait toutefois contester l'utilité de perfectionner les freins actuels. Des freins mieux combinés, non-seulement peuvent, dans quelques cas, prévenir complètement un accident, mais, dans d'autres, ils peuvent en rendre les conséquences moins graves.

On pourrait compter par milliers les freins plus ou moins ingénieux inventés depuis une vingtaine d'années. Ils sont, pour la plupart, basés sur de faux principes ou d'une application impossible. Nous devons cependant, parmi ces freins, distinguer ceux de MM. Bricogne et Guérin, qui ont donné lieu à des rapports très-favorables de la part des commissaires nommés par le gouvernement pour s'occuper des moyens de diminuer le nombre des accidents sur les chemins de fer.

Le frein Bricogne a l'avantage de permettre un serrage plus rapide, mais il ne peut être manœuvré par le mécanicien ; le frein Guérin est serré par le mécanicien et agit en même temps avec une grande rapidité.

Nous décrirons ces deux espèces de freins, après avoir parlé des freins en usage le plus généralement et du frein Laignel.

Freins ordinaires. — Les freins en usage aujourd'hui ou employés précédemment sont diversement construits.

Le sabot destiné à presser le pourtour de la roue est toujours en bois. Il est généralement boulonné à un patin en fer.

La figure 409 représente le frein employé dans l'origine au chemin de fer de Saint Germain.

S et S' sont les sabots en bois.

Les patins p et p' sont suspendus à des boulons b et b' , fixés à une des longrines du châssis. Ils peuvent osciller sur ces boulons comme un levier sur un point fixe. Deux petites bielles K et K' assemblées à charnières avec les patins p et p' sont réunies par un

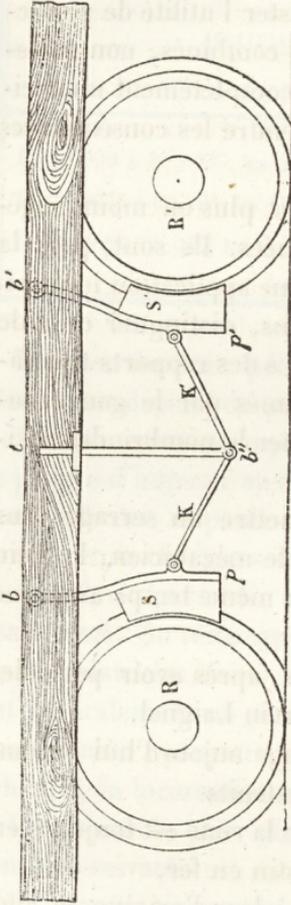


Fig. 409. — Ancien frein du chemin de Saint-Germain.

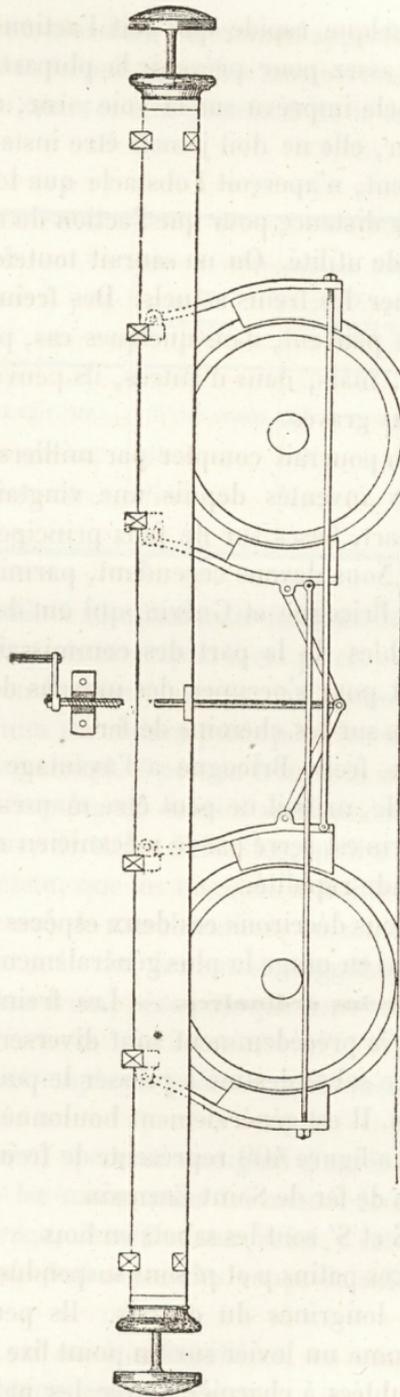


Fig. 410. — Ancien frein de Versailles (rive gauche).

boulon b'' à une tringle verticale t dont l'extrémité inférieure est emmanchée sur le même boulon, et monte verticalement jusqu'à l'impériale, où elle est filetée et se loge dans un écrou fixé à cette impériale. Cette tige se termine à sa partie supérieure par une manivelle placée dans la main d'un des conducteurs du train. En tournant cette manivelle, on fait descendre ou monter la tige verticale, et par conséquent le boulon b'' , ce qui écarte ou rapproche les sabots des roues R et R' . Les sabots, étant fortement pressés contre les roues, les empêchent de tourner.

Le frein de Saint-Germain tend à écarter les deux roues, et par conséquent à détruire le parallélisme des essieux. C'est un inconvénient auquel on a cherché à remédier dans le frein (fig. 410), employé sur le chemin de Versailles (rive gauche).

Sur les chemins de Rouen, d'Orléans, et sur toutes les nouvelles lignes, les freins sont disposés tout différemment. Les sabots S et S' (fig. 411) sont portés à l'aide d'une coulisse sur une barre de fer plat B , fixée aux boîtes à graisse mêmes K et K' , de telle sorte que le frein, en suivant le mouvement vertical des boîtes à graisse sur les saillies en fer à cheval agit toujours dans l'axe des roues. La barre de fer sert à prévenir l'écartement des essieux. Les sabots sont mis en mouvement par des bielles au moyen d'un arbre supporté par la même barre de fer.

Les sabots s'usant inégalement, ce frein, comme tous ceux dont l'axe est fixe, n'exerce pas la même pression sur les deux roues.

On obvie à cet inconvénient en ovalisant les trous des deux grandes entre-toises dans lesquels les extrémités de l'arbre portent.

Plusieurs ingénieurs préfèrent l'ancien frein des chemins de Versailles au frein plus moderne du chemin de Rouen. On a remédié à son principal défaut, celui de s'appliquer inégalement contre les roues quand la charge varie, en apportant dans sa construction une modification suffisamment indiquée dans la figure 412. La préférence en faveur de ce frein se motive de la manière suivante : il est d'un poids et d'un prix beaucoup moins élevés que le frein de Rouen ; il permet de retirer les roues du waggon sans qu'il soit

nécessaire de le démonter. Dans le système de Versailles, le frottement des glissières sur les longerons est supprimé, d'où il résulte

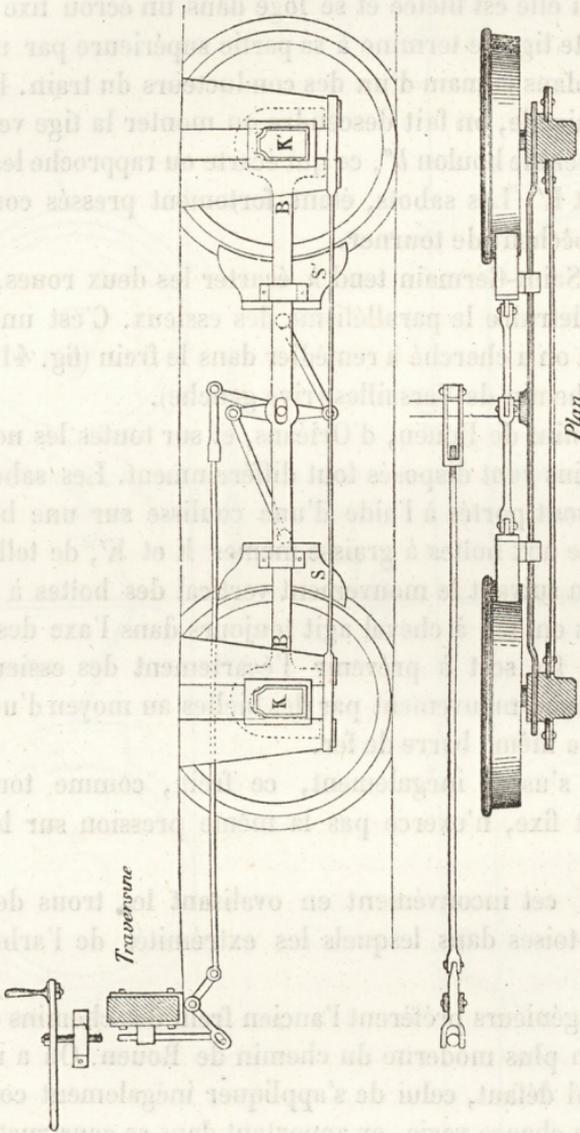


Fig. 411. — Frein du chemin de Rouen.

que la force déployée par le garde-frein pour le serrage est mieux utilisée.

Ce frein présente toutefois un inconvénient que n'a pas celui de Rouen, c'est de ne pouvoir s'adapter à un wagon que dans de cer-

taines conditions d'écartement des essieux. Cet écartement étant trop

grand, il devient difficile de l'employer avec avantage. L'usure des sabots avec ce frein est aussi moins uniforme qu'avec le frein à longérons. A tout bien considérer, cependant, les avantages du frein de Versailles modifié l'emportent tellement sur les inconvénients, que nous conseillons de l'employer toutes les fois que les dispositions du matériel le permettront. Aux chemins de l'Est, on l'a adapté à un grand nombre de waggons.

Quel que soit le système du frein employé, il importe de pouvoir régler la longueur de certaines des pièces qui le composent, de manière à compenser l'usé des sabots en bois.

On peut, au lieu d'employer une vis pour serrer le frein, comme nous l'avons indiqué, faire usage d'un levier. C'est ce qui a lieu dans le frein représenté fig. 415, dont on se sert pour les waggons de terrassement et les waggons à charbon.

L'usage du levier permet d'agir

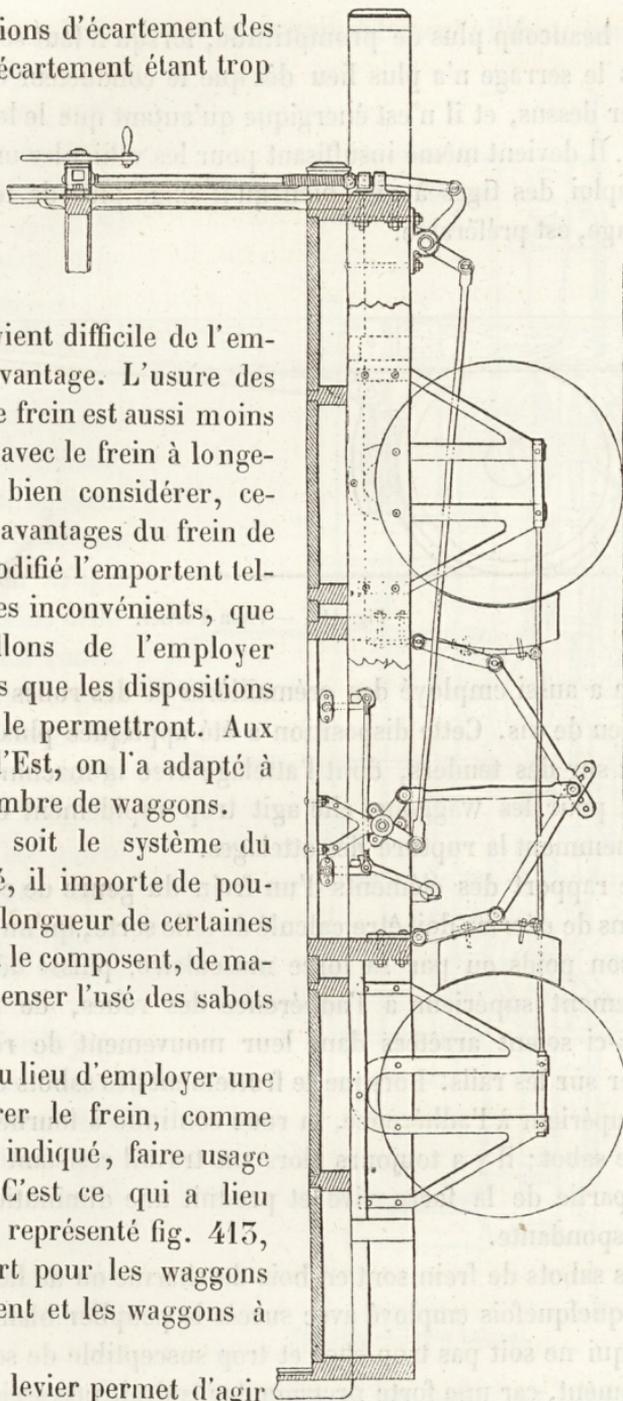


Fig. 412. — Nouveau frein de l'Ouest.

avec beaucoup plus de promptitude, lorsqu'il faut serrer le frein ; mais le serrage n'a plus lieu dès que le conducteur cesse de s'appuyer dessus, et il n'est énergique qu'autant que le levier est très-long. Il devient même insuffisant pour les véhicules un peu lourds. L'emploi des tiges à vis, bien qu'il exige plus de temps pour le serrage, est préférable.

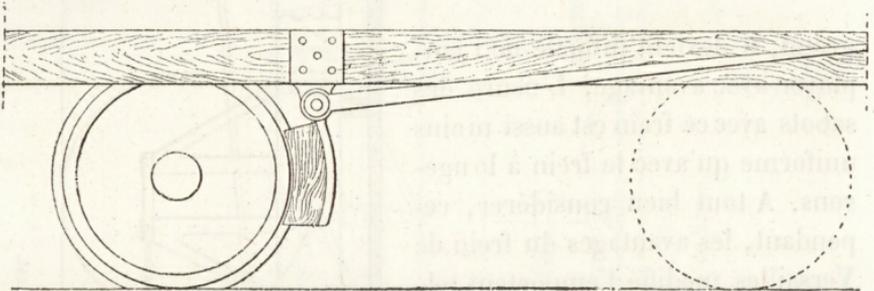


Fig. 415. — Frein à levier.

On a aussi employé des crémaillères et des roues d'engrenages au lieu de vis. Cette disposition a été appliquée plus particulièrement sur des tenders, dont l'attelage avec la machine est très-solide ; pour les waggons, elle agit trop rapidement et occasionne fréquemment la rupture des attelages.

Le rapport des éléments d'un frein du genre de ceux que nous venons de décrire doit être calculé de telle sorte, qu'un seul homme, par son poids ou par sa force musculaire, puisse déterminer un frottement supérieur à l'adhérence des roues, de manière que celles-ci soient arrêtées dans leur mouvement de rotation pour glisser sur les rails. Lorsque le frottement des sabots du frein n'est pas supérieur à l'adhérence, la roue continue à tourner en frottant sur le sabot ; il y a toujours alors un travail résistant qui absorbe une partie de la force vive et produit une diminution de vitesse correspondante.

Les sabots de frein sont en bois de charme ou de hêtre très-sec : on a quelquefois employé avec succès le peuplier blanc ; il faut un bois qui ne soit pas trop cher et trop susceptible de se polir par le frottement, car une forte pression deviendrait nécessaire pour fixer

les roues. Les sabots s'usent assez promptement ; il faut, pour éviter des réparations trop fréquentes, se réserver dans le tracé de leur construction une marge de 0^m,10 à 0^m,12 pour l'usure.

Frein Laignel. —

Sur le plan incliné de Liège, on se sert, pour modérer la vitesse des convois descendants, de freins qui agissent directement sur les rails, au lieu d'agir comme les freins ordinaires sur les roues.

La fig. 414 représente cette espèce ingénieuse de frein, inventé par M. Laignel.

Le frein est porté sur un waggon spécial, appelé waggon-frein, que l'on charge d'un poids aussi considérable qu'on le juge nécessaire. Ce waggon est à six roues. Des patins en bois *pp'*, placés entre les roues *R* et *R'*, sont suspendus par des tiges verticales aux extrémités de leviers.

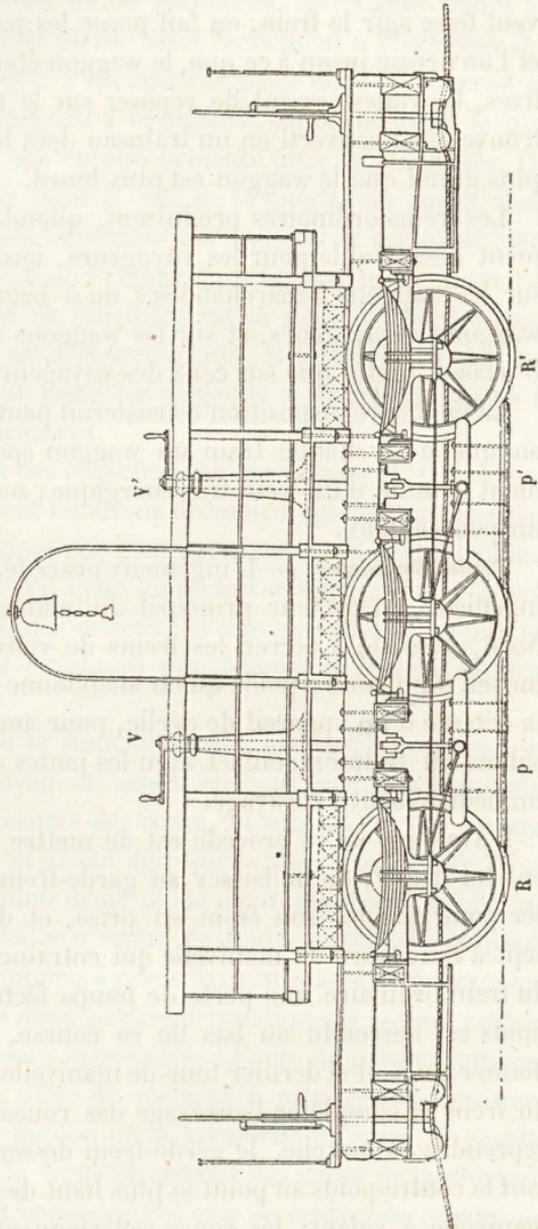


Fig. 414. — Frein Laignel.

On élève ou on abaisse les leviers et les patins au moyen de

vis V, V', qui se meuvent dans des écrous fixes supportés par des colonnes fixées au milieu de la plate-forme du waggon. Lorsqu'on veut faire agir le frein, on fait poser les patins en bois sur les rails et l'on presse jusqu'à ce que, le waggon étant soulevé sur ces appuis fixes, les roues cessent de reposer sur le rail. Le waggon-frein se trouve ainsi converti en un traîneau dont le frottement est d'autant plus grand que le waggon est plus lourd.

Les freins ordinaires produisent, quand ils agissent, un ébranlement désagréable pour les voyageurs, aussi doivent-ils être placés sur les waggons à marchandises ou à bagages, de préférence aux waggons à voyageurs, et sur les waggons à voyageurs de 2^e ou de 3^e classe, plutôt que sur ceux des voyageurs de 1^{re} classe.

La meilleure disposition consisterait peut-être à mettre en tête et en queue de chaque train un waggon spécial chargé très-lourdement et muni d'un frein très-énergique ; mais ce moyen deviendrait un peu coûteux.

Frein Bricogne. — L'ingénieux procédé étudié par M. Bricogne, ingénieur, inspecteur principal du matériel du chemin de fer du Nord, consiste à serrer les freins de voitures et de waggons, au moyen d'un contre-poids qu'on abandonne à lui-même en pressant la détente d'un appareil de déclic, pour amener mécaniquement les sabots du frein en contact avec les jantes des roues et commencer immédiatement l'enrayage.

L'avantage de ce procédé est de mettre instantanément le frein en état d'agir ; de ne laisser au garde-frein qu'une détente à presser pour amener son frein en prise, et de le dispenser ainsi des sept à huit tours de manivelle qui entraînent toujours dans le jeu du frein ordinaire une perte de temps fâcheuse. Quand le contre-poids est descendu au bas de sa course, le garde-frein n'a qu'à donner un seul et dernier tour de manivelle pour achever le serrage du frein et compléter l'enrayage des roues. Lorsque le train doit reprendre sa marche, le garde-frein desserre son frein en remontant le contre-poids au point le plus haut de sa course, à l'aide d'une manivelle à volant ; les roues redeviennent libres, et l'appareil se trouve en état d'agir de nouveau au premier signal qui partira de la machine.

Au frein Bricogne on fait les objections suivantes : 1° il coûte 400 francs de plus que les freins ordinaires, soit 1,000 francs au lieu de 600; 2° on peut le placer assez facilement à l'intérieur des waggons à bagages, mais il y occupe une place dont on pourrait tirer parti; 3° dans les waggons à voyageurs, où on ne peut le placer qu'extérieurement, son emploi présente plus de difficultés. On est alors obligé, ou de le loger à côté de la guérite du garde, dans une niche pénétrant dans l'intérieur du waggon et occupant alors une place de voyageur, ou de l'établir dans la guérite même en l'élargissant, ce qui augmente sensiblement le poids en porte-à-faux de la guérite, poids qui est déjà trop grand. Des inconvénients semblables se présenteraient pour les waggons à marchandises où la vigie est placée extérieurement.

M. Bricogne répond à ces objections en ces termes : 1° On ne peut manœuvrer commodément les freins ordinaires qu'en leur réservant dans les waggons à bagages une place presque aussi grande qu'aux freins à contre-poids; 2° on évite les inconvénients du porte-à-faux en modifiant la position des essieux; 3° l'augmentation de prix est bien compensée par les avantages que promet le frein à contre-poids.

M. Bricogne conserve le frein ordinaire à cric agissant sur les jantes des roues au moyen de sabots en bois guidés horizontalement, à la hauteur du centre des roues, et mis en jeu par un système de leviers coudés, et il fait agir sur la tige à manivelle de ce frein, à l'aide d'un pignon droit et de deux pignons d'angle, un poids portant une crémaillère venue de fonte, maintenu et guidé verticalement par des supports à galets fixés au plancher du waggon.

Ce poids est formé de deux parties prismatiques à section rectangulaire, assemblées, à leurs extrémités, à l'aide de pièces transversales, et espacées entre elles de manière à ménager une rainure dans laquelle est logé le pignon de la manivelle du frein. Il résulte de cette disposition que la ligne de contact des dents de la crémaillère et du pignon passe constamment par le centre de gravité du système, et que le poids se trouve par conséquent placé dans les meilleures conditions d'action, sans porte-à-faux. La course du poids est d'ailleurs calculée de manière à présenter assez de marge

pour permettre d'opérer le serrage du frein en tout état d'usure des sabots et des diverses pièces du mécanisme.

Le contre-poids est maintenu relevé à l'aide d'une roue à rochet dont le plan est horizontal, calée sur la tige à manivelle du frein, engrenant avec un appareil de déclic spécial fixé au plafond du wagon. Pour mettre le poids en prise, et commencer par conséquent le serrage du frein, il n'y a qu'à déplacer d'environ 0^m,01 l'extrémité du petit levier de l'appareil du déclic. L'appareil est si facile à mettre en jeu, que l'auteur ne doute pas qu'il soit possible, si on le juge utile, de permettre de faire agir simultanément tous les freins d'un même train, en reliant les leviers des déclics à une corde passant sur toutes les voitures et allant aboutir soit au mécanicien, soit à un garde-frein.

Il serait facile de déterminer l'action du contre-poids de telle sorte que l'enrayage des roues dût être immédiat et complet; mais l'auteur a pensé avec raison qu'il était préférable de rendre cette action mécanique du frein moins brusque et de calculer le poids de façon à lui faire commencer seulement le serrage des sabots, en laissant, comme nous l'avons dit, au garde-frein le soin d'agir sur une manivelle à volant pour parachever, suivant les cas, et eu égard à chaque circonstance, l'enrayage des roues.

Dans les freins de ce système que M. Bricogne a fait construire pour le chemin du Nord, le poids à crémaillère pèse 150 kilogrammes, et représente sur la manivelle à volant du garde-frein un effort de 18^k,75. L'effort nécessaire pour achever l'enrayage des roues, rapporté à l'extrémité du rayon de la même manivelle, n'est que de 5 kilogrammes. Enfin, la résistance à vaincre pour mettre l'appareil de déclic en jeu, au moment où doit commencer le serrage, n'est que d'un kilogramme.

Le frein Bricogne est employé aujourd'hui au chemin du Nord sur un grand nombre de wagons.

Frein Guérin. — Le frein Guérin a été essayé pour la première fois sur le chemin d'Orléans. Nous en empruntons la description à un rapport fait par M. Forquenot, l'un des ingénieurs de ce chemin, à la Société des ingénieurs civils.

« Dans les divers freins généralement employés sur les chemins

de fer, le serrage des sabots contre les roues est déterminé par l'effet produit sur une manivelle manœuvrée par le conducteur. Dans son appareil, M. Guérin utilise pour cet objet la pression qui a lieu sur les ressorts de choc des waggons composant un train en marche, lorsque le mécanicien, pour l'arrêter, ferme le régulateur de la machine et fait serrer le frein du tender.

« Pour arriver à ce résultat, il place sur l'arbre du frein deux leviers dont les extrémités se prolongent contre le ressort de choc d'arrière du waggon, de chaque côté de ses guides. Ces leviers servant de point d'appui au ressort, le frein fonctionnera dès que la rentrée des tampons aura lieu. On conçoit dès lors que, pour refouler un train en arrière, il faut que cet effet puisse être neutralisé.

« Ce but a été très-heureusement atteint au moyen d'un mécanisme simple et ingénieux qui a été composé de la manière suivante :

« 1° D'une pièce fourchue *adc* (fig. 415) fixée sur la traverse d'arrière des châssis, et articulée de manière à se baisser pour servir d'appui à l'embase de la tige du crochet de traction, ou à se soulever pour la laisser libre ;

« 2° D'un levier vertical *bf*, muni d'un contre-poids *l*, communiquant au moyen d'une tige *gh* son mouvement à la pièce fourchue *adc* ;

« 3° D'un manchon *M*, de forme particulière, monté sur l'un des essieux et pivotant à une certaine vitesse par l'action de la force centrifuge. Ce manchon présente en son milieu une gorge d'une profondeur convenable.

« Lorsque le train est animé d'une vitesse supérieure à 10 kilomètres, le manchon *M* change de position et présente au levier *b* sa partie creuse ; le contre-poids *l* agit pour soulever la pièce fourchue, la dégage de l'embase du crochet de traction et permet le recul du ressort de choc. Le frein peut alors se serrer sous l'influence de la rentrée des tampons.

« Au contraire, lorsque le train est au repos ou animé d'une vitesse inférieure à 10 kilomètres, le manchon *M* est ramené contre l'essieu par deux ressorts en spirale *rr'* ; et, dans cette position, il

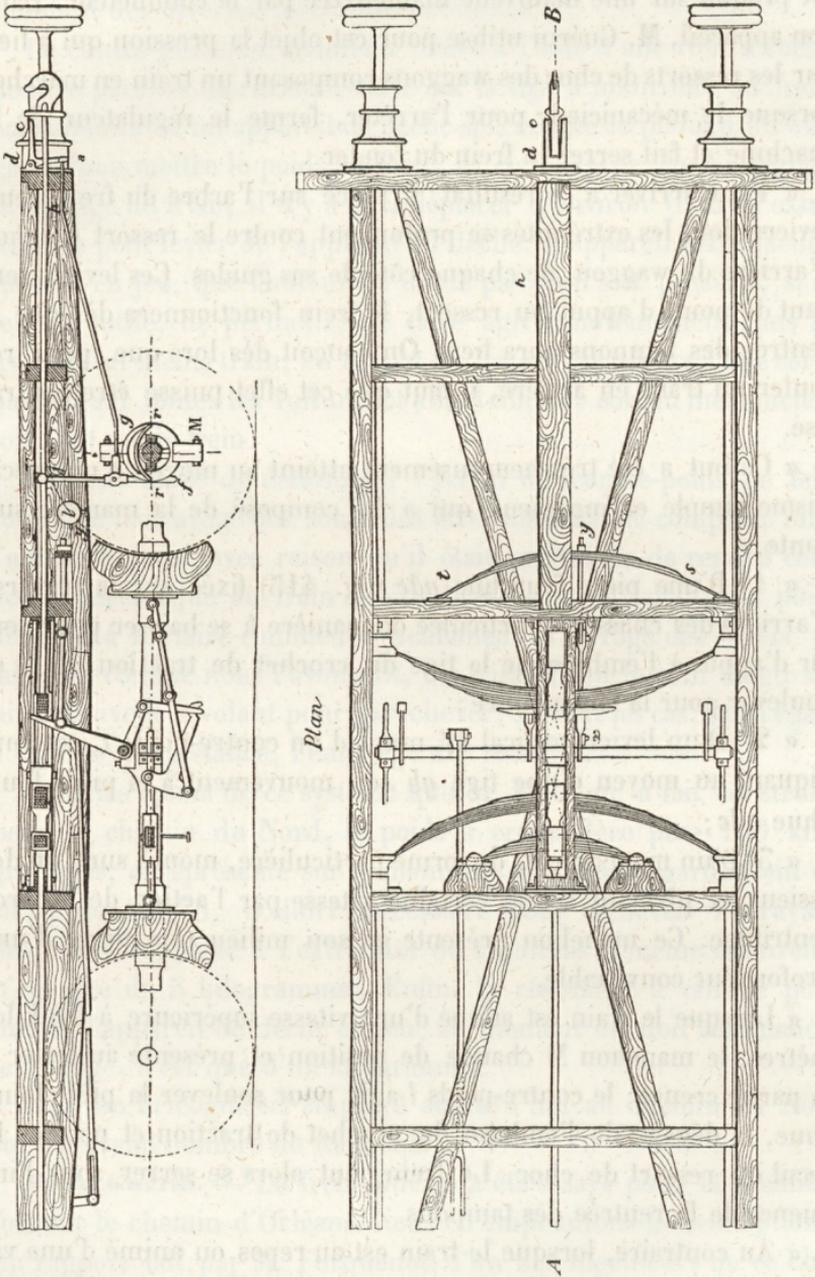


Fig. 415. — Frein automoteur Guérin.

présente au levier *bf* son plus grand diamètre ; il laisse ainsi la pièce fourchue *adc* intercalée entre la traverse du châssis et l'embase de la tige de traction. Cette pièce sert alors d'appui au ressort de choc, qui peut remplir ses fonctions ordinaires sans transmettre aucun mouvement au frein.

« Pour compléter l'appareil, il a été placé un ressort de rappel *st*, fixé au moyen d'une tige *xy* à l'un des leviers de l'arbre du frein. Ce ressort, composé de trois feuilles à une tension initiale de 4 à 500 kilogrammes, a pour but de ramener à sa place le ressort de choc en desserrant le frein. Il empêche aussi que la rentrée des tampons, et, par conséquent, l'action du frein, ait lieu sous une faible pression, comme cela pourrait arriver lorsqu'un train descend une rampe sans vapeur.

« Il y a lieu de remarquer, en outre, que rien n'est modifié dans la manœuvre ordinaire du frein au moyen de sa manivelle, et que l'action de l'appareil automoteur n'exclut pas celle du garde-frein. On peut parer ainsi aux éventualités qui pourraient se présenter.

« C'est au mois de février 1854 que M. Guérin vint proposer à la compagnie d'Orléans son frein automoteur. Malgré quelques imperfections, il fut jugé applicable. Depuis lors ces imperfections ont été écartées, et il fonctionne régulièrement depuis deux mois. Le parcours qu'il a effectué est d'environ 2,500 kilomètres ; le nombre d'arrêts qu'il a exécutés est de 7 à 800. Tous se sont produits avec la même exactitude et sans aucune altération visible du mécanisme.

« En marche, dès qu'on commence à serrer le frein du tender, les sabots du frein automoteur s'approchent, et quelques secondes suffisent pour qu'il enraye les roues.

« Lorsque, avant de laisser arrêter le train complètement, on desserre le frein du tender, ou qu'on rend de la vapeur pour laisser continuer la marche, le frein automoteur se desserre à l'instant même, et fonctionne de nouveau dès que le frein du tender recommence à agir.

« Avec un train de huit voitures, marchant à la vitesse de 50 à 55 kilomètres, un seul frein automoteur aidé du tender suffit pour arrêter dans l'espace de 140 à 150 mètres. Il a été reconnu que

quatre voitures suffisent derrière un frein automoteur pour le faire enrayer. On devra, dans la composition des trains, tenir compte de cette nécessité, et par conséquent l'on pourra mettre deux automoteurs dans un train de dix voitures, trois dans un train de quinze voitures, et ainsi de suite.

« Les avantages que présente l'appareil de M. Guérin sont assez évidents, il n'est pas nécessaire de les énumérer. Nous avons la conviction qu'il est appelé à rendre de grands services dans l'exploitation des chemins de fer. »

Le frein Guérin, tel que M. Forquenot l'a décrit, possède évidemment les qualités suivantes, qualités précieuses dans un frein appliqué aux waggons d'un chemin de fer :

1° Il peut être manœuvré par le mécanicien. La pression des sabots est considérable, et l'action du frein énergique, lorsque, en cas de nécessité, le mécanicien ralentit en tête aussi brusquement que possible, par les moyens dont il peut disposer, le frein du *tender* et le renversement de la marche ¹.

Elle est, au contraire, faible, et le mécanicien peut, jusqu'à un certain point, la graduer, si l'arrêt doit se faire doucement et petit à petit, comme cela arrive toutes les fois qu'on aborde une station desservie par le train ;

2° Le mécanicien est maître de la persistance des actions comme de leur intensité ;

3° Le frein Guérin se détend et cesse d'agir lorsque le train est arrêté. Le recul peut se faire sans que le frein agisse ;

4° Il peut être manœuvré à la main comme le frein ordinaire.

5° Il permet de limiter la vitesse sur les fortes pentes.

¹ Le rapporteur d'essais faits, par ordre du gouvernement, sur le frein Guérin, fait observer qu'on exagère souvent les services que peut rendre la contre-vapeur. Elle est fort utile pour arrêter brusquement une machine ou un train qui marche lentement ; mais, à grande vitesse, il ne faut pas trop compter sur elle. Le renversement du levier n'est possible que quand les trains sont soustraits à l'action de la vapeur, de sorte qu'il faut successivement :

1° Fermer le régulateur ;

2° Renverser le levier de changement de marche ;

3° Rendre la vapeur.

Quelque promptitude que le mécanicien y mette, cette manœuvre entraîne une perte de temps fort grave, à grande vitesse.

Le frein Guérin a été expérimenté sur le chemin d'Orléans, par une commission d'ingénieurs de l'État. Trois automoteurs étaient placés immédiatement après le *tender*. La marche avait lieu conformément au tableau de service, c'est-à-dire à la vitesse moyenne effective de 28^k,85 à l'heure.

La commission a constaté :

1° Que le mécanicien gouvernait son train avec une grande facilité, arrêta avec précision, sans hésitation, aux points voulus, et commençait à ralentir en abordant les stations plus tard qu'il ne l'eût fait avec le même nombre de freins manœuvrés par le conducteur ;

2° Que le calage des roues avait lieu presque simultanément pour trois automoteurs successifs, quoique la poussée du train ne pût s'exercer sur le premier qu'en passant par le second et le troisième préalablement calés ;

3° Que l'accumulation en tête de tous les moyens d'arrêt n'entraînait aucune réaction brusque, à tel point que les voyageurs ne s'apercevaient même pas qu'il y eût quelque chose de changé, à cet égard, aux dispositions habituelles ;

4° Que le mécanisme d'embrayage pour le recul fonctionnait d'une manière irréprochable; le mécanicien, ayant, à diverses reprises, reçu l'ordre de dépasser un peu la station, y revenait sans plus de difficultés qu'avec un train pourvu de freins ordinaires.

D'autres essais ont été faits sur le chemin de Paris à Corbeil, avec un train spécial dont on pouvait, à volonté, modérer ou augmenter la vitesse.

Le poids du train brut comprenant celui de la machine et du *tender* étant de 145^t,50, le nombre des freins automoteurs étant de 3, et le poids de ces freins étant de 30^t,52, soit 22,78 p. 100 du train remorqué, on indiquait au mécanicien la vitesse approchée à laquelle il devait marcher. L'uniformité établie, un observateur, muni d'un compteur, notait le temps employé à franchir un certain nombre de poteaux télégraphiques : la vitesse étant connue, on donnait au mécanicien le signal du ralentissement en tête, et on observait le temps écoulé et l'espace parcouru jusqu'à l'arrêt.

EXPÉRIENCES.	VITESSE		PRESSION DANS LA CHAUDIÈRE.	PROFIL DU CHEMIN.	ESPACE PARCOURU.	TEMPS ÉCOULÉ.	OBSERVATIONS.
	PAR SECONDE.	PAR HEURE.					
1	mèt. 16,5	kilom. 60	atm. 8	Palier.	mèt. 390	45"	Rails secs, vent faible.
2	16,5	60	7 1/2	Palier.	400	45"	<i>Id.</i>

	tonnes.
Poids de la locomotive et du tender.	56,18
Poids du train remorqué.	77,17
Poids du train brut	<u>113,35</u>
Nombre des freins automoteurs, 2.	
Poids des freins automoteurs, 20 ^l ,24, soit 26,25 p. 100 du train remorqué.	

Le troisième waggon à frein automoteur de la course précédente faisait également partie du convoi, mais sa position en queue (l'avant-dernier) annulait son action.

Le premier frein automoteur était placé derrière le tender; venaient ensuite trois waggons, puis le second frein, suivi lui-même de trois waggons.

EXPÉRIENCES.	VITESSE		PRESSION DANS LA CHAUDIÈRE.	PROFIL DU CHEMIN.	ESPACE PARCOURU.	TEMPS ÉCOULÉ.	OBSERVATIONS.
	PAR SECONDE.	PAR HEURE.					
1	mèt. 16,5	kilom. 60	atm. 6 1/2	Pente de 0,002.	mèt. 350	35"	Rails secs.
2	16,5	60	6 1/2	Palier.	325	28"	Rails secs.
3	18	65	6	Pente de 0,0005.	275	25"	Rails secs. Contre-vapeur.

Dans ces expériences, sauf la dernière, le mécanicien n'employait, pour ralentir en tête, que les moyens usuels, c'est-à-dire la fermeture du régulateur et le serrage du frein du tender. Dans la dernière il a, de plus, renversé la vapeur.

Attentifs au signal, ayant la main, l'un au régulateur, l'autre à la manivelle du frein, le mécanicien et le chauffeur ne perdaient pas un instant ; la manœuvre était faite avec une promptitude qu'il serait impossible de dépasser, et souvent même difficile d'atteindre dans le service. Les résultats qui précèdent doivent donc être regardés comme la limite de ce que peut donner, dans les circonstances indiquées de vitesse et de composition du train et d'état des rails, l'action automatique des tampons mise en jeu par les moyens de ralentissement tels qu'ils sont aujourd'hui.

Freins automoteurs américains et allemands. — Des freins automoteurs qui ont quelque analogie avec le frein Guérin ont été employés aux États-Unis et en Autriche. Le frein américain, qui ne nous est qu'imparfaitement connu, paraît satisfaire aux mêmes conditions que le frein Guérin.

Quant au frein allemand, inventé par M. Reiner, il présente ce grave inconvénient de nécessiter un déclenchement opéré à la main, waggon par waggon, après l'arrêt.

Certains freins (le frein bavarois, par exemple, et le frein de M. Cochot) portent le nom de *freins de détresse*, parce que, le travail de serrage étant produit par le déclenchement d'un poids, leur effet est invariable ; ils donnent tout ou rien. Ces freins, tout à fait impropres aux conditions du service courant, ne dispensent pas de l'emploi des freins ordinaires. Un appareil de sûreté de ce genre, introduit uniquement en vue d'éventualités heureusement fort rares, ne sauraient avoir notre approbation.

Il ne faut pas confondre avec les *freins de détresse* le frein Bricogne, bien que le serrage ait lieu, comme dans ceux-ci, à l'aide du déclenchement d'un poids. Il ne faut pas oublier que, dans le frein Bricogne, l'usage du poids n'a pour objet que de faciliter l'action du garde-frein, mais qu'elle ne dispense pas de cette action. Le frein Bricogne répond, comme les freins ordinaires, à toutes les exigences du service courant.

Chaufferettes. — On emploie pour le chauffage des voitures de 1^{re} classe des caisses en métal remplies d'eau bouillante. Au chemin de Rouen, elles sont carrées et logées sous les pieds des voyageurs dans des compartiments spéciaux ménagés au bas des caisses des

voitures. Aux chemins d'Orléans, du Nord, de Lyon et de Strasbourg, on se sert de caisses cylindriques rondes ou ovales posées simplement sur le plancher. Ces caisses sont en tôle rivée et enveloppées d'un tapis en moquette. Les chaufferettes carrées se déforment facilement et se refroidissent vite. Les pieds ne touchent les chaufferettes rondes que par une arête. On les remplace au chemin de Strasbourg par des chaufferettes elliptiques.

MATÉRIEL ARTICULÉ DE M. ARNOUX.

Après avoir décrit le matériel en usage sur toutes nos grandes lignes, nous devons faire connaître celui qui est employé par M. Arnoux sur le chemin de fer de Sceaux, et au moyen duquel on passe librement dans les courbes du plus petit rayon. Nous dirons par quelles raisons on n'a pu, jusqu'à présent, l'appliquer avec avantage au service de nos grandes lignes.

Les voitures de M. Arnoux, construites dans l'origine pour le chemin de Sceaux, ont été modifiées essentiellement par M. Arnoux fils. Bien que ces anciennes voitures soient aujourd'hui abandonnées, nous croyons utile d'en reproduire d'abord la description, ne fût-ce que pour ajouter une nouvelle page à l'histoire des découvertes.

Les voitures de M. Arnoux présentaient des dispositions qui diffèrent complètement de celles des waggons ordinaires.

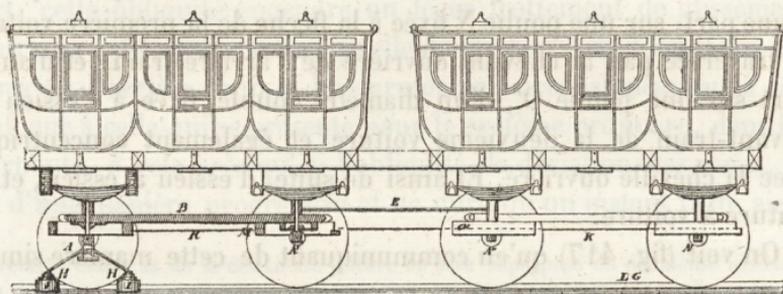
Les trains de ces voitures, dont la construction a une grande analogie avec celle des voitures en usage sur les routes, se composent d'un avant-train et d'un arrière-train semblable au premier (fig. 416). Chaque essieu A, traversé par une cheville ouvrière, n'a que la liberté de tourner horizontalement sur cette cheville. Les roues, montées à boîtes patentes et cylindriques, sont libres sur les fusées.

L'avant-train et l'arrière-train sont réunis par une flèche B traversée par les chevilles ouvrières partant des lisoirs, sur lesquels seraient placés les ressorts.

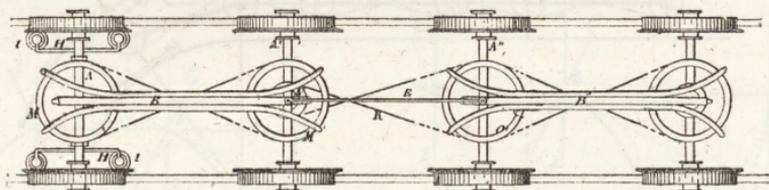
Les voitures sont unies entre elles par une tringle rigide E, traversée par la cheville ouvrière de l'arrière-train de la voiture qui précède et par celle de l'avant-train qui suit.

Sous l'essieu d'avant-train de la première voiture se trouve une

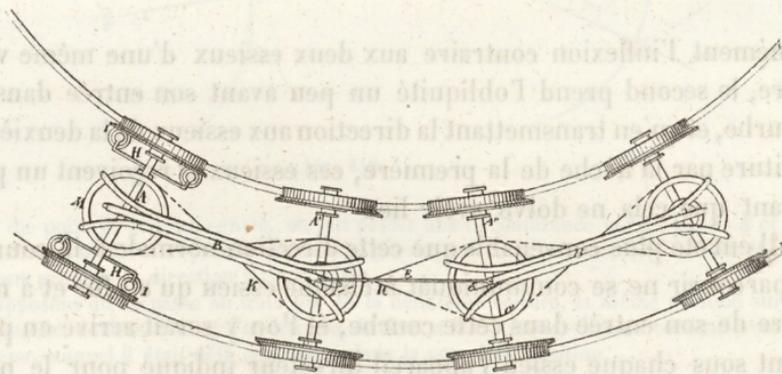
traverse qui passe dans deux brides, lesquelles imposent à l'essieu et à la traverse un parallélisme rigoureux. Cette traverse est terminée à chaque extrémité par une fourche dont les branches H,



A



B



C

Fig. 416. — Voiture Arnoux, ancien système.

descendant à la hauteur des rails, portent quatre galets I qui touchent à peine les rails et donnent sans effort à cette traverse, et par suite à l'essieu, la direction normale au chemin.

De cet essieu A la direction symétrique est communiquée à l'essieu A' de la même voiture au moyen d'une chaîne K croisée et pas-

sée sur deux poulies *M* fixées à chaque essieu et d'égal diamètre.

De la première à la seconde voiture la traction s'opérant par la tringle *E*, la direction est communiquée au premier essieu *A''* de cette deuxième voiture par une chaîne croisée *K*, laquelle passe, d'une part, sur une poulie *N* fixée à la flèche de la première voiture et traversée par la cheville ouvrière de l'arrière-train, et d'autre part sur une poulie *O'*, d'un diamètre double, fixée à l'essieu de l'avant-train de la deuxième voiture et également concentrique avec la cheville ouvrière. Et ainsi de suite, d'essieu à essieu, et de voiture à voiture.

On voit (fig. 417) qu'en communiquant de cette manière simul-

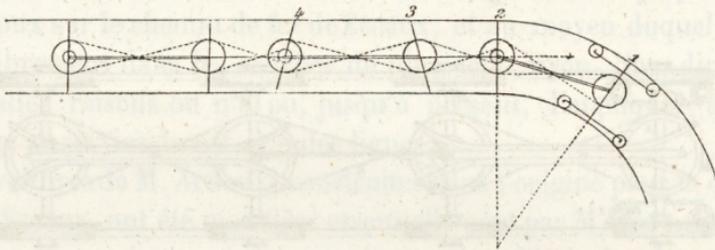


Fig. 417. — Position des essieux dans l'ancien système.

tanément l'inflexion contraire aux deux essieux d'une même voiture, le second prend l'obliquité un peu avant son entrée dans la courbe, et qu'en transmettant la direction aux essieux de la deuxième voiture par la flèche de la première, ces essieux la reçoivent un peu avant que cela ne doive avoir lieu ⁴.

Il eût été plus convenable que cette direction normale à la courbe à parcourir ne se communiquât à chaque essieu qu'au fur et à mesure de son entrée dans cette courbe, et l'on y serait arrivé en plaçant sous chaque essieu l'appareil directeur indiqué pour le premier des essieux du convoi; mais, outre que cela eût compliqué considérablement le système, on eût perdu l'avantage de la solidarité d'essieu à essieu et de voiture à voiture.

⁴ La note suivante fournit la démonstration du principe sur lequel est fondé le mode de transmission du mouvement.

Soit *ab* (fig. 418) la flèche qui unit les deux essieux *tt* et *ss* d'une voiture, soit *bc*, la flèche d'une deuxième voiture avec ses essieux *ss* et *tt*.

Supposons un instant qu'il soit possible de supprimer l'espace qui sépare les voitures,

« L'obliquité dont il s'agit, dit M. Poncelet dans un rapport à l'Académie, soulève contre le système Arnoux une objection que nous avons cru devoir signaler, et qui consiste en ce que, d'une part, cette obliquité engendre un léger frottement de glissement contre les rails, d'une autre, qu'elle donne lieu à une tendance des roues de l'arrière-train à les surmonter; circonstance tout à fait analogue à celle qui se présente pour le système ordinaire, dans les tournants, à cela près qu'ici l'obliquité, la déviation des roues, se fait d'une manière progressive et ne dure qu'un instant pour ainsi

le premier essieu ss de la deuxième voiture bc sera superposé au deuxième essieu ss de la deuxième voiture ab ; dans cette position, les deux voitures sont en ligne droite, tous les essieux sont perpendiculaires aux flèches.

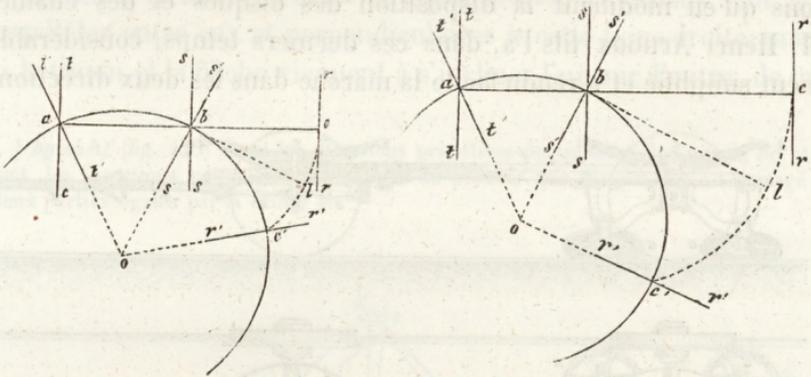


Fig. 418.

Si du point o , comme centre, on fait passer une circonférence par les points a et b , et si l'on considère la première voiture placée sur cette courbe, les essieux tt , ss , devront prendre la direction $t't'o$ et $s's'o$.

Supposons qu'on passe au train bc , de la deuxième voiture, la même position sur la courbe, bc devient $b'c'$ et l'essieu sbs devient $s'b's'$, c'est-à-dire se confond avec le premier, auquel il était déjà superposé dans la première position.

Si, au point b , on mène la tangente bl , on trouve que dans ce mouvement l'essieu bs a décrit un angle sbs' égal à l'angle cbl ; mais l'angle cbl est la moitié de l'angle cbc' décrit par la flèche de la deuxième voiture, et, comme d'ailleurs cette direction ne peut varier, quelle que soit la distance qui sépare les deux voitures, il en résulte que si l'on considère deux voitures consécutives, et qu'on suppose qu'au moment où la première entre dans une courbe elle puisse communiquer aux essieux de la voiture qui la suit un angle moitié de celui que décrit la flèche, ou l'axe de cette première voiture, les essieux de la deuxième auront pris une position normale à la circonférence.

Dans le cas où les flèches des voitures n'auraient pas la même longueur (fig. 418), ab étant la première et bc la deuxième, on trouverait que les angles décrits par les essieux seraient aux angles décrits par les flèches :: $cbl : cbc'$.

dire imperceptible ; car sa période d'accroissement et de décroissement se trouve accomplie, pour chaque voiture, aussitôt que l'arrière-train atteint, à son tour, la portion courbe du chemin : elle n'a jamais lieu que pour trois essieux consécutifs du convoi, et elle ne se reproduit, en sens inverse, que quand les avant-trains quittent successivement la direction curviligne de ce chemin pour rentrer dans une portion rectiligne. Enfin, ces déviations, toujours fort légères, résultat nécessaire du changement brusque de courbure de la voie, peuvent être atténuées à volonté, au moyen d'un tracé convenable. »

Le système Arnoux, tel que nous venons de le décrire, ne laisse pas que d'être assez compliqué, et ne permet de marcher à reculons qu'en modifiant la disposition des disques et des chaînes. M. Henri Arnoux fils l'a, dans ces derniers temps, considérablement simplifié et a rendu facile la marche dans les deux directions.

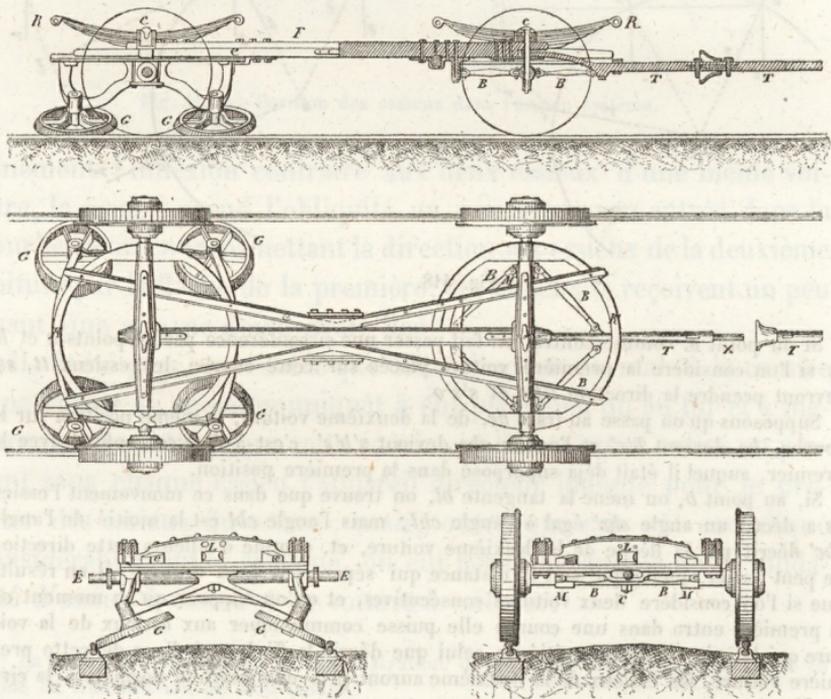


Fig. 419. — Système Arnoux modifié.

Dans ce nouveau matériel, les galets directeurs, les essieux et

les roues mobiles, ainsi que les timons rigides, ont été conservés; mais les chaînes croisées et les disques qu'elles enveloppaient ont été supprimés; chaque essieu est dirigé par un appareil très-simple, représenté figure 419¹.

MM sont des manchons qui enveloppent les essieux en glissant sur eux dans le sens de l'axe.

BB représentent quatre bielles égales entre elles, disposées en losange dans le plan horizontal qui passe par l'axe de l'essieu et de manière que celui-ci en forme une des diagonales.

Ces bielles sont fixées à charnière par leurs extrémités, savoir : les deux intérieures à la flèche et aux manchons MM, les deux extérieures aux mêmes manchons et au timon T.

Le timon et la flèche étant en ligne droite, les essieux sont tous parallèles entre eux et perpendiculaires à cette ligne droite; mais, si le timon et la flèche viennent à s'incliner l'un sur l'autre, de ma-

¹ bg et hf (fig. 420) étant les directions primitives du timon et de l'essieu, ba et bc sont les directions nouvelles. Il est facile de prouver que l'angle dba est partagé en deux parties égales par la droite bc .

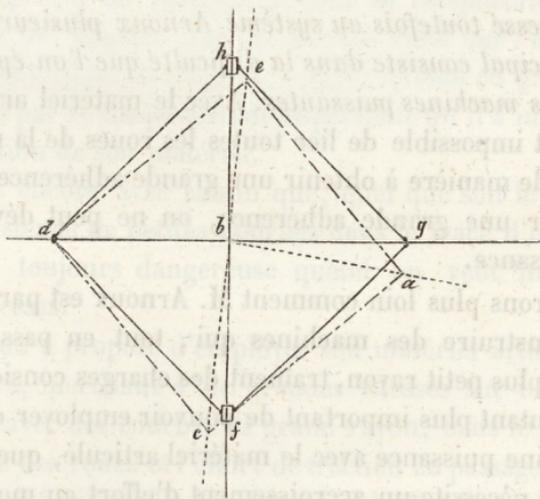


Fig. 420.

En effet, bc est un côté commun aux deux triangles bac , et bcd $ba = bg = bd$, et ae , côté du parallélogramme, $= de$, autre côté; donc les deux triangles bac et bcd ont les côtés égaux, donc ils sont superposables; donc l'angle $cba =$ l'angle dbc , c. q. f. d

On prouverait également sans difficulté que l'angle $gba =$ deux fois l'angles fbc .

nière à former un angle quelconque, ce qui arrivera quand on parcourra une courbe, l'essieu divisera cet angle en deux parties égales, comme l'indique la figure 421.

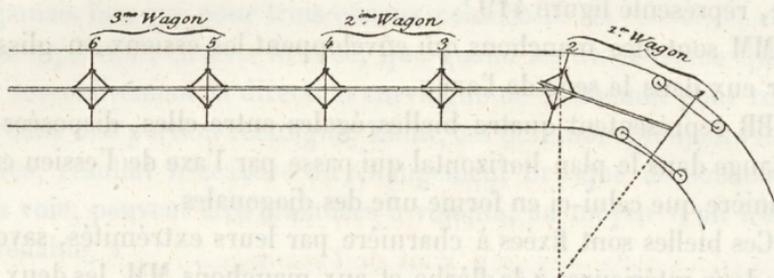


Fig. 421. — Position des essieux dans le nouveau système.

Cette direction sera normale à la courbe parcourue; condition nécessaire pour éviter les frottements de glissement et les chances de déraillement.

Le système Arnoux est certainement le plus remarquable qu'ait produit dans ces derniers temps le génie des inventeurs appliqué aux chemins de fer, et l'Académie en a dignement récompensé l'auteur en lui accordant le grand prix de mécanique.

On a adressé toutefois au système Arnoux plusieurs reproches, dont le principal consiste dans la difficulté que l'on éprouve à l'appliquer à des machines puissantes. Avec le matériel articulé, en effet, il paraît impossible de lier toutes les roues de la machine par des bielles, de manière à obtenir une grande adhérence, et, ne pouvant obtenir une grande adhérence, on ne peut développer une grande puissance.

Nous verrons plus loin comment M. Arnoux est parvenu récemment à construire des machines qui, tout en passant dans les courbes du plus petit rayon, traînent des charges considérables.

Il est d'autant plus important de pouvoir employer des machines d'une certaine puissance avec le matériel articulé, que la solidarité des voitures nécessite un accroissement d'effort au moment du départ.

Voici comment s'exprime le rapporteur de l'Académie au sujet de cette solidarité :

« Quoique le motif fondé sur l'influence de l'inertie, lors du pre-

mier ébranlement, n'ait d'importance que sous le rapport de la durée plus ou moins grande de l'action motrice et quoique les expériences de Coulomb, confirmées depuis par celles de M. Morin, tendent à prouver que le frottement des substances métalliques est le même à l'instant du départ qu'à l'état de mouvement, on doit cependant admettre que le système des waggons, par suite de la flexibilité et des inégalités de la voie, ou d'une cause d'adhérence accidentelle quelconque, peut, dans beaucoup de cas, offrir une résistance initiale moyenne, supérieure à la résistance moyenne, même en y comprenant celle de l'air, et sous ce point de vue nous accordons volontiers qu'il y ait de l'avantage à rendre les voitures indépendantes au moyen de chaînes de tirage. »

Toutefois l'attelage au moyen de chaînes présenterait, suivant le savant auteur du rapport, des inconvénients plus graves encore, et l'on ne saurait objecter sérieusement au système Arnoux l'emploi des barres rigides. Les praticiens ne partagent pas tout à fait cette opinion ; ils ont, à la vérité, renoncé aux chaînes, mais ils les ont remplacées par les tendeurs décrits page 206, et non par des barres rigides.

On a reproché au système Arnoux sa complication et la gêne qui pouvait en résulter pour le service ainsi que l'accroissement des frais d'entretien. M. Arnoux a déjà répondu en grande partie à ce reproche par la simplification importante qu'il a introduite dans la construction de son matériel.

On a dit encore avec raison que, quel que soit le système employé, l'existence de petites courbes dans le tracé d'un chemin de fer devient toujours dangereuse quand on veut marcher à de grandes vitesses.

M. Arnoux a proposé d'employer son matériel articulé pour les trains légers, marchant à de grandes vitesses sur les lignes déjà construites avec des courbes de grand rayon, dans le but de diminuer l'usure des roues et l'effort de traction au passage des courbes. L'essai en a été fait sur le chemin de fer du Nord, et sur celui d'Orléans ; il a été observé dans cet essai au chemin de fer d'Orléans : 1° que les voitures de ce système étaient moins douces que les autres, que l'attelage rigide nuisait à la souplesse du mouvement des

véhicules, et, de plus, que la disposition de la rondelle en bronze qui seule fixe les boîtes, et par suite les roues sur l'essieu, est une source de chauffages et de dangers, puisque cette pièce, faite de demi-circonférences réunies entre elles par des boulons, peut se rompre, et, en tout cas, donne lieu à un frottement assez considérable.

2° Que les fusées fixes, ne s'usant que sur l'une de leurs génératrices et fonctionnant à l'inverse de ce qui se passe aujourd'hui, devront être trop fréquemment retouchées, que les pertes d'huile sont constantes, et qu'il n'existe aucun moyen de s'assurer que les fusées sont bien lubrifiées.

On a dit enfin qu'un semblable système ne pouvait être appliqué à un grand nombre de waggons, puisqu'il est impossible de s'assurer de l'état des pièces qui le composent sans passer sous le waggon pour les examiner.

M. Delannoy, ancien élève de l'École centrale, ingénieur du chemin de Sceaux, a corrigé une partie des défauts que nous venons de signaler de la manière suivante :

Les deux dernières rondelles ont été supprimées, comme l'indique la fig. 422; la roue se trouve maintenant sur son essieu entre le collet C et la rondelle fixe K, contre laquelle vient se fixer l'écrou E; cette roue est donc parfaitement encastrée et roule librement sur sa fusée.

Quant à ce qui est du système de graissage, M. Delannoy y a remédié au moyen du réservoir C venu dans l'écrou, lequel est mis en communication avec la fusée par le trou B.

Perpendiculairement et au-dessus du conduit B sont percés deux autres trous *b* et *b*, destinés à livrer le passage libre aux mèches H et H. La partie supérieure de la fusée A est légèrement évidée pour recevoir une bande de feutre E, laquelle est maintenue sur la fusée à l'aide de vis; de plus, un petit ressort l'oblige à venir frotter la boîte.

Le réservoir C est au niveau de la fusée, de telle sorte qu'il n'y a charge d'huile dans aucun cas, et par suite aucune perte dans l'alimentation par les joints extérieurs, l'huile ne pouvant jamais s'élever plus haut que la face supérieure de la fusée. Si donc on remplit

d'huile le réservoir, celle-ci arrive par les conduits au feutre, lequel se trouve spontanément imbibé, puisque le niveau du réservoir et

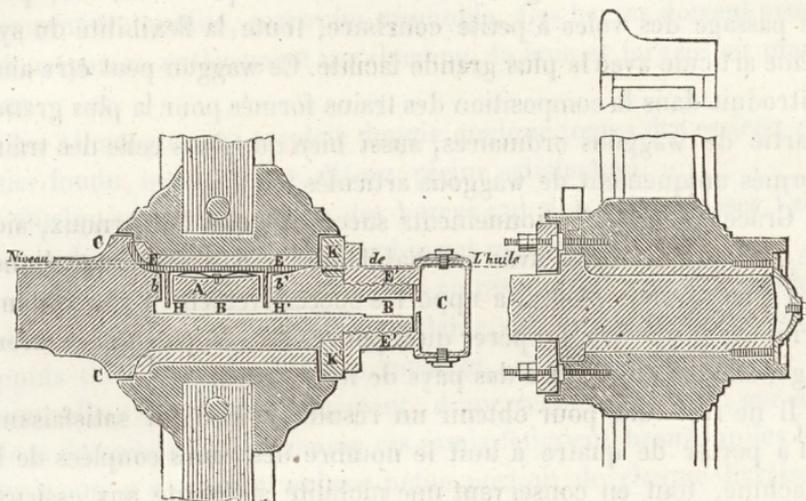


Fig. 422.

celui de la fusée sont sur la même ligne horizontale, d'où résulte un graissage à la fois rapide et sûr.

Le système Arnoux a sur le système américain, qui permet également de passer dans les courbes de petit rayon, l'avantage de se prêter à de grandes vitesses, incompatibles avec le système américain. On pourrait par conséquent, sur des lignes de premier ordre, qui traversent des pays de montagnes au moyen de courbes de très-petit rayon, comme celle de Vienne à Trieste, employer le système Arnoux, en marchant à grande vitesse dans la plaine, et à petite vitesse au passage des montagnes.

Mais encore faudrait-il, dans ce cas, que le convoi ne renfermât que des waggon articulés, ce qui serait une grande sujétion. M. Arnoux, au moment où nous allions mettre sous presse, a bien voulu nous donner connaissance d'un nouveau modèle de waggon¹,

¹ Nous donnerons, dans l'Appendice, la description complète de ces waggon, dont nous ne possédons pas encore les dessins, et ferons mention d'expériences qui viennent d'être faites sur le chemin de Sceaux par M. Bertera, pour marcher dans de petites courbes avec des essieux parallèles et des roues mobiles sur l'essieu.

dont on rend les essieux parallèles et le tampons mobiles, comme les essieux et tampons des waggons ordinaires, pour le service sur les voies ordinaires à grandes courbes, et auquel on donne, pour le passage des voies à petite courbure, toute la flexibilité du système articulé avec la plus grande facilité. Ce waggon peut être ainsi introduit dans la composition des trains formés pour la plus grande partie de waggons ordinaires, aussi bien que dans celle des trains formés uniquement de waggons articulés.

Grâce à ces perfectionnements successifs que M. Arnoux, aidé de ses collaborateurs, avec une habileté et une persévérance dignes des plus grands éloges, a apportés successivement à son système primitif, il y a lieu d'espérer qu'il pourra être employé avec avantage, surtout au passage des pays de montagnes.

Il ne resterait, pour obtenir un résultat tout à fait satisfaisant, qu'à porter de quatre à huit le nombre des roues couplées de la machine, tout en conservant une mobilité suffisante aux essieux. MM. Arnoux et Polonceau s'occupent de ce problème et sont sur la trace d'une solution.

CAHIERS DES CHARGES POUR LA FABRICATION DES VOITURES.

Les cahiers des charges pour la fabrication des voitures doivent contenir, en ce qui concerne l'exécution des modèles, les réceptions, les garanties, les paiements, la défense de sous-traiter, et la constitution d'un tribunal arbitral en cas de contestation, les mêmes clauses que les cahiers des charges pour les rails, pour les coussinets, pour les changements de voie et pour les plaques tournantes.

Il nous reste à passer en revue les différentes conditions qui leur sont particulières.

La fabrication des roues, des essieux, des ressorts, des châssis et des caisses de voitures, n'est pas ordinairement confiée à un seul et même établissement.

Les roues, les essieux et les boîtes à graisse proviennent des forges et des fonderies, tandis que le châssis, la caisse et quelquefois les ressorts des voitures de voyageurs sont commandés aux grandes carrosseries.

Quant aux caisses de waggons de terrassement ou de waggons

de marchandises, elles peuvent être fabriquées avec économie et toute la perfection désirable par de simples charpentiers.

Essieux. — Les essieux doivent être composés de barres de fer de première qualité, corroyées ensemble. Ces barres doivent avoir été préparées entièrement au charbon de bois et forgées au marteau.

En Allemagne, on emploie depuis quelque temps des essieux en acier fondu, qui donnent, dit-on, pleine satisfaction.

Quelques-unes au moins des barres qui doivent composer l'essieu et les essieux eux-mêmes subissent une épreuve.

Souvent on essaye les essieux des voitures employées sur les chemins de fer comme ceux de l'artillerie, soit en les posant sur des appuis dont l'écartement est constant, et en laissant tomber la barre elle-même horizontalement, d'une certaine hauteur, sur des blocs de métal; mais, comme ces essais fatiguent beaucoup les essieux, on n'y soumet qu'une petite portion de chaque livraison prise au hasard, et l'on ne saurait employer, sans quelque imprudence, les essieux ainsi éprouvés.

Sur le chemin de fer de Paris à Strasbourg, on procède différemment : chaque essieu étant forgé avec un excédant de longueur de 25 à 50 centimètres, on rogne les bouts en les entaillant à froid, de manière à en déterminer la rupture, et on les brise au marteau. Par ce moyen, on peut, non-seulement apprécier la résistance du fer, mais encore en examiner la texture et s'assurer de sa qualité.

Ces fragments, marqués au nom du fabricant et au numéro de l'essieu dont ils proviennent, sont conservés comme pièces justificatives de la bonne qualité des fers employés et comme moyens d'observations ultérieures. On a quelquefois trempé les fusées en paquet, mais on y a renoncé parce qu'elles devenaient alors trop fragiles.

Coussinets. — En Prusse on emploie des coussinets de compositions très-variées. Ainsi sur les chemins de Berlin-Potsdam, Breslau-Fribourg, Aix, Maëstricht et Cologne-Minden, on se sert de coussinets en métal rouge dont la composition est de 74 à 80 pour 100 de cuivre allié avec de l'étain et même quelquefois avec du plomb et du zinc.

D'autres chemins, tels que ceux de Westphalie, Magdebourg, Halberstadt, Saarbrück, Aix, Dusseldorf et Berg-Mark, ont conservé pour les véhicules qui sont chargés de plus de 3,75 tonnes les coussinets en composition rouge et adopté pour les waggons d'une moindre capacité l'alliage blanc avec 75 à 85 pour 100 d'étain, 5 à 11 pour 100 de cuivre et de 10 à 17 pour 100 d'antimoine.

Enfin des chemins en assez grand nombre, ceux de Berlin-Anhalt, Silésie supérieure, Neisse à Bing, Magdebourg-Leipzig-Rhénan, raccordement de la Silésie inférieure, Silésie inférieure, Mark, donnent la préférence au métal blanc pour toutes les charges, la proportion d'étain variant de 82 à 91 pour 100, celle de cuivre de 3 à 6 pour 100, et celle d'antimoine de 6 à 12 pour 100. L'alliage préféré contient 85 d'étain, 5 de cuivre et 10 d'antimoine.

Les coussinets qui ont le plomb pour base ont été employés sur cinq chemins de fer, et paraissent se bien comporter quand ils sont maintenus dans un état de lubrification satisfaisant, mais ils souffrent aussitôt qu'ils marchent à sec et ont été souvent remplacés par une composition à base d'étain.

Le plomb est préféré à l'étain pour les faibles charges, l'étain est conservé pour les charges plus fortes.

La plupart des alliages de plomb contiennent de 80 à 85 pour 100 de plomb et de 15 à 20 pour 100 d'antimoine.

Au chemin de Berlin-Hambourg on se sert d'un alliage renfermant 20 pour 100 d'étain, 60 pour 100 de plomb et 20 pour 100 d'antimoine; au chemin de Berlin-Stettin d'un alliage composé de 42 pour 100 de plomb, 42 pour 100 d'étain et 16 pour 100 d'antimoine.

Un seul chemin, celui d'Aix à Maëstricht, possède des coussinets en cuivre doublés de métal blanc.

Il est essentiel, lorsqu'on emploie du bronze pour les coussinets, de le soumettre à l'analyse. Nous avons indiqué plus haut quelle devait être sa composition.

Boîtes à graisse. — Les boîtes à graisse doivent être en fonte de bonne qualité et parfaitement semblables au modèle fourni par l'ingénieur au fabricant.

Roues. — Les roues doivent être parfaitement centrées sans le

secours des clavettes, ce qui ne peut se faire qu'autant que le moyeu est alesé.

On reconnaît à la réception que les roues tournent bien rond, en posant l'essieu sur deux coussinets fixes, le faisant tourner, et plaçant une pointe fixe à une petite distance de la roue.

Si la roue est bien centrée, cette distance doit rester invariable.

On reconnaît de la même manière, en plaçant le style fixe derrière la roue et perpendiculairement à son plan, que ce plan n'incline dans aucun sens sur la direction de l'essieu.

L'ingénieur doit se montrer extrêmement sévère sur la qualité du fer dont est composé le cercle à rebords ou bandage. Pendant longtemps il a été difficile de s'en procurer qui joignit la dureté à la ténacité nécessaire.

Plusieurs usines en fabriquent maintenant d'excellente qualité; mais on leur préfère assez généralement les bandages en acier puddlé ou en acier fondu. Anciennement tous les bandages étaient recourbés sur les roues et soudés à leurs extrémités. Aujourd'hui MM. Petin et Gaudet les livrent sous forme de cercle du diamètre de la roue sur laquelle on les emmanche.

On a exigé que les bandages fussent tournés à l'intérieur aussi bien qu'à l'extérieur, afin qu'ils s'appliquassent bien exactement sur le faux cercle; mais on les fabrique aujourd'hui avec une telle précision, qu'il est devenu inutile de les tourner intérieurement.

L'ingénieur doit fixer son attention sur le plus ou moins de soin apporté dans l'assemblage du bandage avec le cercle intérieur au moyen des rivets. Nous avons vu sur un grand nombre de roues des cercles se détacher, parce que les rivets n'étaient pas suffisamment coniques, ou parce qu'ils ne l'étaient pas sur toute l'épaisseur du cercle.

Quand les roues sont envoyées de l'usine calées sur les essieux, il faut s'assurer que le calage a été fait avec soin. Des roues mal calées peuvent, en se détachant de l'essieu, occasionner de graves accidents.

L'alesage du moyeu et le tournage de l'essieu doivent être faits sur calibre avec la plus rigoureuse exactitude; le serrage doit être tel, qu'il faille un effort d'environ 40,000 kilogrammes pour faire

pénétrer l'essieu dans le moyeu. Les clavettes sont, dans ce cas, à peu près inutiles.

Les roues jumelles, c'est-à-dire celles qui sont portées par un même essieu, doivent être exactement du même diamètre.

On pourrait admettre une différence de diamètre dans les roues portées par des essieux différents ; toutefois il convient d'exiger que toutes les roues sans exception soient rigoureusement du même diamètre, afin que des roues fixées sur un essieu puissent servir, au besoin, comme roues de rechange pour d'autres essieux.

Il importe que la conicité des roues soit bien telle que l'ingénieur l'a prescrite, et qu'elle soit exactement la même pour toutes les roues.

Un seul et même gabarit en tôle (fig. 425) peut servir à mesurer l'inclinaison des jantes et à constater que l'écartement des roues jumelles est invariable.

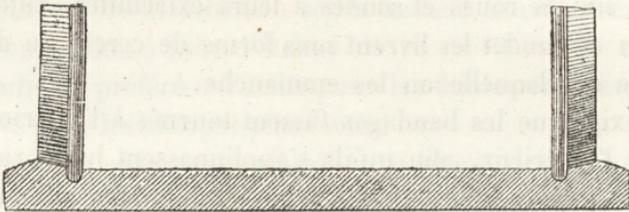


Fig. 425. — Gabarit pour le calage des roues.

Les roues en fer montées sur leurs essieux, avec bandages ordinaires de bonne qualité, valent aujourd'hui 0^f,75 le kilogramme.

Une boîte à graisse, avec les fusées très-grandes, vaut actuellement de 25 à 50 francs.

Ressorts. — La bonté des ressorts dépend essentiellement de la qualité de l'acier employé, du choix judicieux des formes et de leur bonne exécution. La construction des ressorts étant maintenant concentrée dans quelques maisons importantes et offrant des garanties sérieuses, l'ingénieur devra se borner à fixer les conditions de flexibilité, de charge et de longueur à remplir par chaque ressort, et à imposer aux fabricants des pénalités assez sévères pour le cas de mauvaises fournitures. Les ressorts en acier fondu

se vendent aujourd'hui à Paris 1^f,50 le kilogramme. Il n'y a pas dix ans que ceux en acier de cémentation valaient 2^f,40.

On essaye les ressorts en les redressant à froid au moyen d'une presse. Ils doivent, quand ils sont ensuite abandonnés à eux-mêmes, reprendre leur forme primitive, à peu de chose près, lors d'une première épreuve, rigoureusement lors des épreuves suivantes.

Caisses. — S'il convient, pour toute espèce d'objets, de choisir un fabricant qui non-seulement s'engage à les fournir de première qualité, mais qui soit en état de remplir ses engagements, cela est surtout essentiel pour la confection des caisses de voitures.

Nécessité d'employer des bois bien secs. — La parfaite siccité des bois étant une des premières conditions du bon établissement du matériel, c'est aux carrosseries pourvues de dépôts anciens et considérables que l'on doit exclusivement s'adresser pour cette construction.

Malheureusement les délais de livraison sont en général si courts et les échantillons de bois varient tellement d'un matériel à un autre, que cette condition est rarement remplie.

Nature des bois. — Pour les châssis, on emploie le bois de chêne; pour le bâti des caisses, les brancards, les pavillons, les montants, le frêne; pour les parcloses et les dossiers, on se sert de grisard, espèce de peuplier blanc de Hollande; pour l'impériale, du même bois ou du sapin.

Quelquefois on emploie le hêtre pour les montants et battants de portières, mais c'est un bois qui exige des soins tout particuliers pour ne pas s'échauffer avant d'être sec. Le meilleur bois pour les châssis de fenêtres est le hêtre. L'acajou se fend trop facilement lorsqu'il n'est pas très-épais.

Depuis quelques années on a, sur certains chemins, remplacé les panneaux en tôle par des panneaux en bois de *teak*, espèce de bois d'acajou. Le *teak* a sur les autres bois l'avantage de ne pas se fendre et de permettre le remplacement de dix à douze couches de peinture par une seule couche de vernis. Mais il est coûteux et on lui reproche d'être cassant et de laisser passer l'eau par les joints. Les ingénieurs sont donc partagés sur la question de savoir s'il convient de le substituer à la tôle.

Caractères des bois secs. — Le bois sec se reconnaît surtout au poids et aussi un peu à la vue. Une sciure légère, fine et poudreuse, est un indice assez certain de siccité. On peut encore apprécier la siccité des bois par le simple toucher d'une poignée de copeaux.

Le chêne, le frêne, l'orme et le grisard doivent avoir de trois à quatre ans de coupe.

On ne se sert guère de noyer que pour les panneaux des voitures de particuliers. C'est un bois qu'il est très-difficile de se procurer suffisamment sec.

Il faut qu'il ait cinq ou six ans au moins d'abattage.

Au chemin d'Aix-la-Chapelle, on a employé, pour la construction des voitures, des bois d'une année de coupe seulement séchés à la vapeur ; mais le bois ainsi préparé perd toujours de sa ténacité.

Les bois doivent être débités en plateaux le plus longtemps possible avant d'être mis en œuvre.

Il convient aussi de laisser les voitures montées en blanc exposées à l'air pendant un certain temps avant de poser la peinture. L'ingénieur doit d'ailleurs exiger qu'elles lui soient présentées d'abord dans cet état, afin qu'il puisse en reconnaître aisément les défauts.

Tôle employée pour les panneaux. — La tôle des panneaux n'a souvent qu'un demi-millimètre d'épaisseur. Au chemin de Strasbourg à Bâle, toutefois, on a trouvé que, le dressage de la tôle mince valant plus que la matière, il y avait économie à employer des tôles de plus d'un millimètre.

La tôle préférée à Paris pour les panneaux est de l'espèce dite tôle anglaise dans le commerce.

Peinture des caisses. — Les caisses de voitures sont ordinairement recouvertes de cinq à sept couches d'apprêt : d'une couche de gris, de deux couches de teinte, d'un glacis à la laque carminée, de deux couches de vernis à polir et de deux couches de vernis à finir.

Il est très-important de ne poser une nouvelle couche de peinture que lorsque celle qu'elle doit recouvrir est déjà parfaitement sèche.

Le temps nécessaire pour sécher chaque couche est très-variable : il dépend de la saison et de l'exposition des ateliers.

La peinture ne peut être bonne qu'autant que la céruse qui en forme la base est de première qualité.

Il faut aussi que la peinture proprement dite soit convenablement choisie. Ainsi le vert-de-gris est préféré au vert de Scheele; pour les teintes jaunes, on emploie le jaune de chrome, soit orangé, soit jaune clair; pour toutes les teintes bleues, le bleu de Prusse; pour les teintes brunes, le rouge de Van Dyck mélangé, suivant les teintes, de noir d'ivoire, de terre d'ombre ou de terre de Cologne, avec jaune d'ocre ou terre de Sienne.

On peut exiger du fabricant qu'il garantisse que la peinture des voitures se conservera pendant huit mois au moins sans gerçures.

Il importe, pour que le fabricant ait le temps de débiter et de laisser sécher les bois et les couches de peinture, que les voitures soient commandées six mois d'avance au moins.

Il convient aussi que les voitures soient fabriquées, s'il est possible, plutôt en été qu'en hiver.

Les voitures en bois de teak sont seulement vernies; c'est là un grand avantage, car, quand elles en trenten réparation, les voitures en bois ordinaire et tôle exigent souvent plus de temps pour les raccords de peinture que pour la réparation proprement dite.

Nature des fers. — Les ferrures du châssis doivent être de bonne qualité; mais il n'est pas indispensable que toutes les pièces soient en fer fabriqué au charbon de bois et au marteau, comme l'exige le cahier des charges pour les voitures de plusieurs chemins de fer. Il serait tout au plus nécessaire d'imposer cette condition au fabricant pour la partie des ferrures la plus exposée à la fatigue.

Les chaînes d'attelage doivent être en bon fer à câble.

Nature du crin et quantité. — La quantité de crin pour chaque caisse d'une diligence peut être réduite à 55 ou 60 kilogrammes, moyennant certaines dispositions intérieures qui consistent à soutenir la garniture par de fortes toiles tendues énergiquement.

Le crin doit être de première qualité, coûtant de 3^f,50 à 4 fr. le kilogramme à Paris.

Dans les voitures de 2^e classe, on remplace quelquefois en grande partie le crin par des étoupes ou du crin végétal.

Drap. — Sur plusieurs chemins des environs de Paris, le drap que l'on a préféré pendant longtemps pour garnir les diligences est le drap d'Elbeuf bleu bien serré, coûtant de 12 à 14 francs le mètre. Ce drap est sujet à blanchir.

Maintenant on emploie de préférence le drap noisette, dont la couleur est plus agréable, moins sujette à s'altérer, et dont le prix n'est que de 11 à 12 francs le mètre.