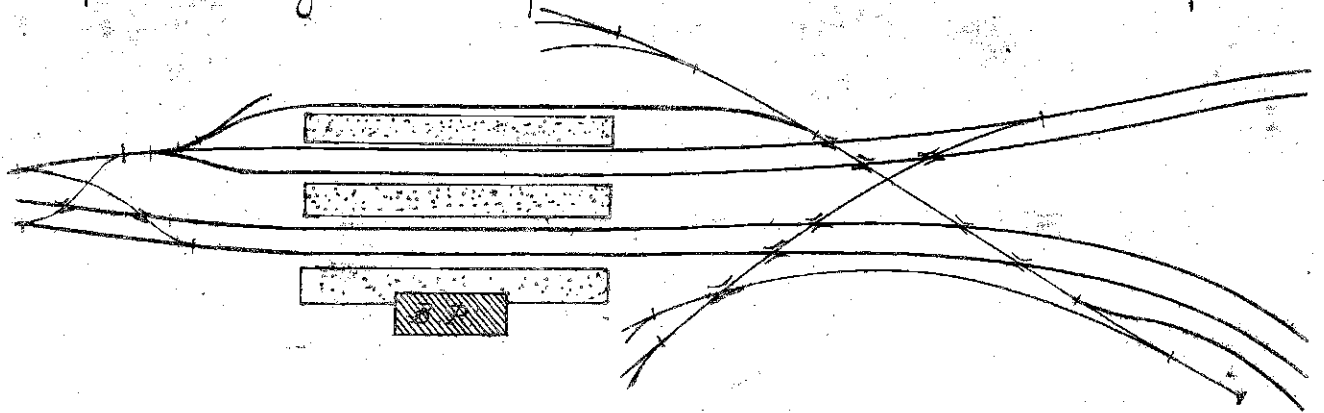
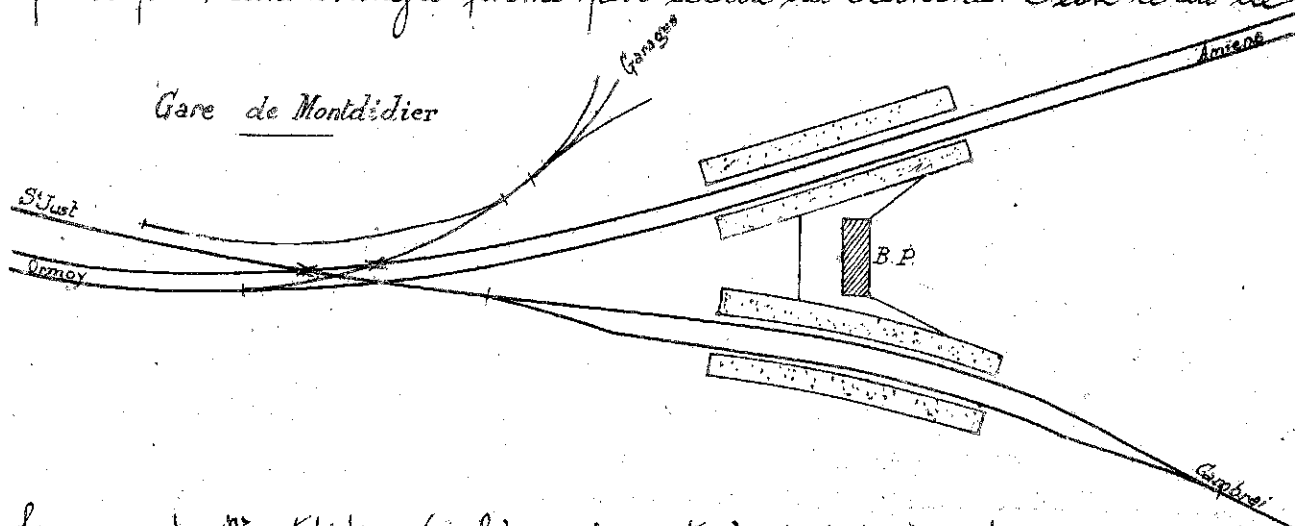


de place en largeur (bien que les trottoirs doubles soient tenus plus



larges que les autres), mais en outre elle facilite le service en donnant la possibilité de recevoir de part en d'autre d'un même quai les correspondances les plus suivies. Avec ses trottoirs plus larges, ce dernier système a encore l'avantage de donner place aux escaliers de passages supérieurs ou souterrains.

Une disposition quelquefois employée pour les gares de bifurcation ou de croisement de deux lignes consiste à placer le bâtiment principal dans l'angle formé par deux des branches. C'est le cas de

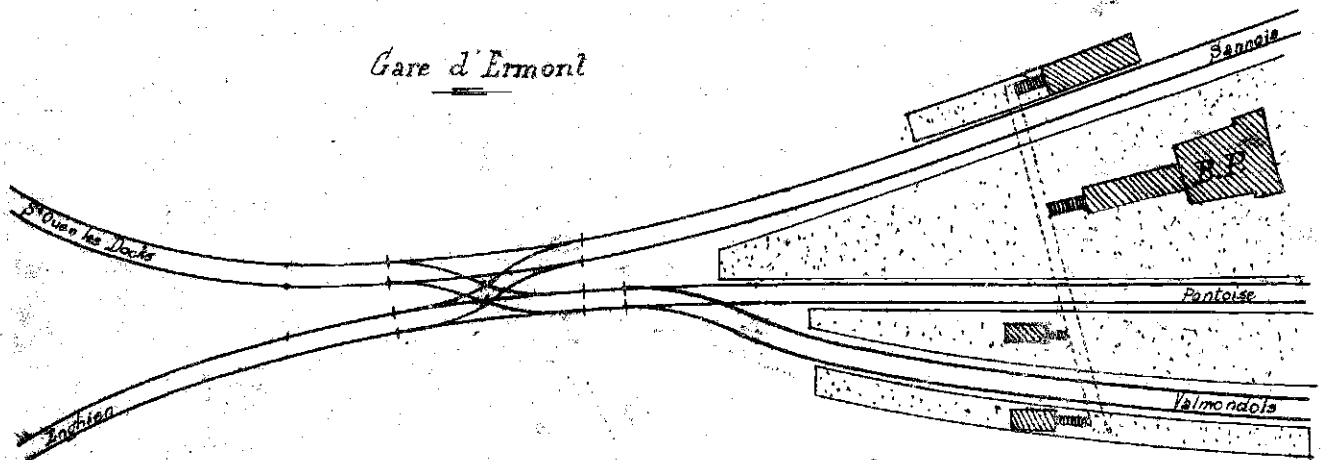


la gare de Montdidier (schéma ci-contre), où 4 trains de voyageurs peuvent stationner simultanément. Cette disposition est intéressante parce qu'elle réduit le nombre des voies à traverser par les voyageurs, lorsque la ville à desservir se trouve elle-même placée dans l'angle des lignes aboutissant à la gare, évitant ainsi la traversée de passages à niveau.

Il existe dans la banlieue de Paris, des gares placées dans l'angle formé par trois lignes convergentes en dans lesquelles se produisent un

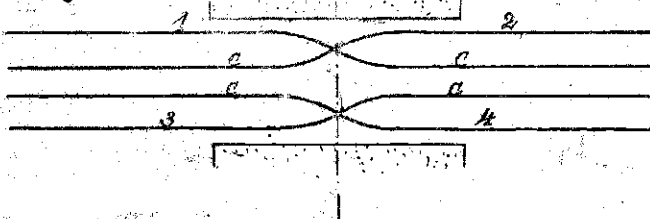
très gros mouvement de voyageurs. Dans ces conditions, on évite la traversée des voies par les voyageurs, qui serait trop dangereuse, en créant des escaliers en des souterrains.

Les gares d'Ermon et d'Argenteuil sont dans ce cas :



Mais, ces dispositions spéciales, dictées par les circonstances, sont des exceptions en le cas le plus fréquent en France, en, comme nous l'avons dit, celui des quais parallèles bordant un nombre de voies égal à celui des directions convergentes.

On a cherché toutefois à réduire le nombre des voies à traverser et, pour cela, dans les gares où la place en longueur ne manque pas pour l'établissement des quais, on a fait arriver deux trains en prolongement sur une voie en bordure d'un même quai.

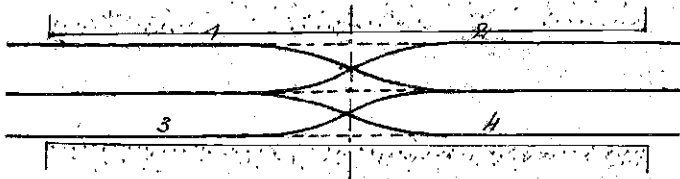


Une solution pratiquée à l'étranger consiste à faire passer les trains sur des voies de circulation *c* éloignées des trottoirs, mais en les

faisant s'infléchir en se croiser deux à deux pour côtoyer en 1, 2, 3 en 4 une moitié de la longueur de l'un des quais.

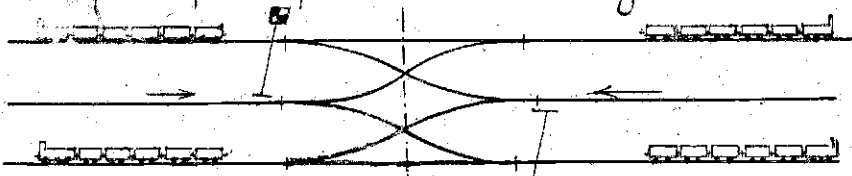
Une disposition partant du même principe, mais plus simple, en exigeant moins de place en largeur, est celle dite de la bretelle double, indiquée ci-contre en qui a reçu un certain nombre

d'applications sur le réseau du Nord français (en particulier à Hazebrouck, Arras, Saon, Courcoing, Valenciennes). Une seule voie de circulation existe entre les deux voies 1 & 3 ou 2 & 4.



Bretelle double.

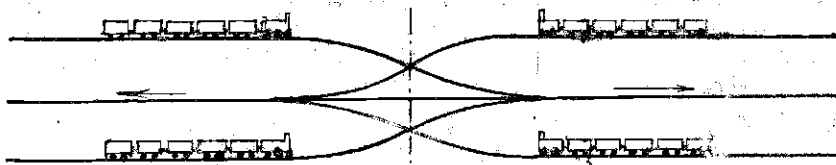
dans les demi-quais opposés. En complétant cette disposition par tout ou partie des jonctions indiquées en pointillé entre les voies situées en prolongement, on facilite les manœuvres de circulation ou de manœuvres pour faire passer certains wagons d'un train à un autre.



Bretelle double (disposition 1)

indiqué par les flèches franchissent la bretelle double avant de se placer à quai, où ils se tournent le dos. Ses jonctions établies en bordure des quais facilitent les retraits, additions ou échanges de véhicules placés en queue des trains : ces manœuvres sont donc grandement facilitées (disposition 1).

À Valenciennes, au contraire, les trains s'arrêtent à quai



Bretelle double (disposition 2)

face à face avant de franchir la bretelle double (disposition 2); lorsqu'ils franchissent cette

bretelle double — sur laquelle se trouvent les passages planchiés réservés à la traversée des voyageurs — ils démarrent seulement en son à très faible vitesse, en outre ils n'abordent pas d'aiguilles en pointe.

Ses jonctions en bordure des quais sont inutiles et n'ont pas été installées; en revanche, une jonction établie dans l'axe longitudinal de la bretelle double peut être utilisée (grâce au jeu d'engrenements appropriés) pour faire passer de bon en bon par la voie du milieu certains

trains directs - ou mouvements de machines -. Cette disposition permet de réduire au minimum la distance à parcourir entre deux trains reçus en bordure d'un même trottoir, les mécaniciens s'arrêtant aussi près que possible de l'axe du B.P. Elle a pu être adoptée à Valenciennes d'autant mieux que, en raison de la situation spéciale de la gare, bon nombre des trains rebroussement en ne donnent pas lieu à une traversée de la bretelle double.

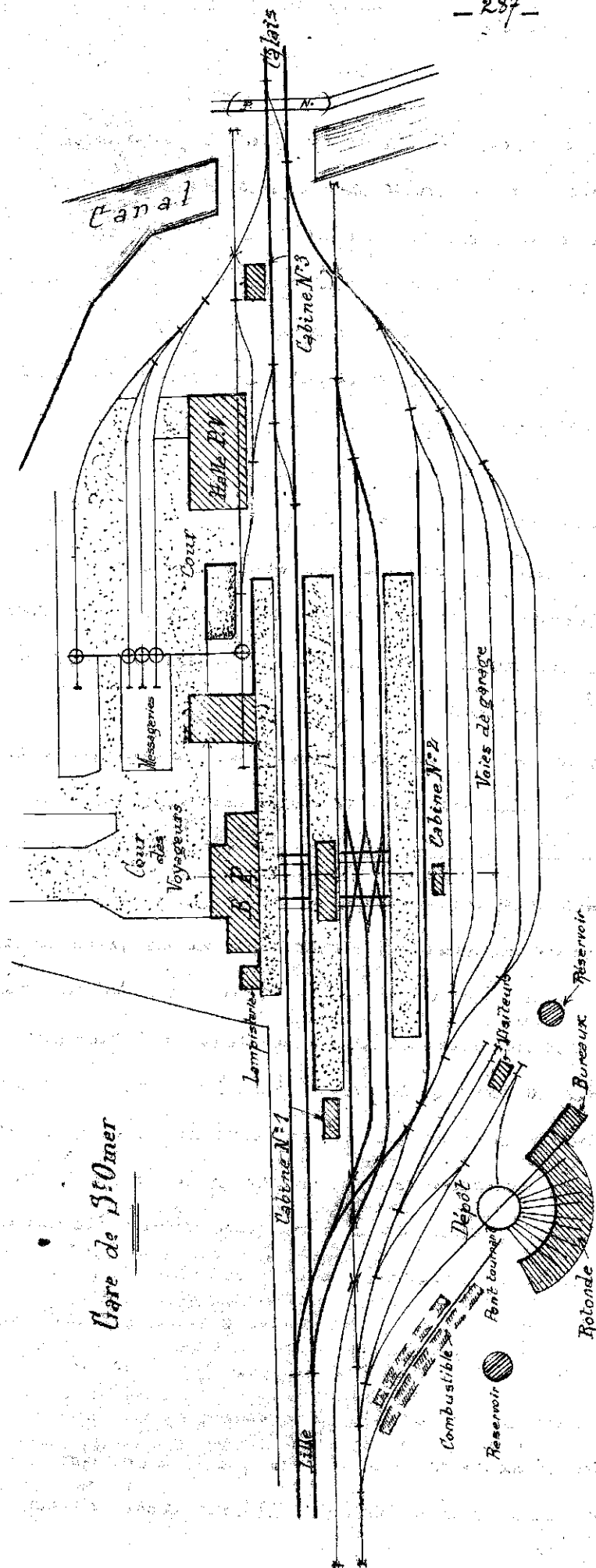
Grandes Gares de passage. - Dans les grandes gares qui ont à assurer un service de voyageurs très important, tant au point de vue service local qu'au point de vue des correspondances, on installe à la fois vis-à-vis du B.P. un groupe de 2 voies pour le passage direct des grands trains en un groupe de 3 voies réunies comme nous venons de le voir par une bretelle double.

C'est le cas de la gare de St Omer, dans laquelle les voies directes sont établies en bordure du bâtiment principal.

Au-delà du 3^{ème} quai à voyageurs se trouve le faisceau des voies de garage relié à ses deux extrémités aux voies principales en poursuivant d'un côté d'une longue impasse de manœuvre juxtaposée à une voie spéciale d'accès au dépôt des machines. Une liaison avec traversées-jonctions met ces deux voies en rapport direct avec les voies à quai de la bretelle double.

Le service des marchandises est installé à l'opposé du faisceau des voies de garage, du même côté que le bâtiment principal. On y trouve d'abord une halle spéciale au service des marchandises Grande Vitesse (messageries & postaux) avec un plan incliné permettant de conduire les tricycles des quais à voyageurs au quai de la halle des messageries.

La halle petite vitesse est placée dans le prolongement de la précédente, mais plus écartée du service des voyageurs. En dehors de la voie qui dessert la halle en le quai à bestiaux, la cour aux mar-



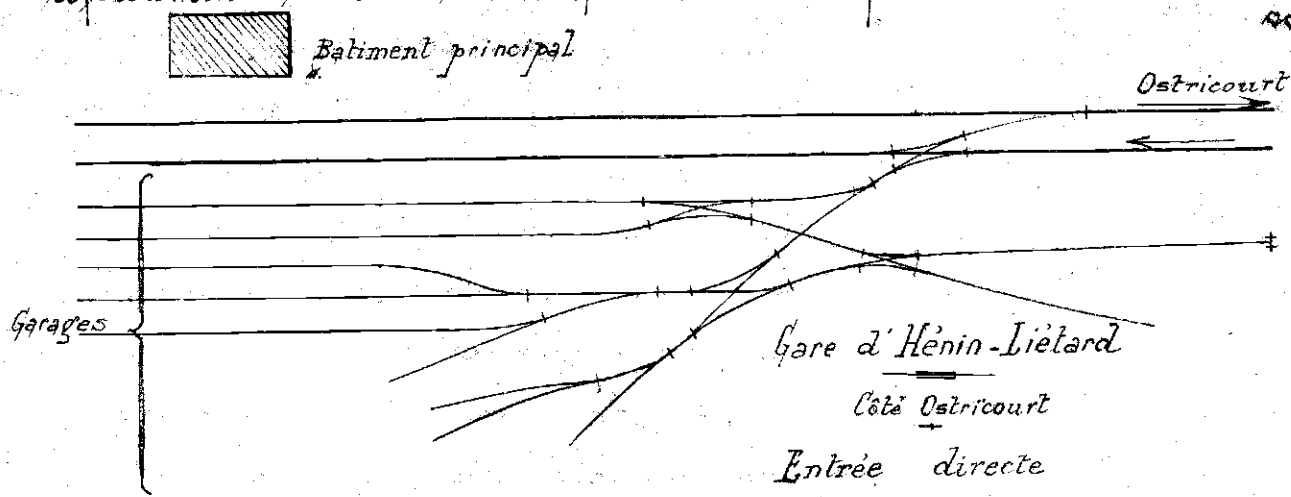
chandises, partagée en deux parties, comporte une voie de ceinture en un groupe de 3 voies centrales, ce qui fait 3 voies de débord en une voie de dépôt de wagons; le tout est relié par une traversée rectangulaire à hauteur de la halle des messageries en du quai à bestiaux, en même temps que par aiguilles à l'extrémité de la gare.

Une jonction spéciale reliant la voie du quai des messageries aux voies principales facilite les manœuvres d'addition et de retrait de véhicules G.V. aux trains de voyageurs de passage.

Pour réduire au strict minimum l'occupation des voies principales par les trains de marchandises, la gare possède à chacune de ses extrémités, une entrée directe (fig. page 288) donnant accès des voies prin-

Gare de St-Omer

principales dans le faisceau des voies de garage. Les trains de marchandises y pénètrent donc directement, au lieu de se garer par refoulement comme cela se fait dans les petites stations de double voie.



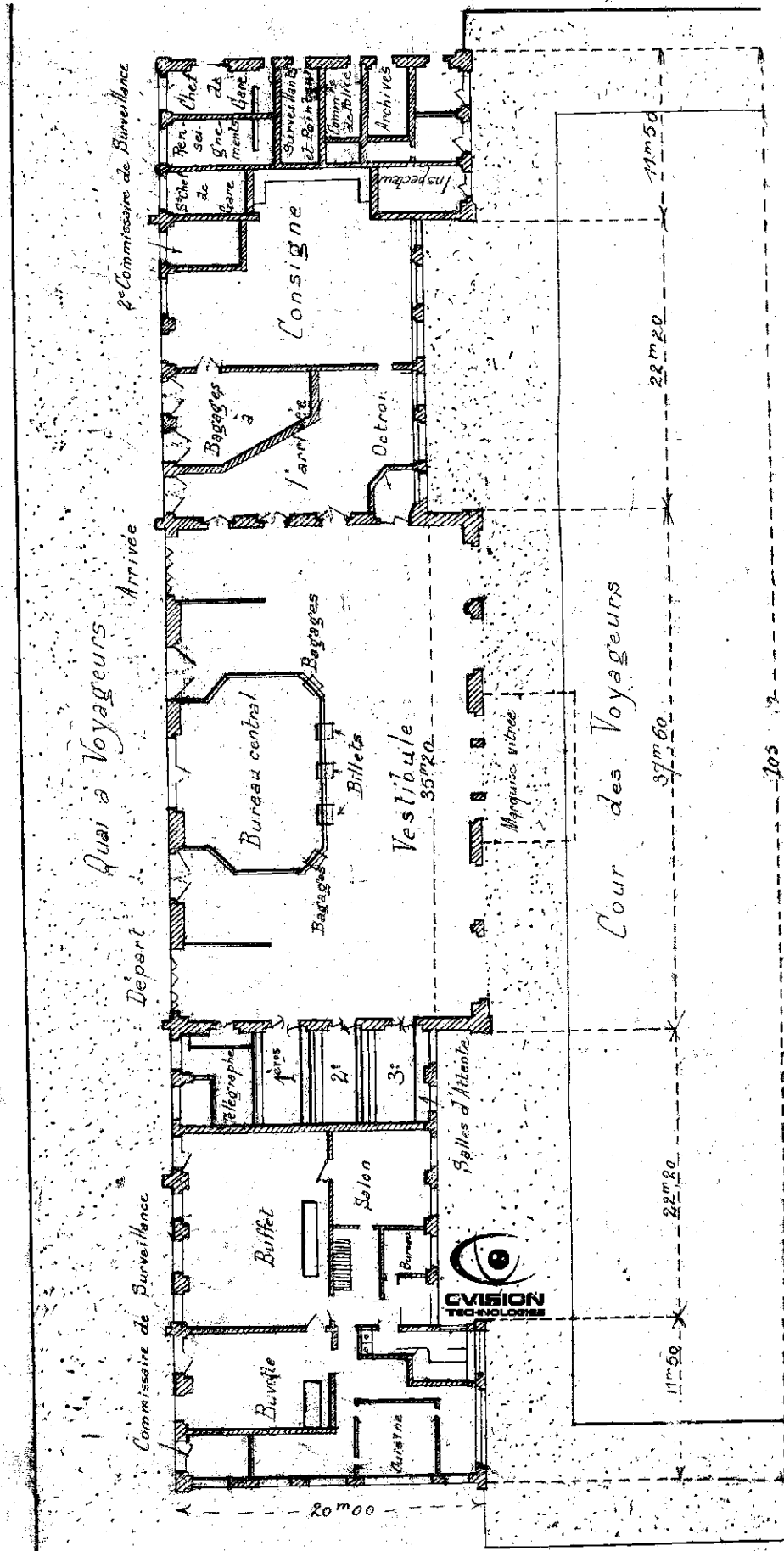
Entre la tête du faisceau des garages et les voies du Dépôt des machines, sont réservées deux courtes voies en cul-de-sac constituant le chantier des visiteurs en sur lesquelles se font les petites réparations de wagons.

Un petit bâtiment spécial à usage de lampisterie est édifié à quelque distance de l'extrémité du bâtiment principal, du côté opposé aux halles.

Distribution du bâtiment des voyageurs dans une grande gare. — Dans les installations modernes, on s'attache à avoir de larges dégagements. Un grand rectangle, occupant la partie centrale du bâtiment principal est réservé pour constituer, autour du bureau central des billets en des bascules, un vaste vestibule ou salle des pas perdus. Le bureau central, placé dans l'axe du B.P. en adossé au quai comporte 2 ou 3 guichets pour la distribution des billets en un guichet pour l'enregistrement des bagages à chaque extrémité. De part et d'autre du bureau, sis à sis de portes donnant sur le quai sont installées des bascules à fleur de sol par lesquelles peuvent être amenés très facilement

Bâtiments principal de la gare de Valenciennes

-289-



les tricycles à bagages. A l'une des extrémités de la salle se trouve une porte réservée à l'accès des quais, tandis qu'une porte située à l'autre extrémité est réservée à la sortie des voyageurs.

Les salles d'attente des 3 classes de dimensions relativement restreintes sont disposées parallèlement aux voies en ouvrant sur la salle des pas perdus, au voisinage de la porte d'accès des quais.

A l'autre extrémité de la salle voisine de la porte de sortie des voyageurs se trouve au contraire la salle des bagages à l'arrivée. Tout est donc combiné pour que les courants des voyageurs, au départ, en à l'arrivée ne se contrarient pas.

Dans un angle de la salle des bagages à l'arrivée on ménage le bureau de l'octroi, tandis que dans la partie opposée se fait le dépôt des colis en arrière du banc à bagages. Dans une salle voisine servant de consigne sont déposés les bagages que les voyageurs n'ont pas réclamés à l'arrivée du train transporteur.

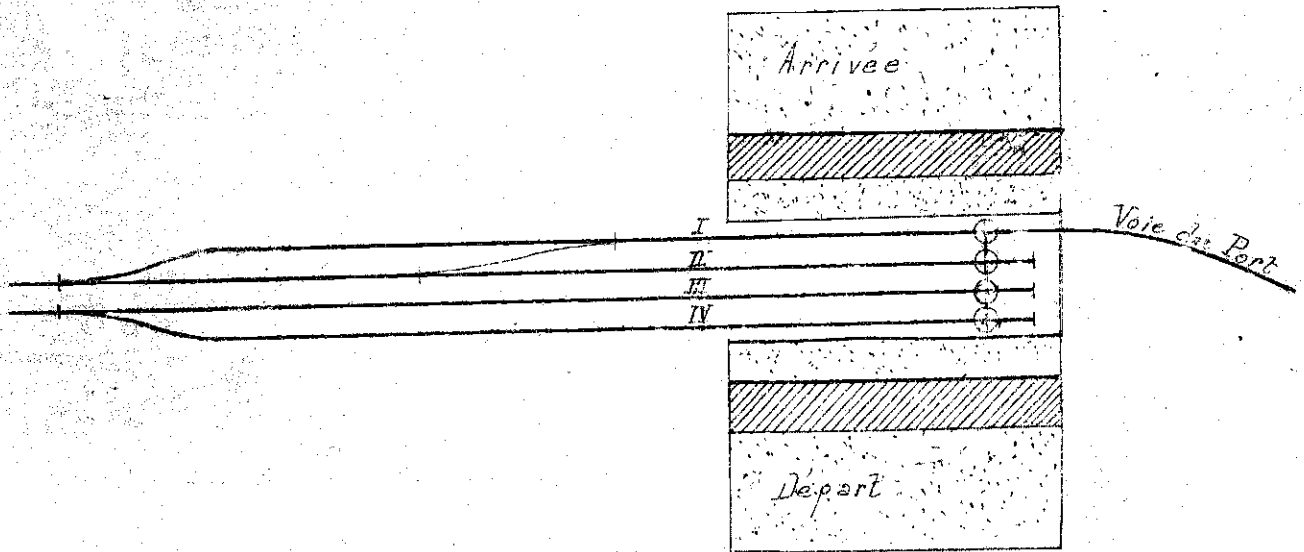
D'une des extrémités du bâtiment se trouvent les installations du buffet-hôtel, en de la buvette, tandis qu'à l'autre extrémité sont ménagés des locaux annexes : bureau du Chef et des sous-chefs de gare, du Commissaire de Surveillance administrative, archives, télégraphe, etc.

Gares terminus de voyageurs. — Les gares de l'espèce, gares de Paris, ou gares installées avec rebroussements dans certaines grandes villes, ou dans des ports de mer, sont, en général, en impasse, pour pénétrer au cœur des villes.

Les plus simples comportent un seul quai d'arrivée en un seul quai de départ, en entre les deux voies à quai, des voies destinées à l'évacuation des machines, en au remisage du matériel à voyageurs. Ces voies sont reliées par des plaques tournantes aux voies d'arrivée, en de départ. En bordure des quais sont édifiés des bâtiments aménagés respectivement pour les ser-

petites de l'arrivée en du départ en qui, avec un pignon situé ou un bâtiment perpendiculaire aux voies, supportent une halle couverte.

S'une des voies extérieures est prolongée, s'il y a lieu, dans une trémie du bâtiment d'extrémité, pour servir de voie mère aux ramifications desservant les quais des divers bassins du port.



Cette disposition rend très facile le service des bagages en réduisant le parcours des tricycles.

Les gares de l'espèce doivent être pourvues d'une remise pour les locomotives, d'un pont tournant, en le cas échéant, d'une remise de voitures desservie par un chariot à niveau.

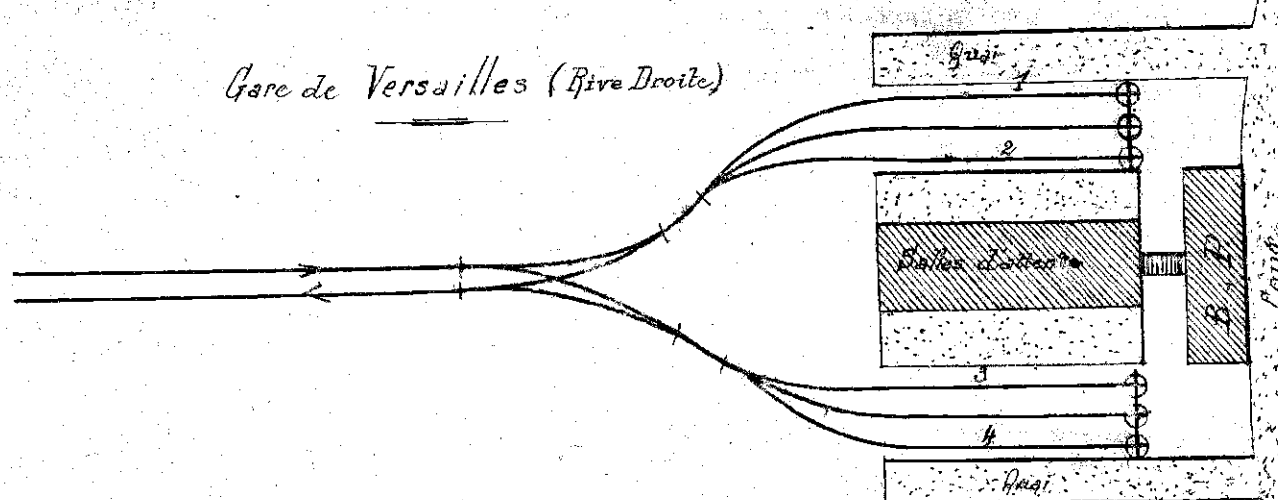
Des variantes ont été apportées à cette disposition-type pour augmenter le débit de la gare à voyageurs, en particulier lorsqu'il s'agit d'un service de banlieue.

À Versailles (rive droite), par exemple, on a disposé deux faisceaux de trois voies en impasse de part et d'autre des deux quais de départ symétriques. Ces derniers encadrent les salles d'attente en donnant accès aux trains en partance stationnant sur l'une des voies de départ 2 & 3.

Les arrivées des trains de voyageurs se font sur les voies 1 et 4.

bordées chacune d'un quai extérieur.

Chacun des deux faisceaux de 3 voies dispose à son extrémité



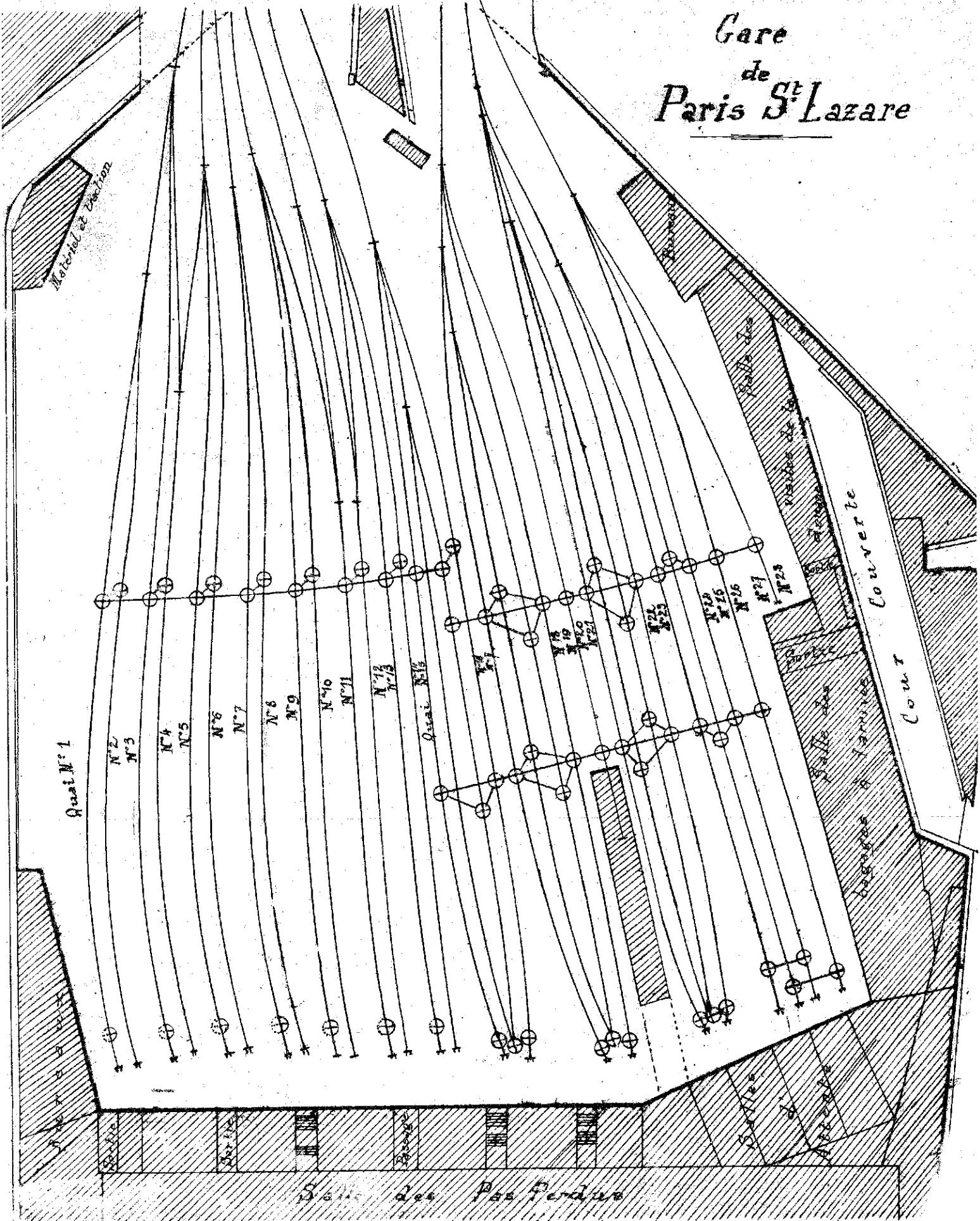
d'une batterie de plaques tournantes. Les machines tenders qui ont remorqué les trains, tournent sur ces plaques en se dégageant par la voie voisine.

Grandes gares de Paris. — Les grandes gares de Paris sont également établies en impasse en encadrées sur trois côtés par des bâtiments réunis par des halles couvertes. Mais, celle d'entre elles qui ont à faire face, en plus, du service de grandes lignes, à un service de banlieue très important, comme Paris St Lazare, en Paris. Nord, ont dû être remaniées profondément en vue d'augmenter le nombre des voies en d'améliorer le rendement des installations.

Dans les trains de banlieue, le service des bagages est beaucoup moins important que dans les trains des grandes lignes. D'autre part, le matériel d'un train à l'arrivée doit pouvoir repartir au bout d'un temps très court, après déchargement en mise en tête de la machine.

Le service de banlieue est donc groupé dans un faisceau distinct de celui des grandes lignes, ce dernier étant placé à proximité des salles de réception ou de livraison des bagages.

à la gare de Paris St Lazare (Réseau de l'Ouran-Etamp)



les voies affectées à divers services, lignes de banlieue sont groupées sur la gauche en séparées de 2 en 2 par des quais perpendiculaires à la façade de la gare. Les voies contiguës sont reliées près des hentoirs par des plaques tournantes sur chariots, en qui sont utilisées pour le tournage des machines.

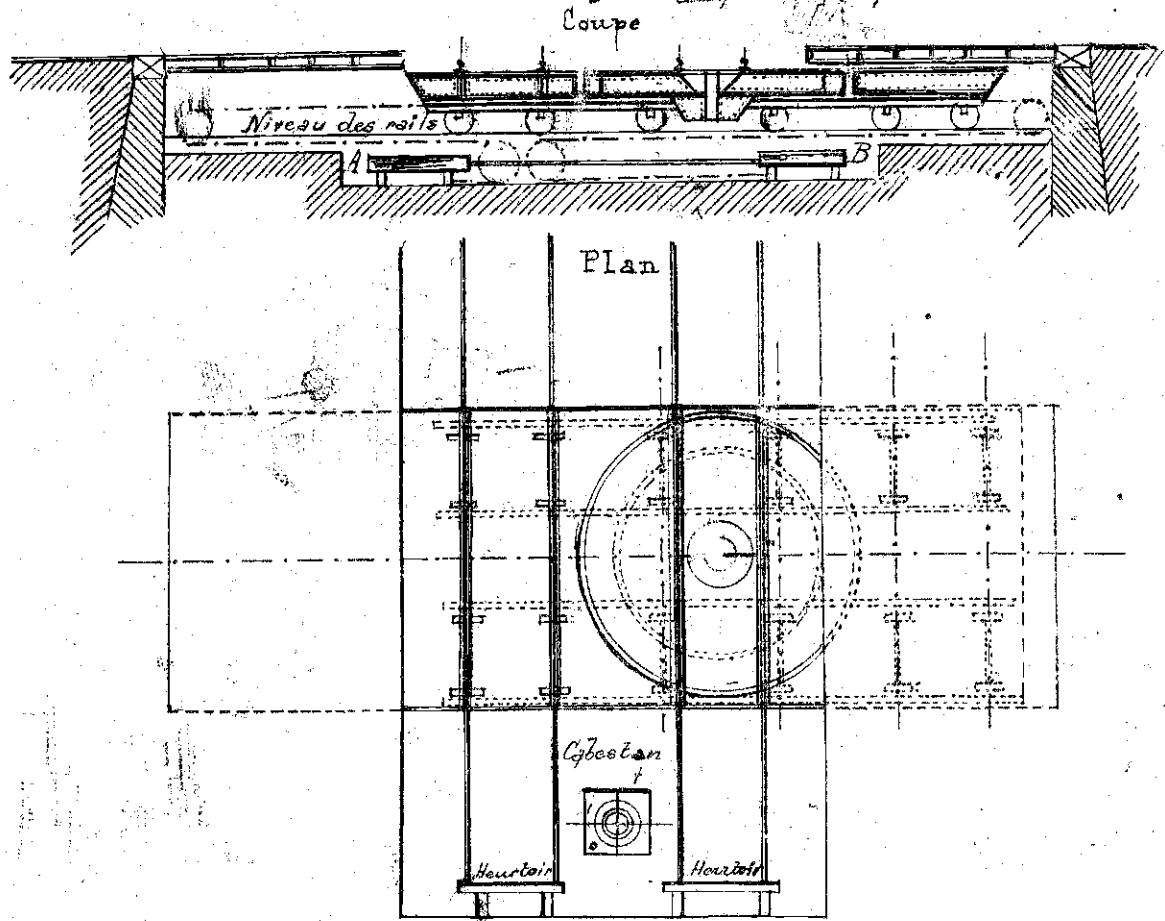
Le faisceau de banlieue se subdivise d'ailleurs en 3 groupes: Ceinture, ligne de Versailles, ligne de St Germain, placés dans cet ordre à partir de la gauche, en qui disposent chacun de portes d'accès aux quais de départ en de bureaux de billets distincts dans la grande salle des pas perdus qui s'étend sur toute la longueur de la façade, au niveau des voies (1^{er} étage).

Les voies des grandes lignes, réunies dans un faisceau situé dans la partie droite de la gare, comprennent au contraire des groupes de 4 voies reliées entre elles par 3 batteries de plaques tournantes. Les bagages au départ sont déposés, au rez-de-chaussée (sous la salle des pas perdus) dans le prolongement du faisceau des grandes lignes. Repris par des monte-charges, ils débouchent sur la plateforme avec le minimum de chemin à parcourir.

Chacun des groupes de 2 voies du service de banlieue est commandé à son extrémité par un chariot transbordeur hydraulique portant une plaque tournante avec cabestan hydraulique permettant de tourner les machines des trains de banlieue dès leur arrivée avant de les dégager par la voie contiguë pour les faire passer en tête du matériel même qu'elles viennent de remorquer.

La machine s'étant placée sur la plaque tournante, un premier mouvement du chariot amène la plaque dans l'axe du groupe des 2 voies. En ce point, le mouvement de rotation de la machine peut s'opérer sous l'action du cabestan hydraulique sans engager les quais. Le chariot, en ensuite  à fond de course

Chariot transbordeur hydraulique à plaque tournante

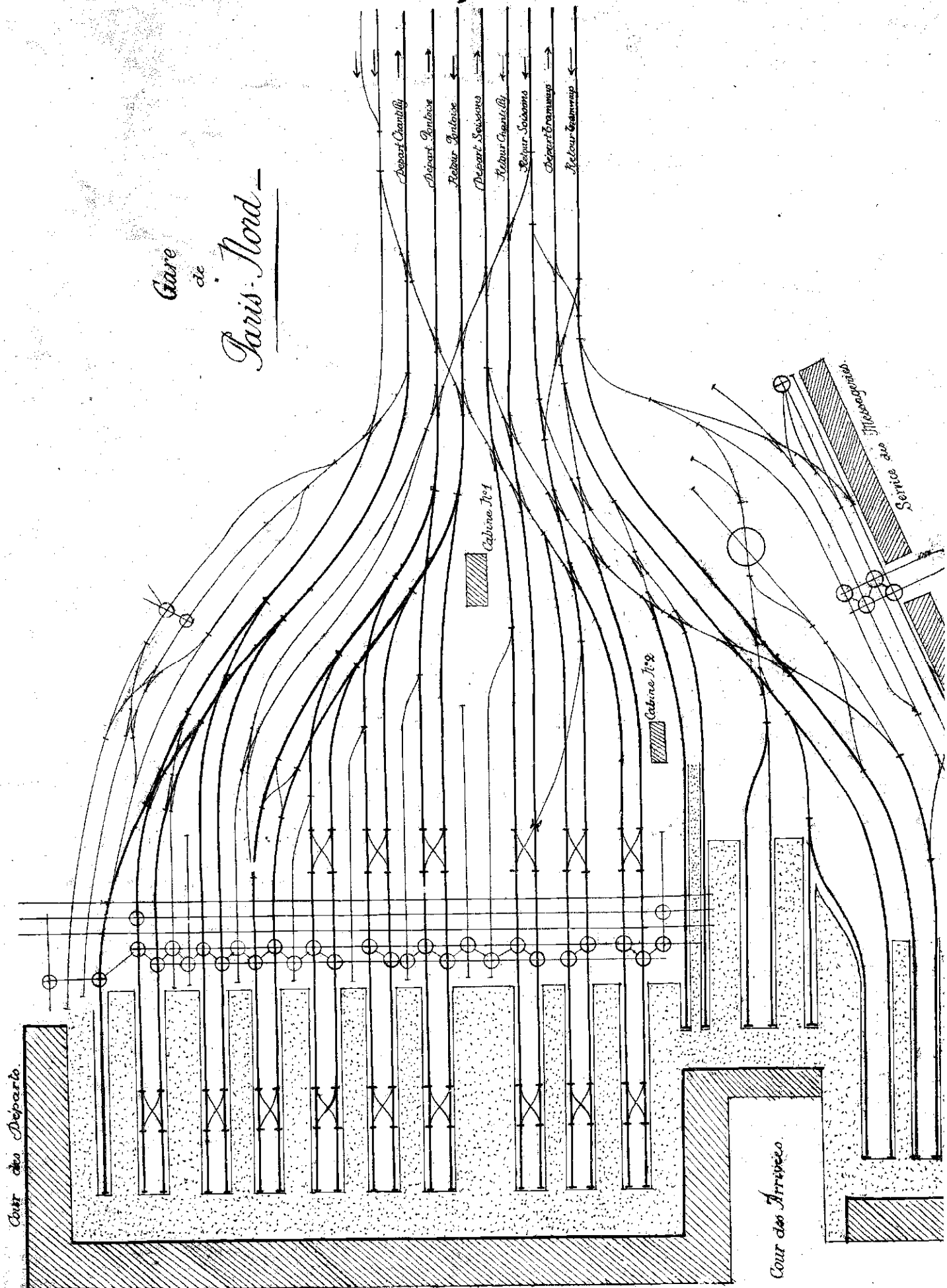


pour permettre à la machine de regagner l'une des deux voies pour se dégager.

À la gare de Paris Nord, pour le service de banlieue, on groupe, au centre (à part le service des trains de ceinture en des trains-tramways de St Denis qui est rejeté sur la droite dans un bâtiment spécial). Quant au service des grandes lignes, il est divisé en deux groupes : le départ des trains se fait du côté gauche, où se trouvent les bascules d'enregistrement des bagages en la consigne des bagages au départ, tandis que les arrivées se font à droite du faisceau de banlieue, à proximité des installations de la douane, de la salle de distribution des bagages ou de la consigne des bagages à l'arrivée.

Entre deux quais les voies sont jumelées en reliées en outre deux à deux par une bretelle près des hourdoirs en une autre bre-

Gare de Paris-Nord



bretelle en avant du rideau du grand hall, un peu au delà de la ligne des plaques tournantes. Ces bretelles servent au dégagement des machines qui peuvent, le cas échéant, se mettre immédiatement en tête d'un nouveau train. Toutes les voies sont d'ailleurs réunies dans l'avant-gare par une grande bretelle qui permet dans des cas déterminés de banaliser complètement toutes les voies à quai.

Sur un chemin de roulement spécial, établi parallèlement à la ligne des plaques tournantes, circule un chariot transbordeur à niveau, remorqué par un tracteur électrique à trolley, qui permet de transporter rapidement d'une voie sur l'autre une voiture à voyageurs nécessaire pour renforcer un train.

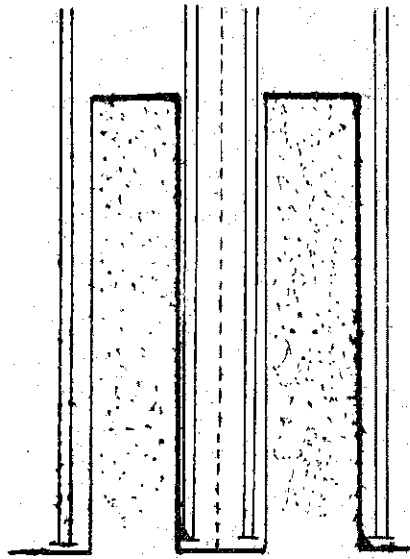
Quais surélevés. — Dans certaines gares, peu nombreuses en France, répandues au contraire en Angleterre, on a installé des quais hauts permettant aux voyageurs d'accéder dans les voitures sans utiliser les marchepieds. C'est le cas de la gare de Lille, des gares de la Petite Ceinture de Paris et du Métropolitain de Paris.

Les voyageurs trouvent plus facilement les places disponibles dans les voitures en y accédant avec plus de rapidité. La manutention des bagages s'en trouve également facilitée.

Le système présente, par contre, des inconvénients en ce qui concerne la visite de la partie basse du matériel, l'alimentation des appareils de chauffage, etc.. Il partage, en outre, avec le système des quais à niveau des grandes gares terminus, l'inconvénient de rendre plus longs les échanges de voyageurs et de bagages entre trains en correspondance qui ne peuvent être mis en batterie en bordure d'un même quai.

Circulation des tricycles à bagages. — Dans les grandes gares, en dépit de la largeur donnée aux quais parallèles, la circulation des tricycles à bagages est une cause de gêne

pour la circulation des voyageurs.



Dans certaines gares terminus de l'étranger, comme à Zurich, on a ménagé entre les voies jumelées un petit quai, non accessible aux voyageurs, en sur lequel circulent les tricycles à bagages et ceux de la poste (trajet indiqué en pointillé sur le croquis ci-contre)

À Paris. Nord, les passages souterrains pour tricycles ont été aménagés récemment, avec ascenseurs électriques près des bascules à bagages et à la tête de chacun des quais de départ des trains de grandes lignes.

À la gare de Paris-Orsay, où les voies sont en sous-sol, des toiles sans fin mises en mouvement par des dynamos, assurent le transport des bagages entre divers points des quais en le rez-de-chaussée où se fait l'enregistrement en le premier étage où se trouve la consigne des bagages à l'arrivée.

Gares de triage. — On entend généralement par triage des trains, l'ensemble des opérations qu'une gare de bifurcation doit effectuer pour extraire des trains qui lui parviennent des diverses directions, les wagons qui doivent continuer leur route dans chacune des directions divergentes. Il y a décomposition des trains, puis reconstitution en trains nouveaux.

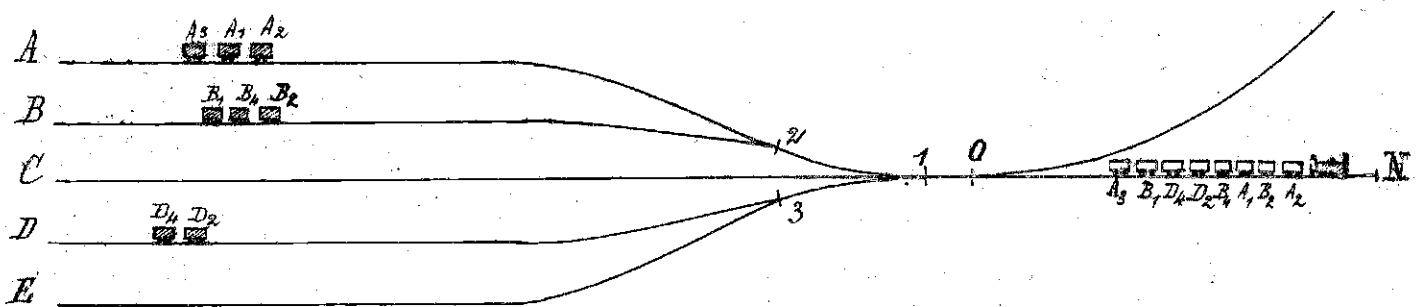
1° le débranchement ou triage proprement dit, qui consiste à décomposer par directions tous les trains convergents dans la gare.

2° la formation ou classement, qui consiste à reprendre les wagons d'une même direction groupés dans l'opération précédente pour les classer dans l'ordre géographique des stations, de manière à obtenir pour chacune des directions un train de

de continuation qui acheminera les wagons sur leur destination définitive en réduisant au minimum les manœuvres à faire pendant le stationnement dans les petites stations.

Pour faire un débranchement rationnel, il faut que la gare possède autant de voies de garage qu'il y a de directions $A, B, C, D, \dots$ rayonnant autour de la gare considérée en une voie de manœuvre en impasse ON reliée par aiguilles à toutes ces voies. On opère alors de la manière suivante :

Désignons par $A_1, A_2, A_3, \dots$ les stations successives ren-



contrées dans direction A , par B_1, B_2, B_3 , etc... les stations de la direction B , en de même pour les directions $C, D, E, \dots$

Une machine tire sur l'impasse de manœuvre ON une rame de 8 wagons par exemple : $A_2, B_2, A_1, B_4, D_2, D_4, B_1, A_3$ comme l'indique le schéma ci-dessus, de manière à dégager toutes les aiguilles du faisceau. Cela fait, on décroche les attelages du wagon A_3 , en après avoir demandé à l'aiguilleur de disposer les aiguilles pour la direction A , on commande à la machine un lancement. La machine repoule énergiquement mais s'arrête presque aussitôt après avoir donné au wagon A_3 l'impulsion nécessaire pour franchir les aiguillages en gagner la partie moyenne de la voie A . On décroche ensuite le wagon B_1 que la machine lance sur la voie B , puis on décroche les attelages entre D_2 et B_4 , de manière à lancer d'un seul coup sur la voie D l'ensemble des wagons D_4 et D_2 qui sont déjà réunis ; en ainsi de suite jusqu'au wagon A_2 . Dans le cas qui nous occupe, les 8

wagons se groupant sur les voies A, B ou D comme l'indique le schéma.

Lorsque dans les refoulements successifs, on atteint l'aiguille 1, la machine doit avancer à nouveau vers l'extrémité N, avant de continuer ses lancements. Cette machine effectue donc sur la voie ON un mouvement de va-et-vient, qui fait donner à cette impasse le nom de voie de tiroir.

On peut débrancher ensuite d'autres parties de trains ou trains entiers si la longueur de la voie ON le permet.

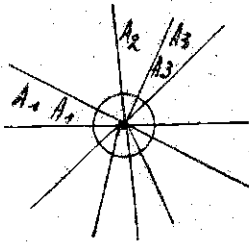
Comme ce que nous venons de dire s'applique, au cas où on peut substituer à la voie de tiroir en palier une voie de débranchement en pente de 10 m/m vers le faisceau, de manière à faire le débranchement des wagons en chute libre, sous l'action de la pesanteur (triaiage par gravité), mais dans ce cas les wagons sont débranchés plus rapidement, on en réduit les dépenses de machines.

Un certain nombre de gares de bifurcation ne possèdent pas autant de voies qu'il y a de directions ou d'affectations de train particulières; cela oblige à reprendre en 2 fois le débranchement pour certaines directions. De même, certaines gares ne possèdent pas de voie de tiroir et doivent effectuer leurs manœuvres en utilisant la voie principale.

Enfin beaucoup de gares doivent faire tout le triage sur le groupe des voies de garage.

Quoi qu'il en soit, une fois le débranchement des divers trains terminé, il faut procéder à la formation, ou au classement des trains de continuation. Pour cela, on reprend les wagons A₃, A₁, A₂ etc... devant entrer dans la composition d'un train pour la direction A, et on les égrène à nouveau de manière à réunir sur des bouts de voie distincts les wagons A₁ destinés à la première station, les wagons A₂ destinés à la seconde, etc...

Cette opération peut se faire en manœuvrant avec une machine sur une impasse de manœuvre pour lancer les wagons soit sur la tête des voies du faisceau de triage unique, soit sur les voies d'un faisceau distinct. On peut encore faire ce classement à l'aide d'un chariot à vapeur dans le chemin de roulement est perpendiculaire aux voies de triage. On le fait aussi quelquefois en égrenant les wagons sur des voies courtes rayonnantes autour de plaques tournantes. Ce sont là toutefois des procédés coûteux en lentis, très peu utilisés.



Nous avons dit précédemment que, dans les gares de bifurcation de moyenne importance, les opérations de débranchement en de formation qui constituent le triage devaient se faire, faute de mieux, sur l'unique faisceau des voies de garage situé à proximité de la gare des voyageurs, en de la cour des marchandises, en parfois même sans l'appui d'une voie de manœuvre de longueur suffisante. Dans ces gares, les opérations de triage ne sont pratiquées qu'à certaines périodes de la journée.

Nous allons envisager maintenant les dispositions généralement adoptées pour les gares de triage spécialisées complètement distinctes des garages du service local (quoique en relation facile avec ces voies) en dans lesquelles le travail de triage s'opère sans discontinuer.

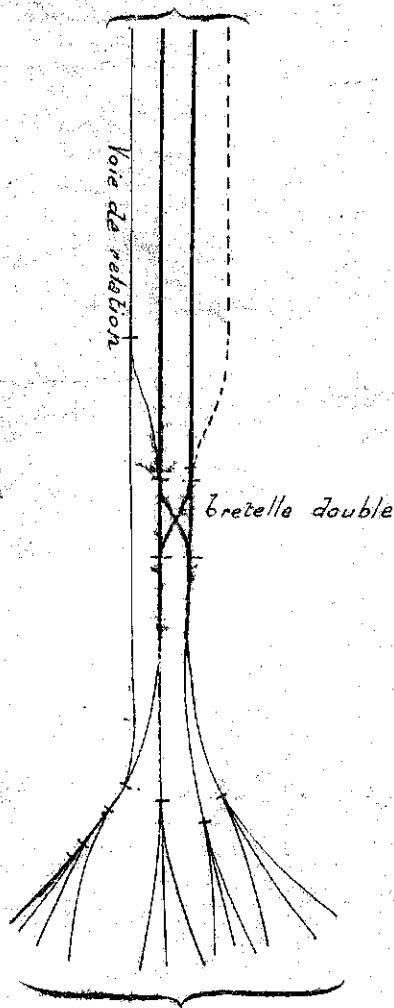
Ces gares de triage proprement dites doivent autant que le permettent l'emplacement disponible en la configuration générale des grandes lignes rayonnantes - satisfaire aux conditions suivantes :

- 1° disposer d'un faisceau de triage ayant un nombre de voies au moins égal à celui des groupes à former (directions ou fractions de direction).
- 2° permettre aux trains des directions les plus importantes d'accéder directement des voies principales aux voies de débranchement

de manière à dégager rapidement les voies principales.

3^e. disposer autant que possible d'un faisceau de formation distinct du faisceau de triage, ce qui permet de ne pas suspendre le débranchement pendant les opérations de classement en de formation.

Voies de débranchement

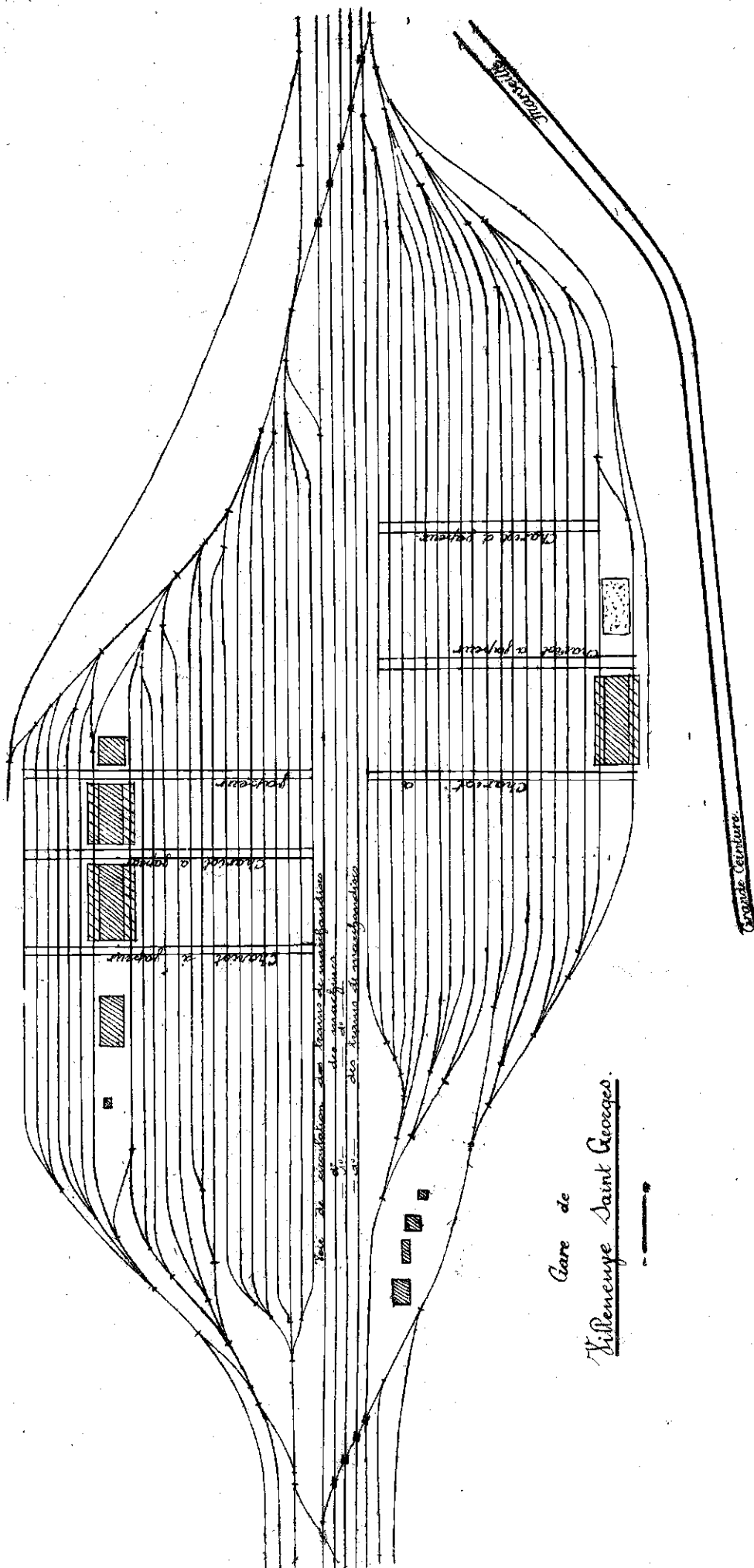


Faisceau de triage

4^e si le triage se fait par la gravité, c'est-à-dire avec lancement sous la seule action de la pesanteur, offrir plusieurs voies de débranchement de manière que pendant les débranchements d'un train par l'une d'elles, un autre train puisse être amené sur la voie voisine par sa propre machine, qui se dégage immédiatement ensuite. Une bretelle double doit alors permettre à chacune des voies de débranchement de communiquer avec toutes les voies du faisceau de triage en aussi de déb. brancher au besoin deux rames simultanément.

5^e une voie de relation doit permettre de faire passer au faisceau de formation l'ensemble des wagons d'une des voies du faisceau de triage sans entraver complètement les opérations de débranchement faites sur ce dernier.

Ces conditions ne sont pas toutes remplies dans les grandes gares de triage, car les dispositions locales ne sont pas toujours favorables, surtout lorsqu'on remanie sur place une gare existante pour y appliquer le triage par la gravité comme on l'a fait sur un certain nombre de points dans ces trente dernières années afin d'obtenir dans les gares de triage ainsi transformées un travail plus rapide en un meilleur rendement.

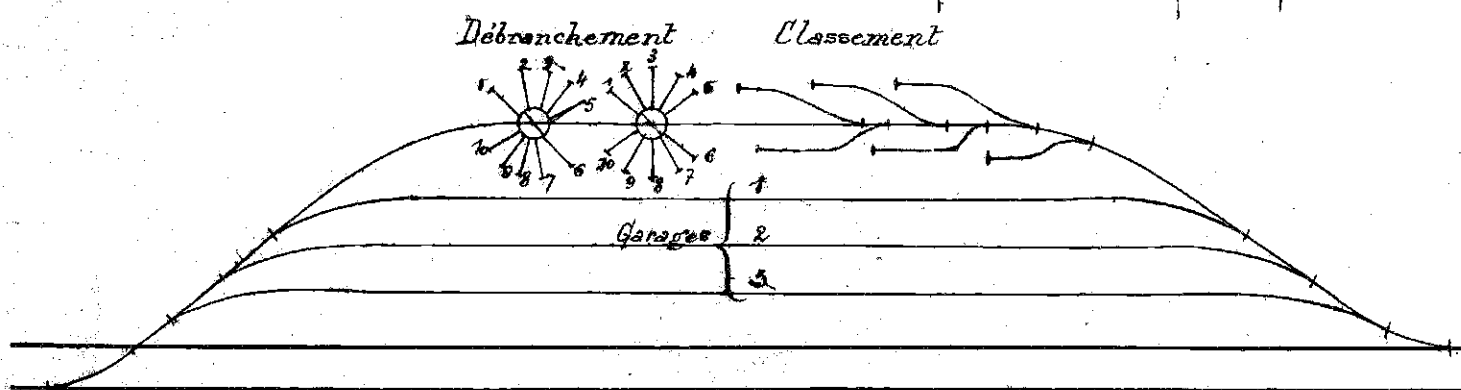


Gare de
Villeneuve Saint Georges.

En France, le faisceau de formation est généralement juxtaposé au faisceau de triage afin de réduire la longueur de l'ensemble. C'est le cas de Condren.

Mais on dispose quelquefois, comme à Fives, deux faisceaux de triage orientés en sens opposé. Cela se pratique beaucoup en Angleterre et surtout en Amérique.

Certaines gares ne possèdent qu'un seul faisceau relié à ses deux bouts aux voies principales. Ses voies doivent alors être très longues de façon à contenir des trains entiers. Le classement se fait, sans interrompre le triage, soit au moyen de plusieurs chariots à vapeur perpendiculaires au faisceau, comme à Billeneuve St-Georges (croquis page 303), soit en opérant avec une machine travaillant sur une voie de tiroir, à l'autre extrémité du faisceau, soit encore à l'aide de voies caviées rayonnant en étoiles autour de plaques tournantes pour les trains desservant toutes les stations. Cette disposition est pratiquée



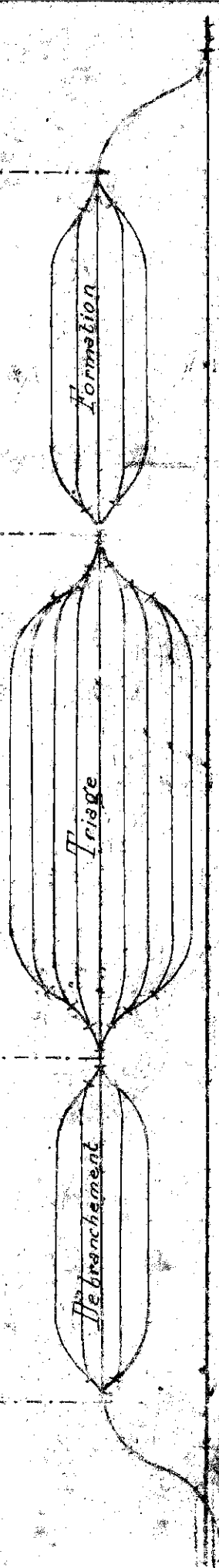
dans bon nombre de gares de triage allemandes où le classement par stations, réduit en principe au strict minimum ne se fait généralement que pour un faible parcours. Les wagons devant aller au a à de la gare de bifurcation suivante sont simplement réunis en un groupe jusqu'à cette gare de bifurcation, qui a la charge de classer par stations, ceux qui rentrent dans sa zone propre.

En Angleterre, sur certains points où la longueur disponible le permettait, on a disposé 3 ou 4 faisceaux successifs: c'est la disposition dite des grils anglais.

Profil en long

Pente de 5 m/m par mètre

Pente de 9 m/m par mètre



Un premier fuseau comporte les voies de débanchement sur lesquelles sont reçus les trains. Chaque direction est débanchée sur une voie distincte du 2^e fuseau. Les wagons de chacune des voies du 2^e fuseau sont ensuite égrenés sur le 3^e fuseau, en vue du classement par ordre géographique.

Le cas échéant, un 4^e fuseau servira à former les trains au départ. Cette disposition étant complétée, comme à St-Etienne, par une pente générale de 9 m/m sur les premiers fuseaux, en une pente de 5 m/m sur le fuseau de formation, on conçoit que le triage puisse se faire très économiquement sans l'aide de machines et sans pertes de temps, puisqu'on n'a pas à reprendre pour les faire passer d'un chantier à l'autre les rames débanchées afin de les conduire au groupe de formation.

À St-Etienne (G.S.E.), on dispose ainsi de 3 fuseaux successifs en pente de 14 m/m, qui ont la pente générale des voies principales.

Le fuseau des voies d'accès comprend 6 voies accessibles par une aiguille en pointe. Les trains venant de la direction de St-Etienne s'arrêtent

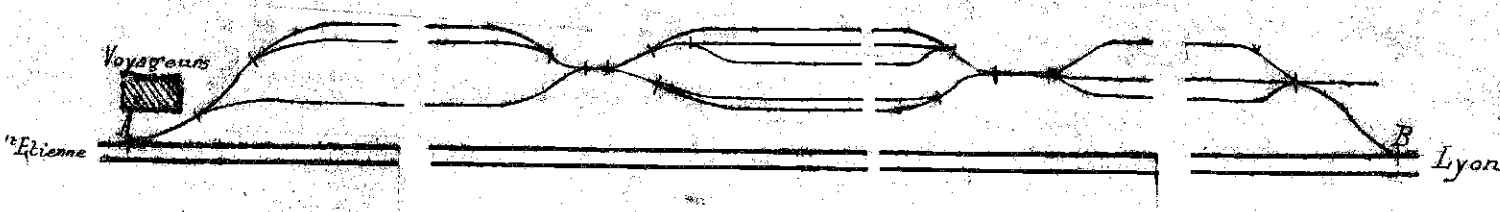
CVISION
TECHNOLOGIES

en A, avant d'atteindre cette aiguille. Après serrage des freins, la machine s'en va avec le fourgon de tête prendre un train à 2 kilomètres

Voies d'accès (6 voies)

Voies de triage (13 voies)

Voies de formation (3 voies)



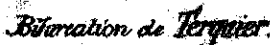
plus loin sur le groupe de formation, en B. En desserrant les freins on laisse descendre le train sur l'une des voies d'accès, où on l'arrête.

Il suffit ensuite de desserrer successivement les freins des wagons, pour que, obéissant aux lois de la pesanteur, ils aillent les uns après les autres, isolément ou par rames, se trier sur les voies du 2^e faisceau, où on les arrête en serrant les freins. Ce deuxième faisceau, comporte 13 voies; mais sur certaines d'entre elles, des aiguilles prises en pointe à la descente divisent pratiquement les 2 voies adjacentes en deux sections, côté St Etienne en côté Lyon. Ses 13 voies servent donc en réalité à constituer 18 lots de wagons différents.

Le classement se fait de la même manière sur les voies du 3^e faisceau, lesquelles voies peuvent recevoir chacune deux trains complets. Le mouvement journalier est de 1100 wagons par 24 heures.

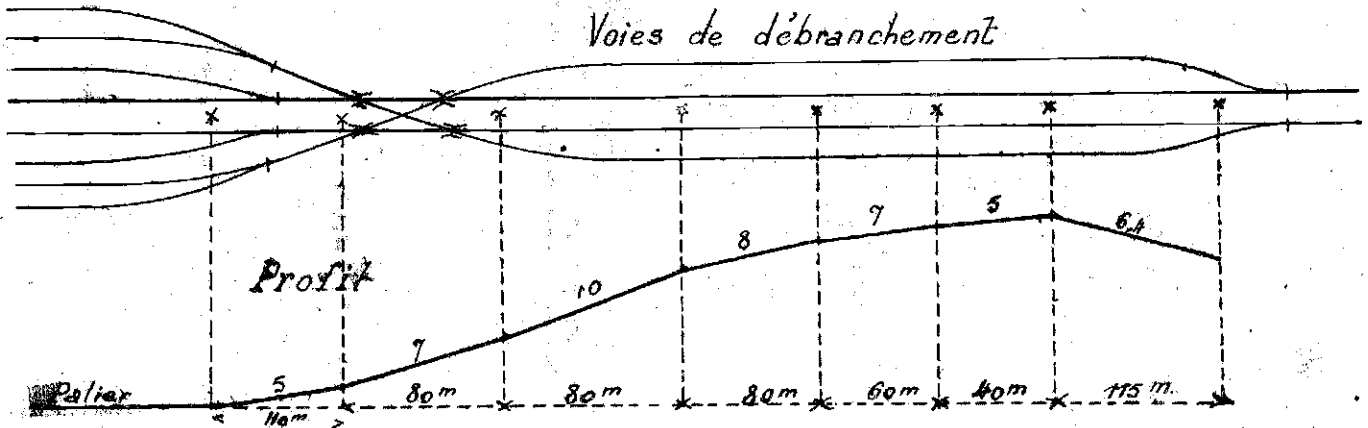
Mais cette application du triage par la gravité avec des voies exclusivement au niveau des voies principales n'a été possible qu'à cause de dispositions locales toutes spéciales en est restée en France une exception.

En principe, au contraire, dans le cas le plus général de voies principales en palier ou à profil peu différent de l'horizontalité — les pentes nécessaires, de 0 m 010 par mètre en moyenne, n'ont pu être réalisées sur les voies de débranchement qu'au prix de travaux de terrassements importants. Deux solutions ont prévalu — on distingue actuellement les triages par la gravité sans sas d'âne, ou avec sas d'âne.



Triage par la gravité sans des d'âne. — Dans ce système, les voies de débranchement sont établies sur une longueur de 400 à 500 mètres en pente continue vers le faisceau de triage. Cette pente varie de 5 à 10 mm par mètre suivant les indications du profil type ci-dessous.

Triages



Un train complet étant amené sur l'une des voies de débranchement, on serre les freins des wagons en commençant par ceux du bas de la rampe afin de donner du lâche aux attelages. La machine peut se dégager en rentrant au dépôt. On décroche les attelages pour faire des coupures aux points convenables, en desserrant les freins successivement on abandonne en chute libre chacun des coupons à débrancher. Pour éviter que le point de chute varie par trop et pour obtenir au contraire des vitesses à peu près égales pour toutes les coupes, on fait de temps à autre descendre lentement sur la pente par son propre poids la rame restant à débrancher, de manière à ramener la tête du débranchement au point de chute convenable. L'agent qui commande le débranchement veille à ce que les coupes soient suffisamment espacées pour permettre à l'aiguilleur du poste de concentration de disposer les aiguilles comme il convient entre le passage de deux coupes successives.

Les aiguilleurs sont d'ailleurs prévenus — par la vue d'un

numéro inscrit à la craie sur l'un des tampons du 1^{er} wagon d'une coupe de la voie sur laquelle ils doivent l'acheminer ; la nuit, cette indication leur est fournie par des coups de corne conventionnels correspondant à la numérotation des voies du triage.

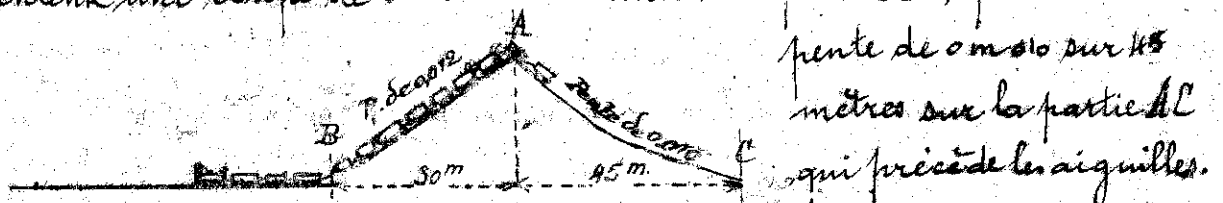
Dans l'installation faite à Reizenberg (pour 4200 wagons par 24 heures), on trouve à la suite du faisceau d'attente unique en pente de 5 à 16 m/m, un faisceau de débranchement (trriage par direction) en pente de 5 m/m en avant des grils de classement géographique, en pente eux-mêmes vers le faisceau de sortie (formation).

Sur l'une des 3 voies qui font communiquer le faisceau d'attente avec le faisceau de triage, un dos d'âne est cependant disposé, mais on ne l'utilise que par temps de neige, ou par un sens contraire.

La disposition de triage sans dos d'âne comporte des terrassements considérables en la différence de 4 à 5 mètres qui doit exister entre le niveau des têtes de voies de débranchement et le niveau des autres voies en des voies principales, en particulier, rend difficile l'établissement de liaisons entre ces voies. Elle n'est pratique que si presque tous les wagons sont munis de freins. Mais elle présente l'avantage de ne pas immobiliser de machine pour le débranchement.

Triages par la gravité avec dos d'âne. — Ce 2^{ème} type de triage par la gravité (voir croquis de la gare d'Arion) réduit au minimum les inconvénients que nous venons d'envisager.

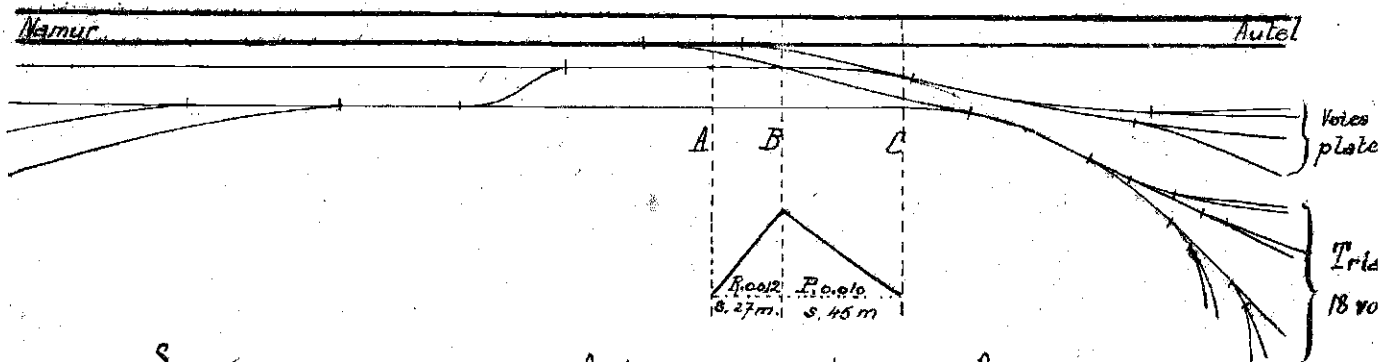
A cinquante mètres environ des premières aiguilles du faisceau de triage, les voies de débranchement sont relevées en dos d'âne : horizontales sur leur plus grande longueur ces voies présentent une coupe de 0 m 12 en avant du point A, puis une contre-



pente de 0 m 10 sur 45 mètres sur la partie AC qui précède les aiguilles.

Lorsqu'on a préparé les coupures de manière à n'avoir plus qu'à décrocher les barres d'attelage entre les diverses coupes, une machine refoule lentement et régulièrement tout le train. Au fur et à mesure qu'une des coupures atteint le point A, un agent fait sauter la barre d'attelage à l'aide d'une perche en bois, et la coupe de wagons prend une accélération en chute libre sur un parcours AC toujours identique.

Gare d'Arlon



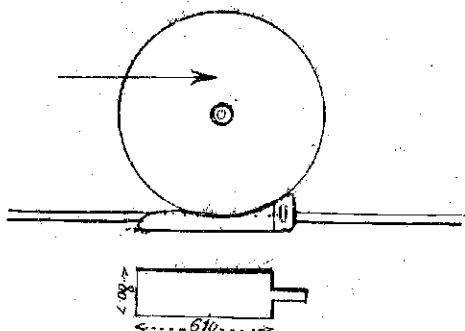
Les terrassements sont relativement réduits en le niveau des points B et C peut être sensiblement le même. Dans les grandes gares de triage allemandes installées récemment, comme à Mannheim (où le mouvement journalier est de 8000 wagons par 24 heures), on a généralisé l'emploi des dos d'âne tant pour le débranchement que pour le classement géographique.

Rattrapage. — Quel que soit le type adopté, il faut afin d'éviter les chocs dans le triage, prendre des dispositions spéciales pour modérer la vitesse des wagons lancés dès qu'ils sont parvenus assez loin sur les voies. Une équipe d'agents de manœuvre dits rattrapeurs est spécialisée à cette besogne et plusieurs moyens sont employés dans ce but :

- 1° serrage des freins à contrepoids ou des freins à main si les wagons en possèdent (en c'est le plus grand nombre) ;
- 2° emploi d'un bâton de manœuvre que l'agent introduit entre le longeron du véhicule et la roue, pour coincer le bandage

en jouer le rôle de sabon ;

3^e emploi d'un sabon métallique muni d'une poignée que les agents disposent à l'avance, à cheval sur le rail, aux points convenables (en général à une dizaine de mètres du point où l'arrêt doit se produire) ; le frottement de roulement est remplacé par un frottement de glissement du sabon sur le rail qui absorbe une plus grande force vive ; après, le wagon redescendant lui-même du plan incliné, le sabon peut être retiré en place sur un autre point.



4^e dans les faisceaux de triage en cul-de-sac, les voies sont relevées généralement en rampe de 3 à 5 mm vers leur extrémité, afin d'aider au ralentissement des wagons lancés.

Influence du sens. — Dos d'âne plus relevés pour la mauvaise saison. — L'influence du sens en des perturbations atmosphériques intervient défavorablement au point de vue du roulement des wagons. Lorsque cette action retardatrice est très marquée (dans la mauvaise saison), les wagons ont tendance à s'arrêter trop vite, certains d'entre eux, roulant moins bien, engagent les croisements, en il en résulte une diminution sensible du débit du triage. Lorsqu'on débranche par lancement avec une machine, on en tient compte en lançant plus fort ; dans le triage sans dos d'âne, on abandonne les wagons de plus haut sur la pente. Mais dans les triages avec dos d'âne, on n'a pas cette ressource, en il faut dès lors établir le dos d'âne pour vaincre les difficultés de la mauvaise saison en tenir compte du sens contraire : on les établit avec des hauteurs de chute de 1 m 30 à 1 m 40, des pentes de 15 mm sur 50 mètres de longueur en de 5 à 6 mm sur toute la traversée des appareils d'aiguillage.

En Allemagne, où on adopte maintenant en grand cette disposition, on corrige l'excès de hauteur de chute, en disposant à faible distance des aiguilles, des sabots à poignées qui provoquent un ralentissement suffisant, après quoi, on fait dérailler le sabot et on laisse rouler les wagons au-delà.

En Amérique, on a tourné la difficulté en établissant sur deux voies de débranchement placées côte à côte des dos d'âne de hauteur différente, le dos d'âne le plus élevé, donne la pente atteinte 20 % sur une certaine longueur, étant utilisé dans la mauvaise saison.

Comme compléments d'installations relativement aux triages, il faut citer la réunion des leviers d'aiguilles du faisceau de triage dans un poste de concentration, ce qui permet de gagner du temps pour la manœuvre des aiguilles.

En Amérique, dans certaines gares, on a imaginé d'assurer le retour des équipes rattrapées vers le dos d'âne au moyen d'une voiture remorquée sur une voie spéciale ou d'une automotrice. On y a installé également sur certains points des ponts-bascules automatiques qui, intercalés entre le dos d'âne et les premières aiguilles permettent d'effectuer le pesage des wagons à la volée (jusqu'à 9 à la minute).

Prix de revient. — A Condren, d'après les chiffres moyens établis sur un total de 1400 wagons par jour passant au triage, le prix de revient des manœuvres de triage par la gravité — débranchement seul — est de 0 f. 12 par wagon (0 f. 25 par wagon comme prix de revient total des manœuvres multiples effectuées depuis l'entrée jusqu'à la sortie de la gare, y compris classement par conséquent), alors que, dans les triages opérant sans utiliser la gravité, ce prix de revient atteint couramment 0 f. 20.

Le triage par la gravité est donc plus rapide et plus économique, et on l'a appliqué un peu partout dans toutes les gares recevant journalièrement plus de 1200 wagons à débrancher. Le débranchement d'un train complet se fait, couramment en 15 ou 20 minutes, et ce système expéditif permet d'obtenir des séjours de wagons réduits à une heure ou deux dans certaines grandes gares bien organisées, alors que dans les autres gares un peu chargées ne possédant pas de voies en pente, le stationnement moyen des wagons à débrancher atteint 6 heures et même 10 heures.

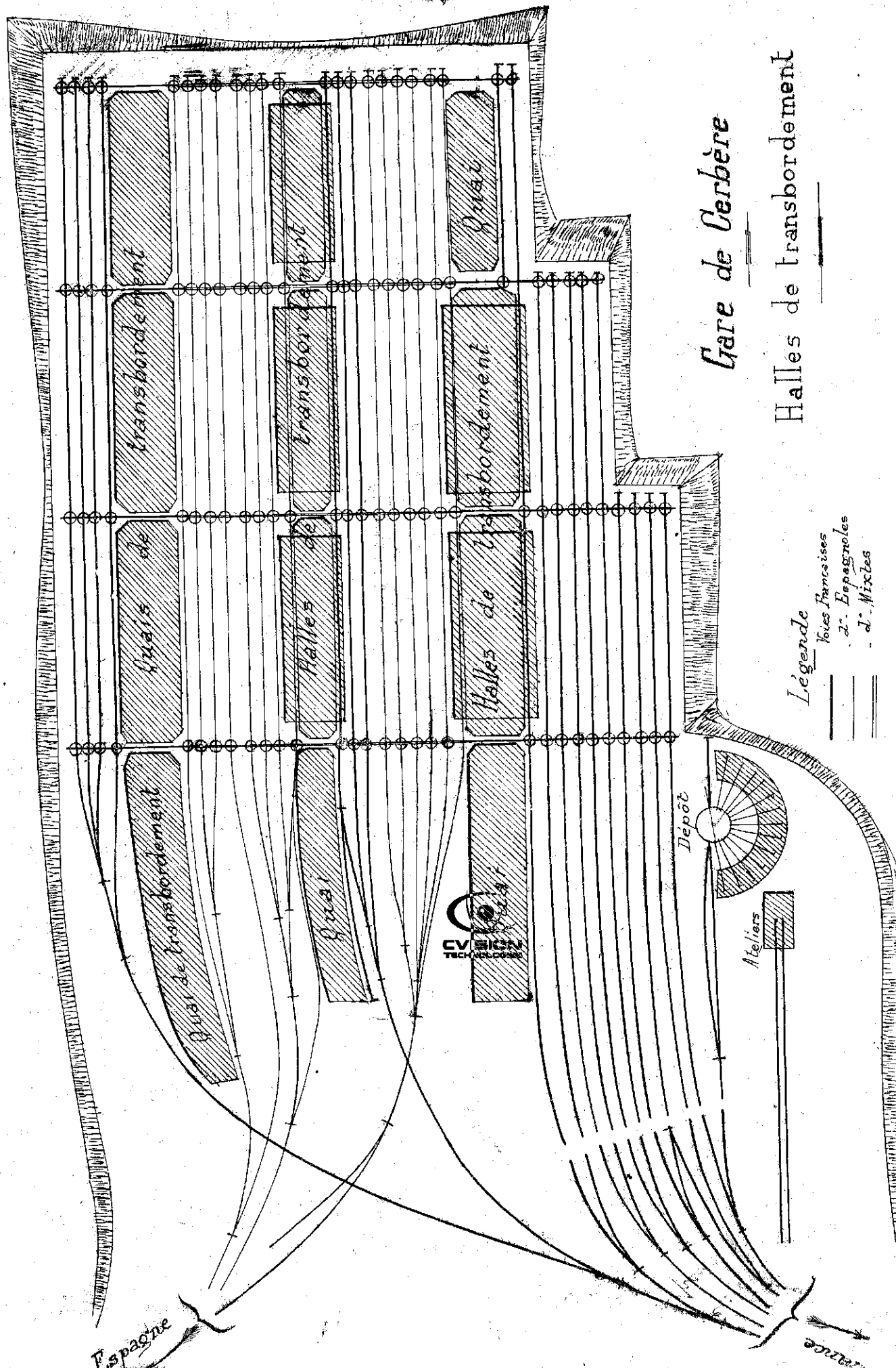
Grandes gares de transbordement. — Dans les gares communes à deux réseaux voisins, on est appelé à transborder, du matériel de la Compagnie expéditrice dans celui de la Compagnie destinataire, un certain nombre de marchandises.

Si les deux réseaux voisins ont des voies d'écartement différents, toutes les marchandises sont à transborder sans exception. Il faut alors disposer d'un certain nombre de quais de transbordement découverts ou de halles de transbordement. Qu'ils soient couverts ou découverts, ces quais, établis à une hauteur de 0 m 90 à 1 mètre au-dessus du niveau des rails, sont encadrés d'un côté par la voie à écartement le plus large, de l'autre par la voie à moindre écartement.

Des voies contiguës distinctes établies de part et d'autre et reliées par plaques tournantes aux précédentes servent au dépôt des wagons à passer au transbordement, ou de ceux qui en sortent.

Si les deux réseaux voisins ont des voies de même écartement, bon nombre de wagons à chargement complet sont de bout en bout sans transbordement. Au contraire les marchandises de détail sont en grande partie transbordées.

Depuis quelques années, en vue de réduire ce transbordement, les grandes Compagnies s'entendent entre elles pour faire former au



Gare de Cerbère

Halls de transbordement

- Légende*
- Voies françaises
 - 2^e. Espagnoles
 - 3^e. Mixtes

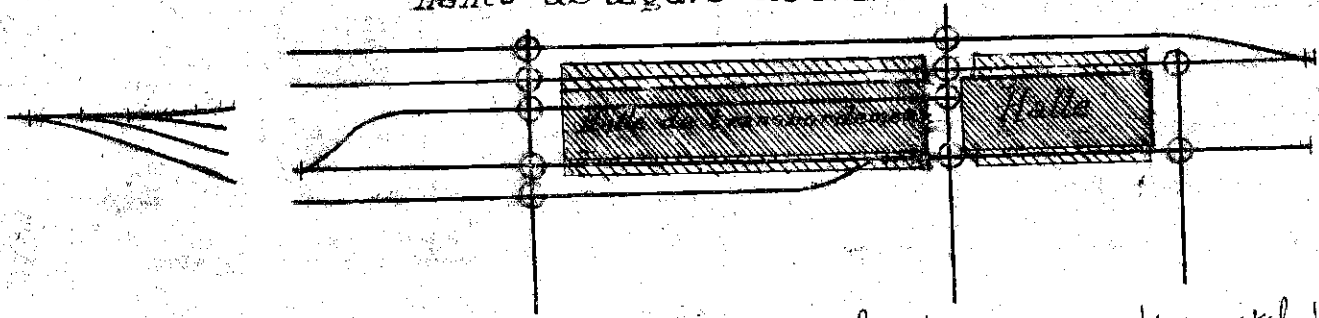
départ de certaines de leurs grandes gares des wagons de détail pour les grandes gares de l'intérieur du réseau voisin.

D'autre part, nous avons vu, en passant en revue les méthodes perfectionnées mises en œuvre pour l'acheminement rationnel des marchandises de détail, que certaines grandes gares de bifurcation de l'intérieur d'un réseau ont à assurer un service de transbordement très important. On affecte donc à ce service spécial des halles distinctes, dites halles de transbordement, dans lesquelles doivent passer tous les wagons d'affectation de détail qui ont à prendre ou laisser des colis de ou pour diverses directions.

Dans les halles de transbordement, les colis n'ont à séjourner sur les quais que tout à fait exceptionnellement. En général, on transborde directement les colis d'un wagon de détail à un autre par roulage sur le quai vis-à-vis duquel ils sont tous deux en batterie. Il s'en suit que les quais des halles de transbordement doivent avoir une largeur restreinte et au contraire une grande longueur, attendu que les colis extraits d'un même wagon doivent pouvoir être rechargés directement dans plusieurs autres wagons d'affectation en correspondance avec le premier.

Lorsque dans une gare, le service de transbordement est très important, on dispose de plusieurs halles de transbordement. Dans certaines gares, comme Strasbourg, on a accru notablement la capacité et le rendement de la halle de transbordement en y installant, entre les deux voies latérales, une voie médiane en impasse. Cette disposition permet de grouper un plus grand nombre de wagons en correspondance et de réduire la longueur du chemin à parcourir sur un même quai pour le service d'un wagon déterminé : des ponts de transbordement permettent de faire le roulage d'un quai à l'autre. Les brigades d'agents travaillent alors plus facilement sans se gêner les uns les autres.

Halles de lagare de Lann



Dans les très grandes gares de transbordement ce dispositif du double quai est adopté avec deux voies contiguës (au lieu d'une seule) dans l'axe de la halle.

A la gare du Bourges, la halle de transbordement de la Ceinture vers le Nord - qui ne comporte pas moins de 176 mètres de longueur sur 23 mètres de largeur - est installée sur ces bases avec des ponts-levis permettant de traverser les deux voies du milieu en deux points distincts. La largeur des quais a été réduite à 4 mètres.

On a transbordé dans cette halle, au cours d'une même année, 70.000 wagons représentant 213.000 tonnes d'arrivages en 2800.000 colis, avec un personnel de manutention d'une centaine d'agents.

Pour terminer ce qui concerne le transbordement des colis de détail, il faut noter que, dans les gares moyennes de bifurcation, on fait avancer sur une voie contiguë à celle occupée par le train de détail, un wagon din rouleur qui on amène successivement côte à côte avec les wagons d'affectation du train. Le plancher de ce wagon rouleur, qui est une sorte de prolongement de la halle locale reçoit provisoirement les marchandises de détail pour la gare même ou à faire continuer par les wagons d'affectation du train ou à en extraire pour être transbordées à destination des lignes d'embranchement, dans les wagons d'affectation qui séjournent dans la gare en passant au quai de la halle.

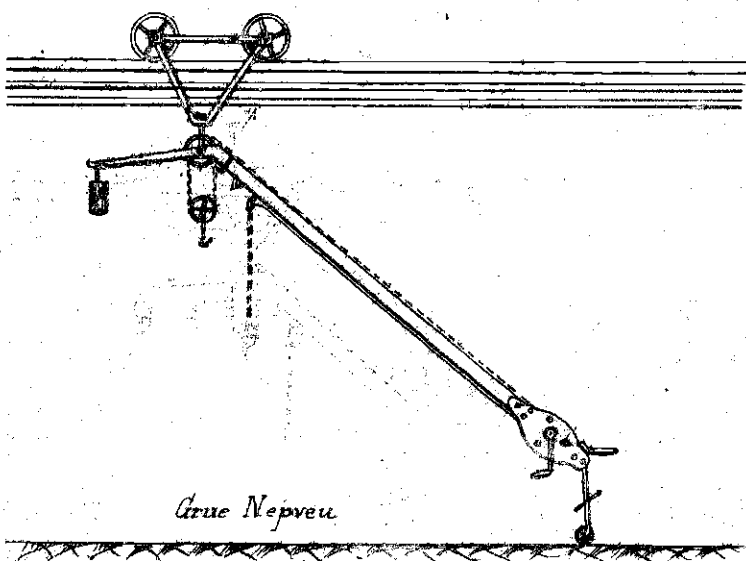
Grandes gares de marchandises spécialisées

Grandes gares de marchandises spécialisées. — Dans les grosses agglomérations, en les centres industriels importants, on a conduit à créer — assez loin, parfois, des gares à voyageurs, qui sont réservées à la grande vitesse — des installations très considérables, comportant plusieurs halles de grandes dimensions, spécialisées au service des marchandises.

Le manque de place en longueur oblige souvent à installer ces halles sur deux lignes parallèles. Il en est ainsi à Paris pour toutes les grandes Compagnies.

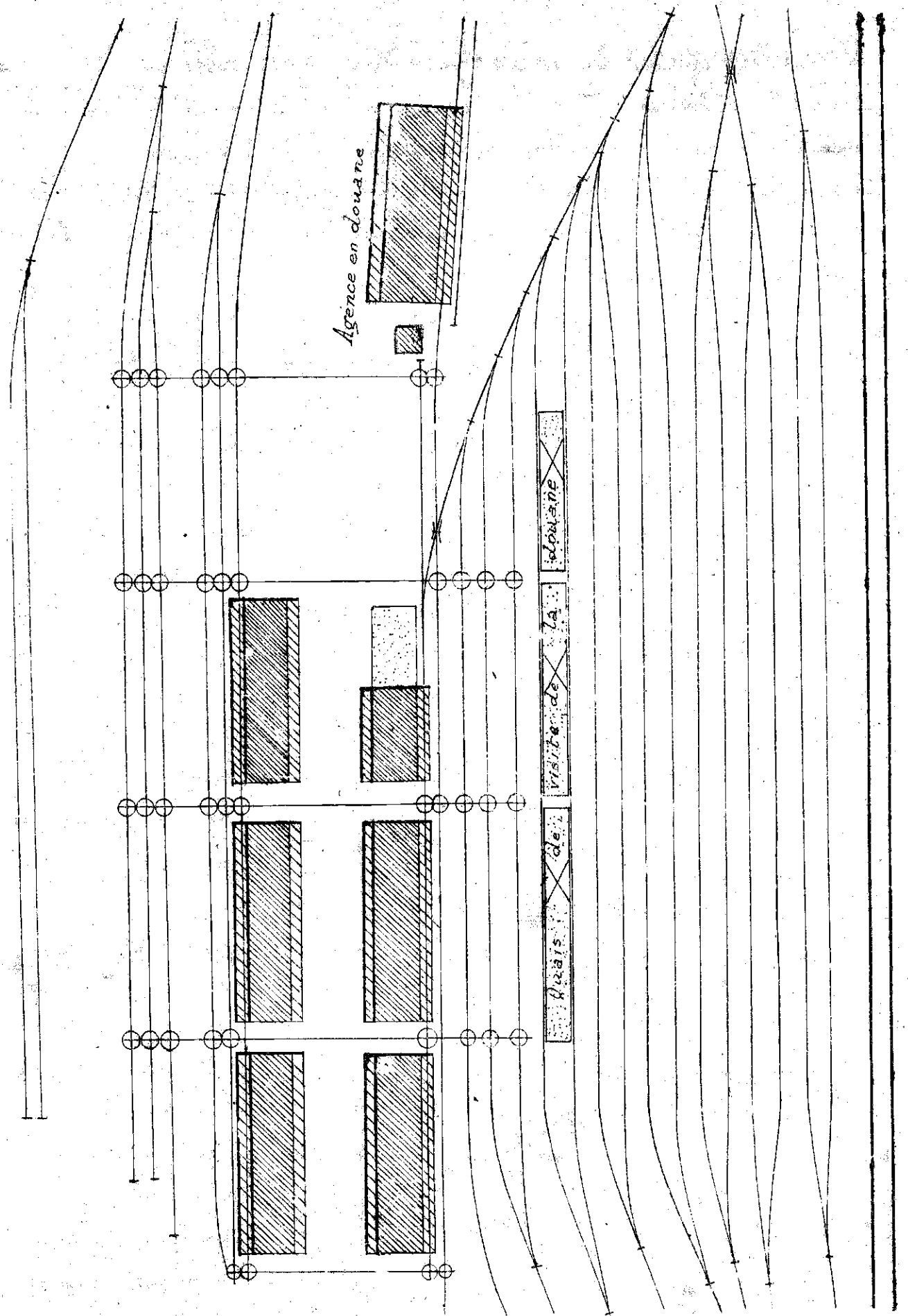
Contrairement à ce qui existe dans les halles de transbordement, les colis déchargés devant séjourner un temps appréciable sur les quais, on doit donner à ceux-ci une grande largeur (20 à 25 mètres), ce qui permet de ranger par travées, vis-à-vis d'un même wagon, les marchandises qui en sont extraites. Sur l'un des grands côtés court une voie, tandis que de l'autre côté du quai de 0 m. 90 de hauteur environ viennent accoster, en suivant une chaussée pavée, les chariots du commerce.

Les quais se trouvant ainsi à peu près à hauteur du plancher des wagons, les opérations de manutention se font par roulage. Certaines travées comportent toute-



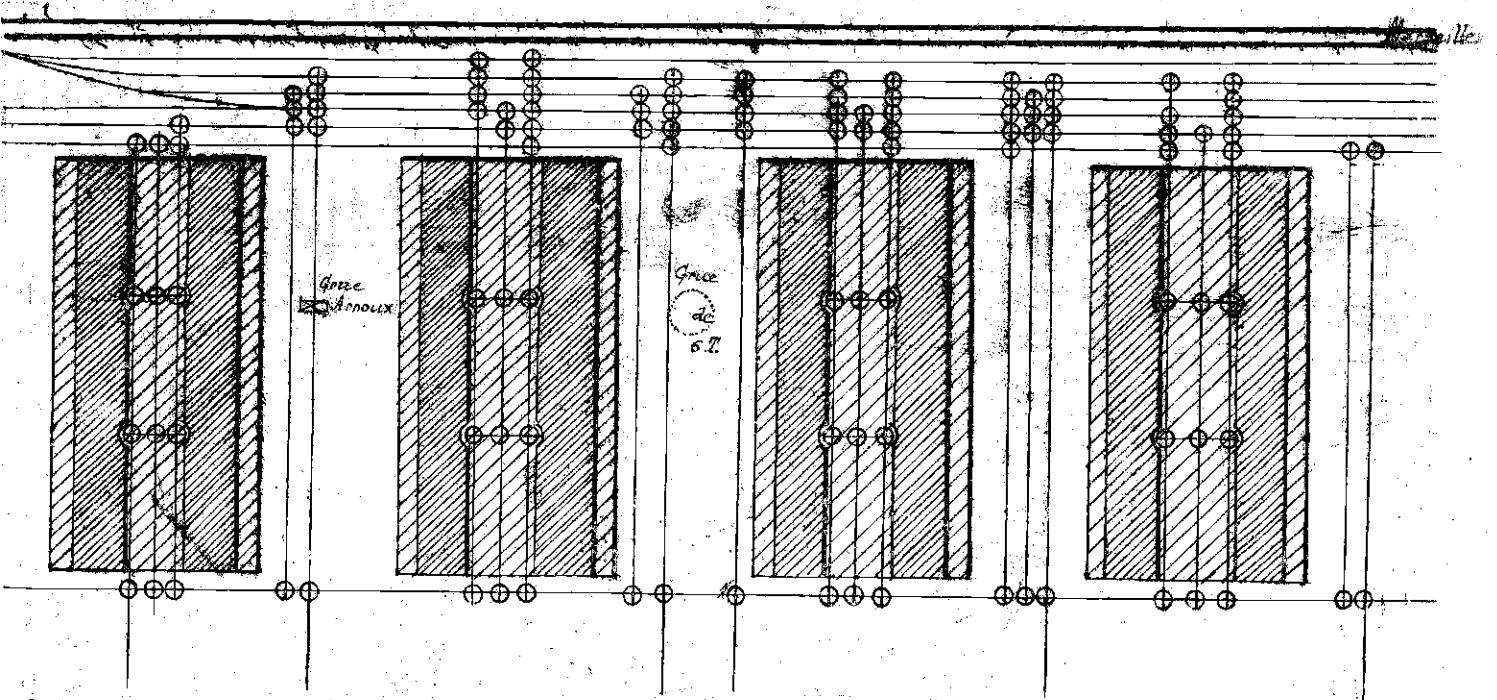
fois des grues roulantes avec chemin de roulement supérieur susceptibles de soulever de grosses masses indivisibles. Les grues Népveu de 2.000 k^g sont très pratiques à ce point de vue, parce que très facilement maniables.

Une solution heureuse pour l'emplacement des



Gare de Tourcoing. — (Halle)

Halles normales de Paris-Bercy



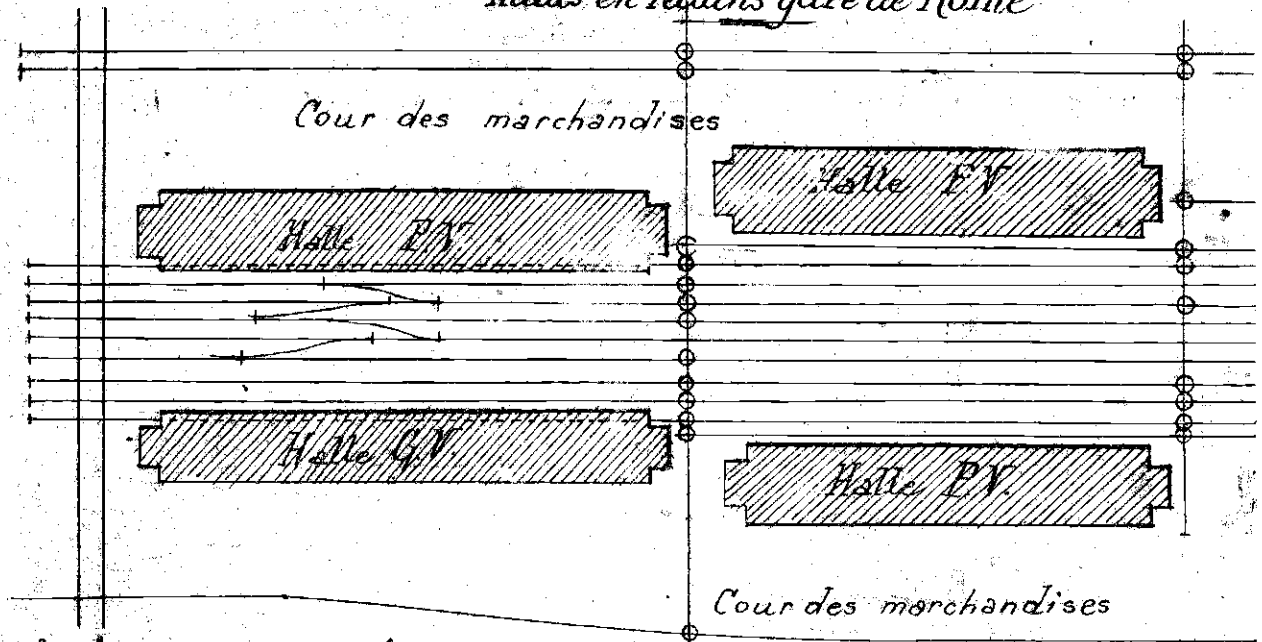
halles consiste à les disposer parallèlement aux voies de garage (halles parallèles) en de manière que les voies des halles se détachent du faisceau des garages, soient directement desservies par aiguilles (gares de la Chapelle, Courcoveing, voir p. 318).

Dans ce système, on peut, une ou deux fois par jour, refaire complètement le garnissage des halles au moyen de la machine. Des traversées rectangulaires avec plaques tournantes séparant les halles donnent la possibilité d'effectuer, dans les intervalles, à l'aide de cabestans hydrauliques ou électriques, des manœuvres spéciales de mise en place ou de retrait de wagons, au moyen de 2 rotations sur plaques.

Dans le système des halles normales (gare de Bercy L. & M.) tous les wagons doivent au contraire subir une rotation sur plaque.

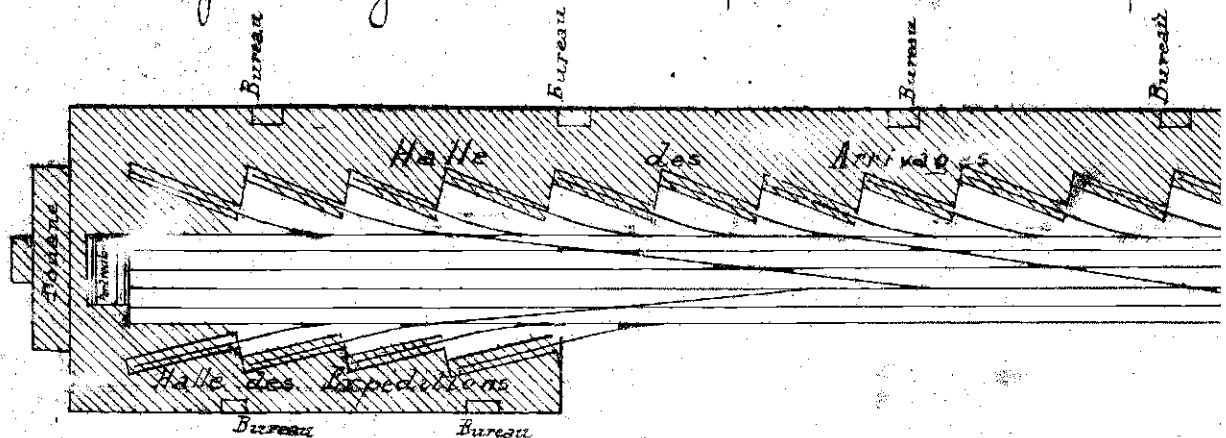
Au lieu de commander une ligne de halles parallèles par une même voie, on peut disposer les diverses halles d'une même ligne en retrait l'une par rapport à sa voisine de manière à

Halles en redans gare de Rome



les faire desservir chacune par une voie en impasse distincte reliée aiguilles au faisceau des garages : c'est le système des halles en redans appliqué en particulier à la gare de Rome (Termini). On peut alors desservir une halle sans gêner les autres.

Dans les gares moins importantes, on peut chercher à obtenir un avantage analogue en desservant par des voies courtes spéciales



Halles de la gare de Zurich

disposées en arêtes, des longueurs de quai de deux ou trois wagons.

C'est le cas des halles dentelées appliquées à la gare de Zurich par exemple, dans lesquelles un retrait de wagon n'oblige à déplacer qu'un seul wagon au plus.

On va alors étudier plus en détail, sur l'exemple de la gare de Lille St Sauveur (croquis p. 322), l'outillage d'une grande gare de marchandises petite vitesse.

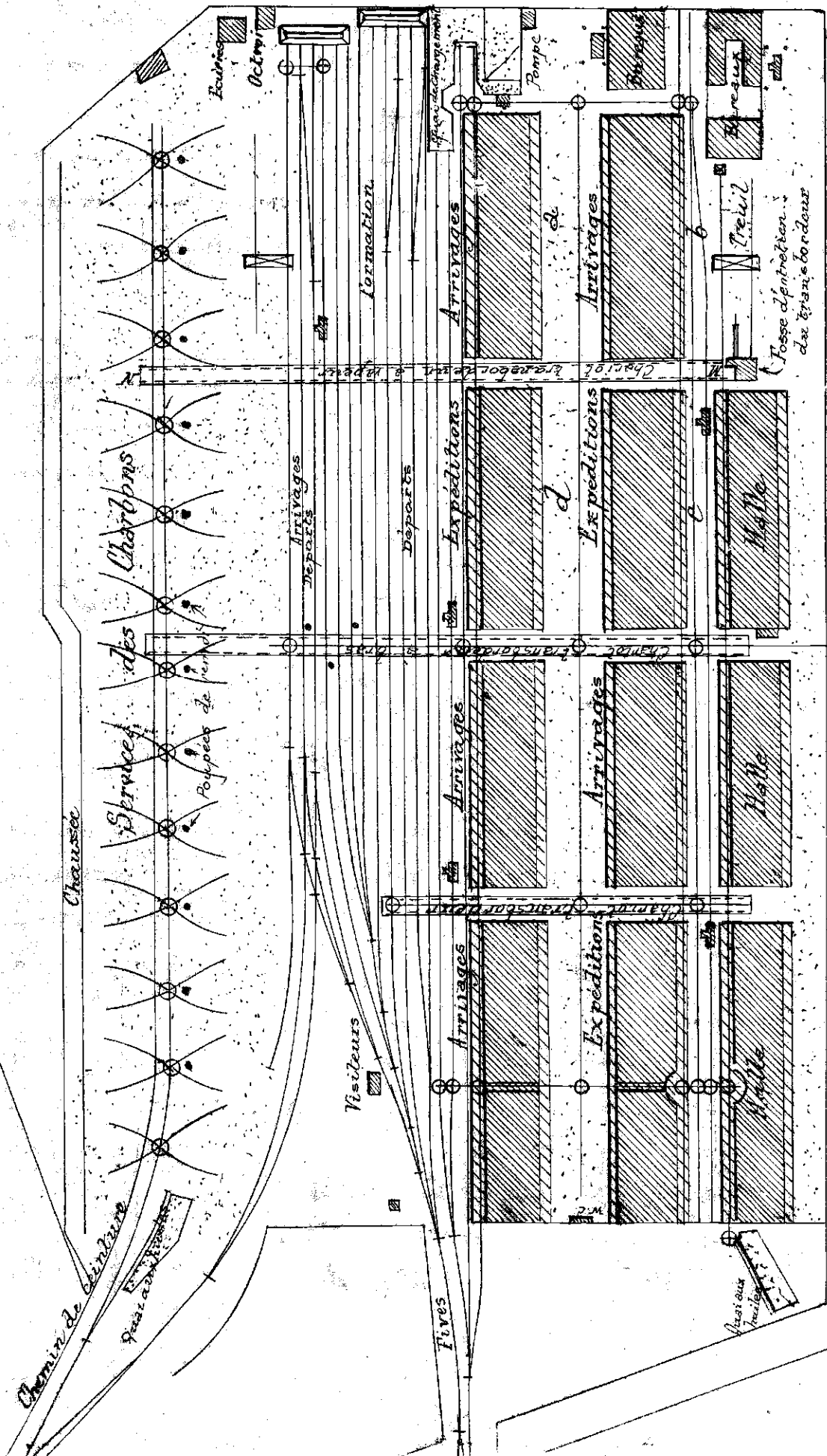
On trouve à Lille St Sauveur une disposition complexe de halles parallèles, attendu que la première ligne de halles est seule reliée par aiguille au faisceau des voies de garage; les deux autres lignes sont exclusivement desservies par des chariots transbordeurs à niveau, au nombre de trois.

Limitée étroitement par les fortifications en le boulevard avec un accès souté réduit à deux voies seulement, la gare de Lille St Sauveur comporte un faisceau de 15 voies de garage terminées en impasse. Ses trains sont reçus sur certaines voies qui sont reliées aux voies voisines par des jonctions pour le dégagement des machines. La voie extérieure du faisceau, desservie par deux treuils (dont un treuil à bras, en bois de 10 T., en un treuil en fer, à vapeur, de 20 T.) est affectée au déchargement par le public des wagons complets qui comportent de grosses marchandises indivisibles.

Ses autres wagons complets, en particulier les charbons, sont mis en batterie sur les voies en X qui règnent sur toute la longueur de la cour de débord. Certaines de ces voies en X sont d'ailleurs prolongées pour desservir des terrains loués pour dépôts (recouverts ou non de hangars).

Sur  chaque groupe de 2 voies en X est une plaque tournante. Toutes les plaques tournantes de l'espèce sont situées sur une même voie de grande longueur qui côtoie une seconde voie toujours libre servant de voie de circulation à une petite machine de manutention à cabestan. Les wagons à mettre en place sur les voies en X étant refoulés sur la voie des plaques

Gare de Lille-St Sauveur



la machine de manutention les fait tourner sur plaque en les place sur l'une ou l'autre des branches. Ces branches n'ayant qu'une longueur de 3 ou 4 wagons, on peut facilement y placer ou retirer de nouveaux wagons dans le courant de la journée sans entraver la manutention de tous les autres wagons qui sont sur des voies courtes différentes.

Cette disposition, qui a été reproduite à Roubaix, à Arras, à La Chapelle, permet en outre de louer aux commerçants, dans les angles compris entre les branches des X des terrains pour dépôts faciles à desservir malgré leur grand nombre.

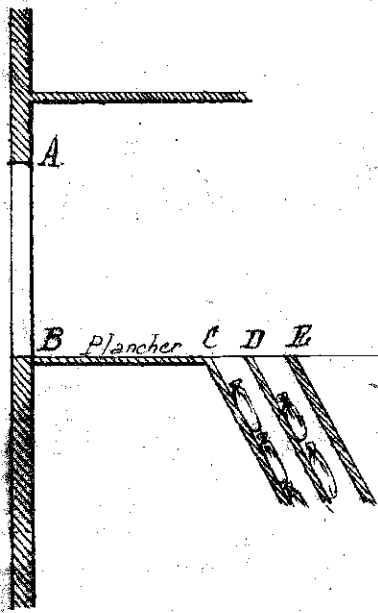
Les halles ont des affectations particulières : certaines sont utilisées pour les expéditions de marchandises par wagons complets dont la manutention incombe à la Compagnie ; d'autres sont affectées aux arrivages ^{ou aux expéditions} des colis de détail. La 3^e ligne, desservie par une cour spéciale, reçoit les marchandises du service international.

Deux des chariots à niveau sont du type à arcade non pourvu de moteur ; on y attèle une petite machine de manutention à cabestan. Le 3^e chariot est un transbordeur à vapeur qui comporte à côté du chariot à niveau proprement dit, une petite machine à vapeur avec appareil de calage en cabestan. Les chemins de roulement de deux des chariots traversent tous le faisceau des voies de garage et atteignent même la voie mère de la batterie des voies en X.

Les halles sont pourvues de grues Stipsen de 2000 kilogs à chemin de roulement supérieur, et de grues à pignon de 1000 kilogs.

Dans les gares anglaises, où certaines halles jouent le rôle d'entrepôts pour les grosses maisons, on a en recours à des magasins à double étage et à sous-sol.

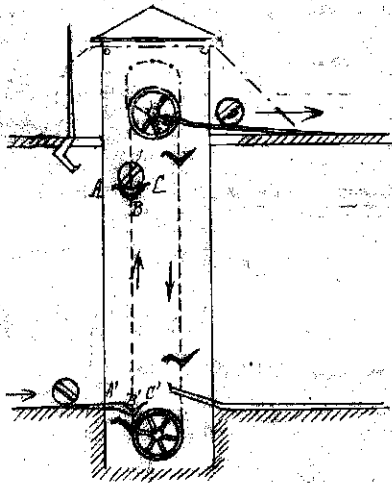
C'est le cas, en particulier, de la nouvelle gare de New Bridge Street, à Newcastle, où toute l'étendue des quais doit dès lors être desservie par des engins de levage mécaniques. Au lieu de grues hydrauliques fixes à pivot que comporte (au nombre de 54, pour une longueur de quais de 456 mètres) l'ancienne gare de Forth Banks (Newcastle), la nouvelle halle à marchandises de Bridge Street met en œuvre 9 grues roulantes électriques à pivot, produisant le même effort utile que les 54 grues de Forth Banks. Ces grues électriques à pivot sont suspendues aux fermes du bâtiment en n'apportant aucune gêne sur les quais; elles peuvent prendre un mouvement de déplacement transversal sur un chemin de roulement solidaire d'un pont roulant, ce qui leur permet de desservir une étendue considérable.



Cette même gare comporte également un magasin à sacs de farine où les sacs sont emmagasinés dans des couloirs inclinés C, D, E. On les élève à l'aide d'un treuil électrique, par les fenêtres de AB en on les transporte jusqu'aux trappes d'accès des couloirs C, D, E, etc.. Ces couloirs sont en grand nombre en agencés de manière qu'à la partie inférieure un agent peut, par le jeu de trappes appropriées charger un wagon avec les sacs provenant d'un groupe de couloirs.

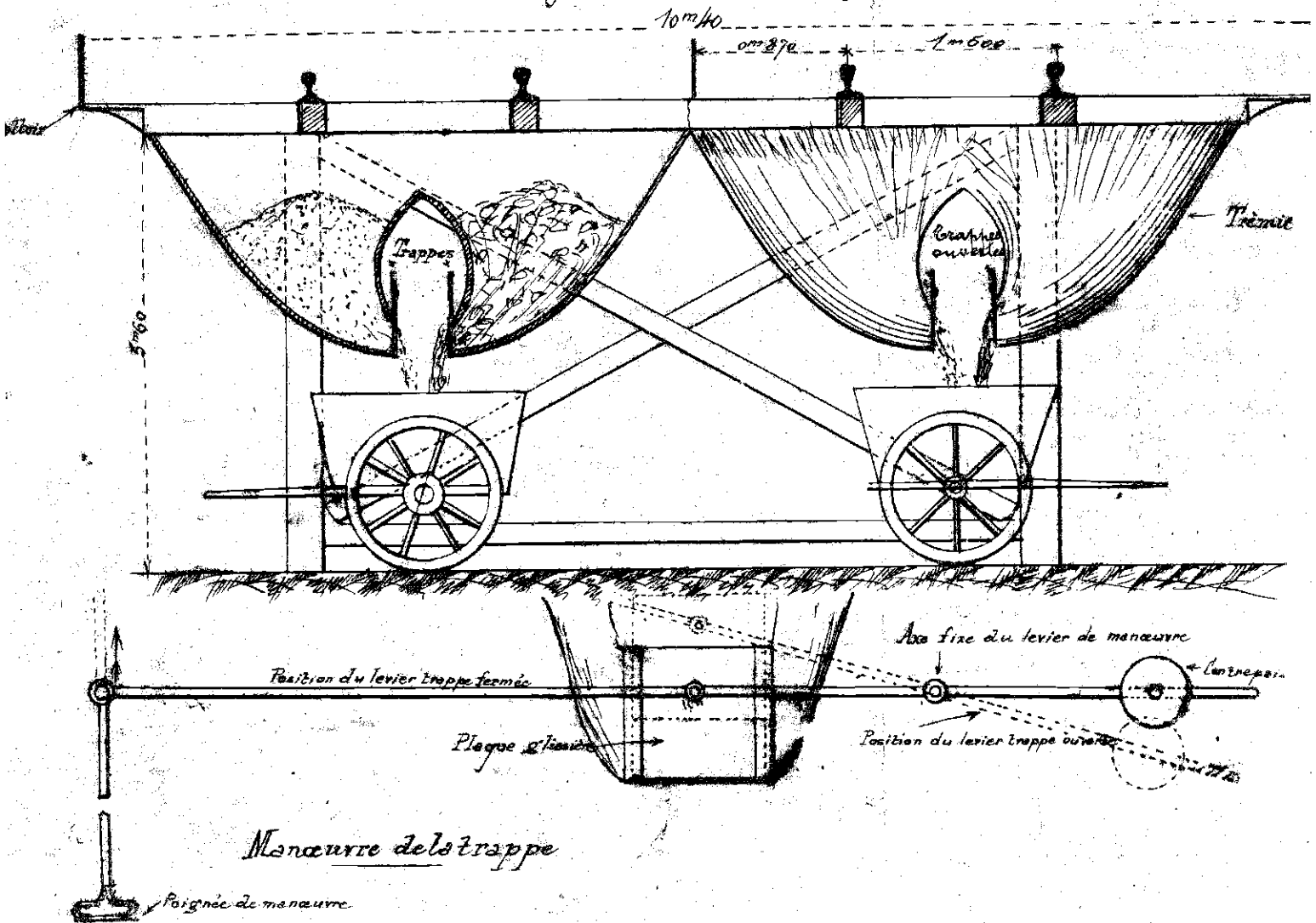
provenant d'un groupe de couloirs.

Comme outillage de gare de marchandises à étages, on peut citer en France, le monte-fûts continu qui fonctionne dans la gare de Paris. Ixey (P.O.) et dans lequel une chaîne sans fin, mue électriquement, porte 4 supports spéciaux en forme de peigne angulaire ABC. Le fût est amené sur un plancher mobile A'B'C' de



même forme, mais, dans les dents, pour laisser passer celles des supports *ABC*, l'un de ces supports *mobiles ABC* prend le fin, au passage en le monte à l'étage supérieur, au insersement. Les supports *ABC* sont munis de bras porteurs de galets en sc, se déplaçant dans la rainure d'un guidage spécial. L'appareil permet de monter 80 à 100 fûts à l'heure.

Estacades. — Pour activer les opérations de déchargement des marchandises pondéreuses amenées par grandes masses, comme les charbons, on a établi dans certaines grandes gares de silles industrielles (Courcoing, Roubaix-Annex), des estacades en fer supportant deux longues soies en impasse dominant chacune une ligne de trémies de grandes dimensions.



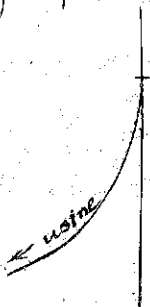
Ces trémies sont fermées à la partie inférieure par des trappes à contrepoids manœuvrables de la partie inférieure. Moynant une redescance minime (0¹50 par wagon 10¹) la Compagnie fait décharger rapidement les wagons dans les trémies des destinataires intéressés. Ceux-ci peuvent ensuite prendre charge menue, par petites portions, du contenu des trémies, en les vidant directement dans des tombereaux, c'est-à-dire avec une durée de manutention presque nulle. En permettant de déverser simultanément dans une même voiture partie du contenu de deux trémies voisines, le système permet aux industriels de faire des mélanges sans aucune main d'œuvre.

La Compagnie du Chemin de fer y trouve l'avantage d'une libération plus rapide du matériel, en même temps que les industriels, dont l'usine ne peut être reliée par voie de fer à la gare, ont le moyen de simplifier les opérations de transbordement qui leur incombent.

Raccordements industriels. — D'assez bonne heure, vers 1860, l'industrie minière éprouva le besoin d'établir, entre ses installations et les lignes ferrées, des raccordements industriels ayant plusieurs kilomètres de développement. L'avantage étant considérable pour accroître leur rayon d'action, tous en réduisant au minimum les opérations de chargement et de transbordement, les autres grandes industries suivirent son exemple sans tarder.

Depuis, même les plus petites industries sont rentrées dans cette voie, en c'est-à-dire que, dans les centres industriels, on trouve jusqu'à 16 embranchements particuliers dans une même gare.

Assez souvent, les dispositions locales obligent à établir ces raccordements avec une voie d'amorce unique sondée par aiguille ou par plaque tournante sur une voie latérale.



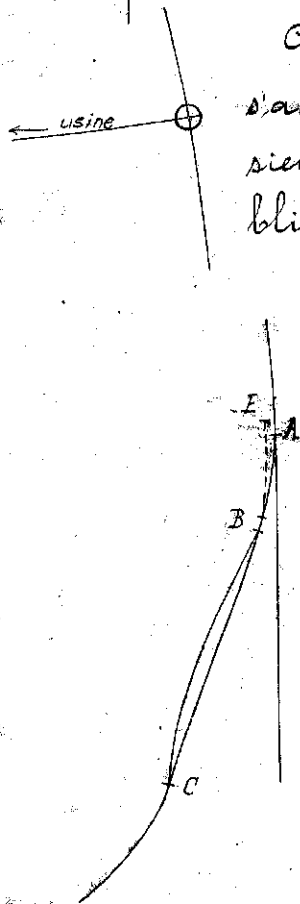
latérale de la gare (voie de ceinture). Mais, en raison des sujétions qui en résultent, en pour l'industriel, en pour le Chemin de fer, ces dispositions sommaires sont à écarter.

Chaque fois que la chose est possible, en quand il s'agit d'industries appelées à recevoir chaque jour plusieurs wagons chargés ou vides, il est préférable d'établir près du Chemin de fer, deux voies *BC* formant demi-lune en sautoir, à la voie de ceinture de la gare par une aiguille *A*. Si une des voies reçoit les wagons destinés à l'usine, l'autre ceux qui sont restitués chargés ou vides.

Si la voie de raccordement est en pente vers le Chemin de fer, une petite voie en cul de sac, *BE*, dite impasse de sécurité est nécessaire.

Pour les embranchements particuliers à établir en pleine voie, en dehors du périmètre des gares, il faut adopter la disposition ci contre avec liaison par aiguilles aux deux extrémités pour rendre possibles les manœuvres de wagons par les trains de passage des deux sens. Des impasses de sécurité sont nécessaires en l'embranchement, à supporter les frais d'installation de 2 disques à distance en les enclenchements, à réaliser entre ces signaux et les aiguilles de sautoir de l'embranchement.

Si les machines n'ont pas à accéder sur les embranchements particuliers, il suffit que les rayons des courbes ne soient pas inférieurs à 75 mètres. Pour que les embranchements soient accessibles aux machines, il faut autant que possible



qu'ils ne comportent pas de courbes de rayon inférieur à 150 mètres ; on accepte à la rigueur des rayons de 125 mètres. Ses pentes ne doivent pas dépasser 20 m/m par mètre pour la desserte au moyen de machines.

La largeur disponible pour l'établissement d'une voie doit être de 3 m²⁵ au minimum non compris les fossés en garages pour piétons. Le bord des quais dans l'usine doit être placé à 1 m⁶⁰ de l'axe de la voie.

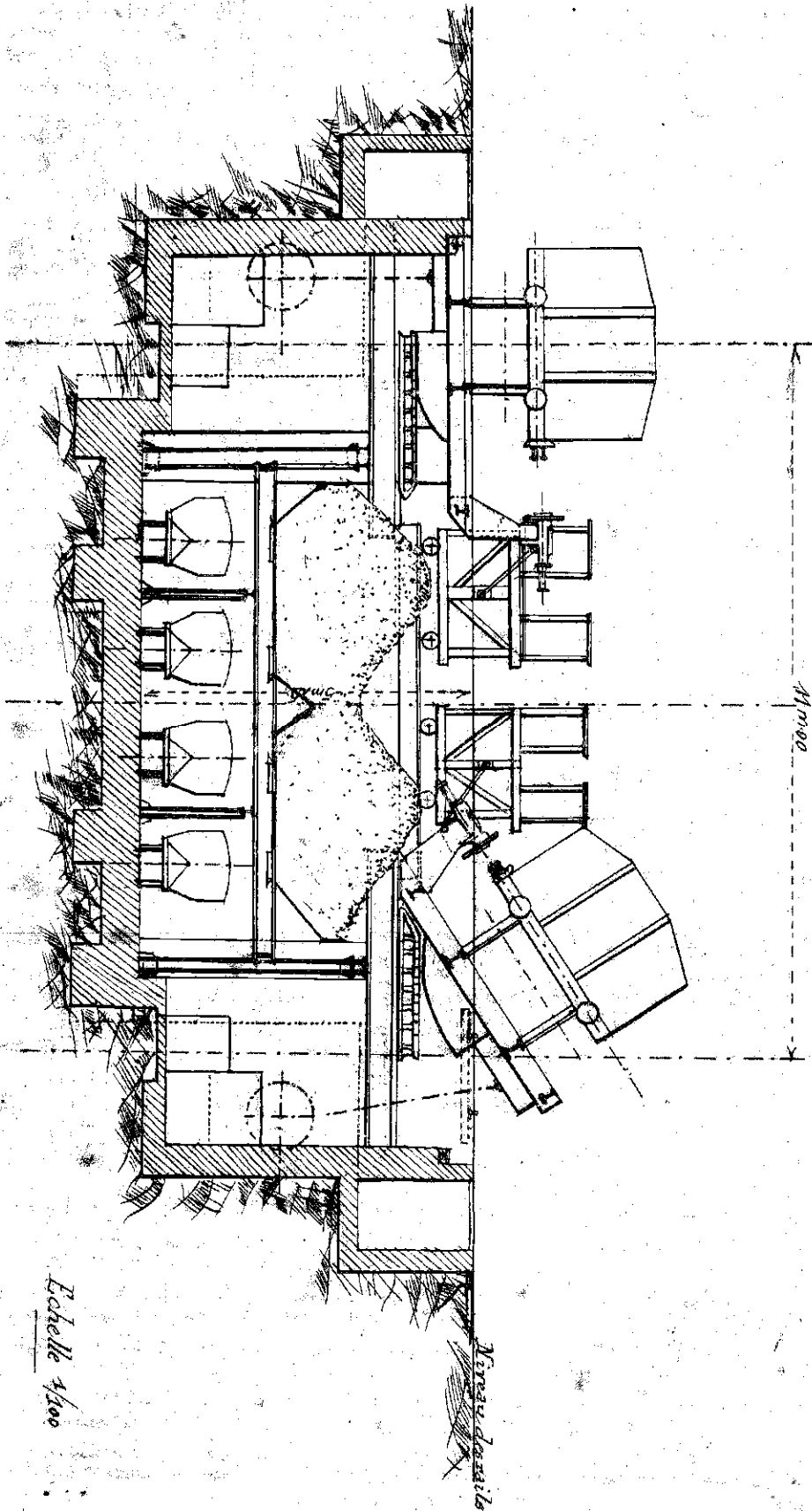
Les projets d'embranchements particuliers, arrêtés après accord avec les Compagnies de Chemins de fer, sont soumis à l'homologation ministérielle. Ils ne sont mis en service qu'après un récolement officiel du Service du Contrôle.

L'article 62, du Cahier des charges, qui régit les embranchements particuliers, précise qu'il ne devra résulter pour les Compagnies, du fait de l'installation des embranchements, aucune dépense supplémentaire d'établissement ni d'exploitation. Ses frais d'installation, d'entretien, et de manœuvres spéciales à la desserte des embranchements s'il y a lieu sont donc entièrement à la charge des embranchés.

À l'époque actuelle, où les industries doivent chercher à réduire leurs frais généraux, donc la main d'œuvre est un des principaux facteurs, non seulement les embranchements particuliers s'imposent, mais ils doivent être conjugués à des installations spéciales appropriées à chacune d'elles industries.

On peut citer, à ce sujet, les installations de chargement avec estacades à trémières noyées dans les mines, ainsi que dans les carrières pour le chargement des pierres à macadam, sables, etc. — une mention spéciale s'impose pour l'installation récente avec basculeurs de la sucrerie de Lons d'Arden qui, dans la période active de réception des betteraves ne reçoit pas moins de 200 wagons

Coupe transversale de la trémie & des basculeurs de la pucierie
de Goum d'Ardes ~



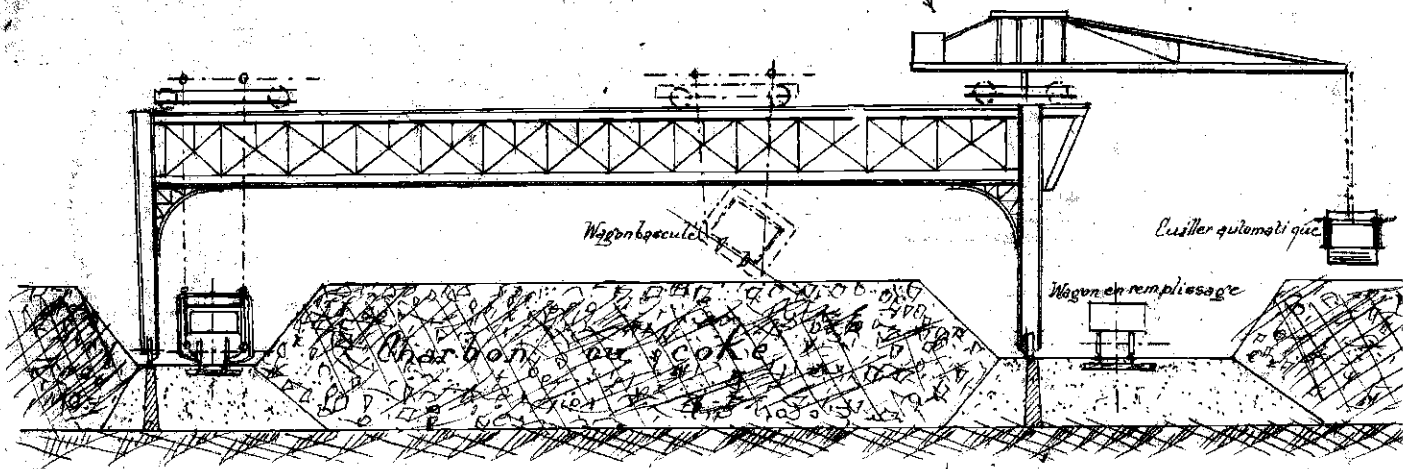
Echelle 1/100

par jauge, indépendamment des réceptions par chariots ou par bateaux.

La figure ci-contre indique comment la Compagnie des Mines de Béthune utilise pour constituer ses stocks un pont parcouru de 50 m. de portée qui permet, d'une part de soulever et de culbuter

Pont parcouru de 50 m. de portée

Grue roulante et pivotante pour la reprise au stock



ter dans un bécane culbuteur les wagons de charbon ou de coke à décharger au stock et, d'autre part, de reprendre ces stocks pour remplir des wagons au moyen d'une grue à pince armée d'une cuiller automatique.

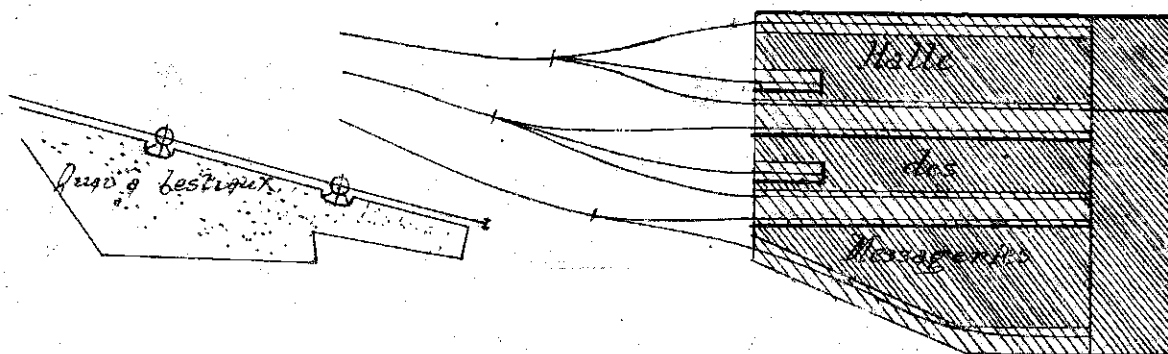
Installations spécialisées au service des messageries.

Ici nous avons défini les méthodes d'acheminement des colis messageries en des colis postaux qui reposent essentiellement sur l'organisation des trains de messageries et des fourgons d'affectation. Dans les gares importantes, les halles et les bureaux de messageries, sous, en général, installés à proximité de la gare des voyageurs (voir gare de St Omer).

Dans les très grands centres, comme Paris Nord, qui n'a pu élever que très peu de fourgons de messageries par trains de voyageurs, le service des expéditions Grande vitesse et la formation des trains de messageries (au nombre de 6 à 7 par jour au départ de Paris Nord seulement) a pu être éloigné du service des voyageurs, où

il était trop à l'étroit.

Ce service est actuellement concentré dans la gare de Paris-An-
neze, avec entrée par la gare de la Chapelle. 6 voies à quai (dont
2 voies courtes) sont desservies par un faisceau de voies de formation



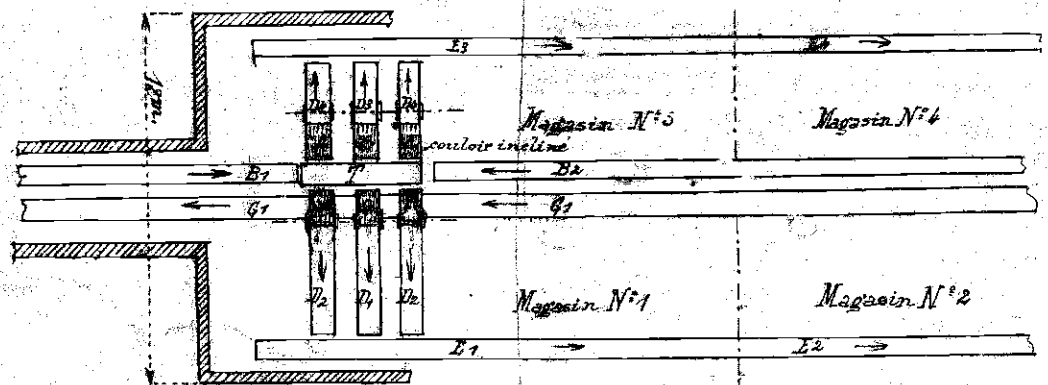
Une plateforme perpendiculaire à ces voies est établie à la hauteur des
camions en du plancher des wagons, reçoit les colis amenés par les voi-
tures de factage des bureaux de ville et des maisons de commerce.

Ses wagons d'affectation étant en batterie, les chargements
y sont faits directement, en majeure partie. Ses colis sont trans-
portés de la plateforme aux fourgons sur des tricycles; le parcours
des tricycles étant relativement court et les quais étant spacieux, ce
procédé peu coûteux a été préféré à des procédés mécaniques d'ins-
tallation onéreuse.

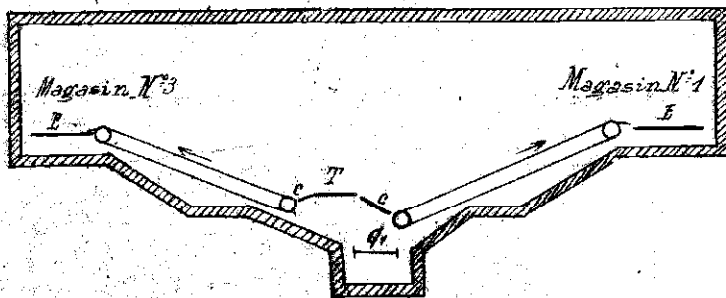
Transport en triage mécanique des petits colis à Paris.

Austerlitz. — A la gare de Paris-Austerlitz où les points de char-
gements sont assez éloignés des quais de réception et des bureaux de
messageries, des installations mécaniques ont été réalisées, dans ces
dernières années, pour le triage et le transport des colis à plus de
150 mètres de distance.

Ses colis, jetés dans des entonnoirs $A_1, A_2, \dots$ disséminés sur
la longueur du quai de réception sont transportés par des toiles
sans fin B_1 & B_2 à une table de triage souterraine T . Au fur et à



mesure de leur déversements sur cette table, des agents déposent ceux de colis à acheminer par paniers sur des toiles sans fin ascendantes D, qui les déposent sur des toiles horizontales E desservant l'un des 4 magasins souterrains, où ils se trouvent classés en attente par directions.



On mène, convenable, les colis déposés dans l'un de ces magasins souterrains (le sol de ces magasins est en pente de 0,50, sans une bande de pente de 0,05, qui sert à la

circulation des agents) sont déposés sur une toile sans fin G₁ qui longe horizontalement à leur partie inférieure puis s'élève, traverse le plancher, en gagne une table de triage aérienne H. En ce point, l'agent reprend les colis en fait un nouveau classement d'un 2^e degré en les déposant sur l'un ou l'autre des 6 couloirs inclinés qui les descendent sur des tables vis-à-vis des fourgons affectés.

Les toiles sans fin sont en coton tissé de 6 m/m d'épaisseur et ont une largeur de 0 m 70, le brin porteur est supporté par des rouleaux distants de 3 mètres. Celles des toiles sans fin qui sont de quelque longueur ont des rouleaux compensateurs de tension la plus longue des toiles qui a 330 mètres de longueur est pourvue d'un système de tension constitué par une caisse lestée en guid

par un câble jusqu'au point convenable, et qu'on manœuvre une fourchette d'embrayage.

Ces colis destinés à former des fourgons complets, au lieu d'être essayés sur les toiles inclinées D_1, D_2, D_3, D_4 qui conduisent aux magasins souterrains sont déposés sur une toile horizontale qui court à 0 m 32 au-dessous de la table de triage souterraine T , en sont acheminés directement à une chambre aérienne comportant une table de triage à 6 directions. Des toiles sans fin conduisent les colis des convois de descente articulés, prolongés par un chariot mobile jusque dans les fourgons. Un moteur électrique de 26 kilowatts, fonctionnant sous une tension de 500 volts, installé à la partie inférieure de la chambre souterraine commande par courroies droites ou croisées les rouleaux entraîneurs des toiles, B_1, B_2, G, D, E , ainsi que ceux des toiles montant à la chambre aérienne les colis destinés aux fourgons complets en le mécanisme des écharpes mobiles. Cette dynamo, qui entraîne une longueur totale de toiles de 1050 mètres à la vitesse uniforme de 1 mètre par seconde, consomme en marche normale de 10 à 12 kilowatts.

Un second moteur électrique qui fonctionne également sous 500 volts en est installé dans la chambre aérienne pour actionner les 200 mètres de toile du triage des fourgons complets dépense en marche normale 7 à 8 kilowatts.

À Paris St-Sazare, le service des messageries est reporté dans l'avant-gare, au pont de l'Europe, dans une halle dont le plancher est à 6 mètres au-dessous des voies. Un monte-charge hydraulique élève les wagons du niveau général des voies jusque dans la halle en inversement.

Gares maritimes. — Pour terminer le chapitre relatif aux installations de gares, il nous reste à dire quelques mots des gares

maritimes, qui doivent satisfaire à des exigences toutes spéciales.

Les installations doivent être appropriées en variables suivant les ports ; cependant leur agencement est soumis à certains principes généraux que nous allons passer en revue.

Comme d'abord, il y a lieu de créer une installation distincte pour le service des voyageurs, car il faut des appointements toujours libres pour l'arrivée des paquebots qui sont souvent déshabillés, en raison de l'état de la mer.

Le chargement des fourgons ou trucks à bagages se fait en des points fixes du quai, au moyen de grues électriques, hydrauliques ou à vapeur. Une halle couverte abrite généralement plusieurs quais desservant 2, 4 en même 6 voies, suivant qu'il y a lieu de mettre un nombre plus ou moins grand de trains en correspondance avec les paquebots.

Un bâtiment spécial accolé à cette halle réunit toutes les installations utiles au service : bureaux, douane, agences en douane, changeur, w.c., buffets, chambres d'hôtel, etc...

En ce qui concerne le service des marchandises, il faut adopter des dispositions judicieuses pour réduire la durée de séjour des wagons, sur les quais en libérer rapidement le matériel nautique. S'immobilisation exagérée d'un vapeur de 1000 tonnes représente souvent une dépense de 3 à 400 francs par jour avec absence complète de bénéfices, en, par surcroît, entraîne le paiement d'une surcotisation qui atteint 0,75 par tonne en par jour. Il importe donc 1° de bien relier les bassins avec la gare centrale en avec les voies de classement de cette gare ; 2° de disposer avec soin les voies qui desservent les bassins eux-mêmes, afin de donner aux quais de ces bassins le maximum d'utilisation.

La gare centrale, d'où partent, en général, plusieurs directions, est pourvue d'une gare de triage qui doit dès lors considérer les dis-

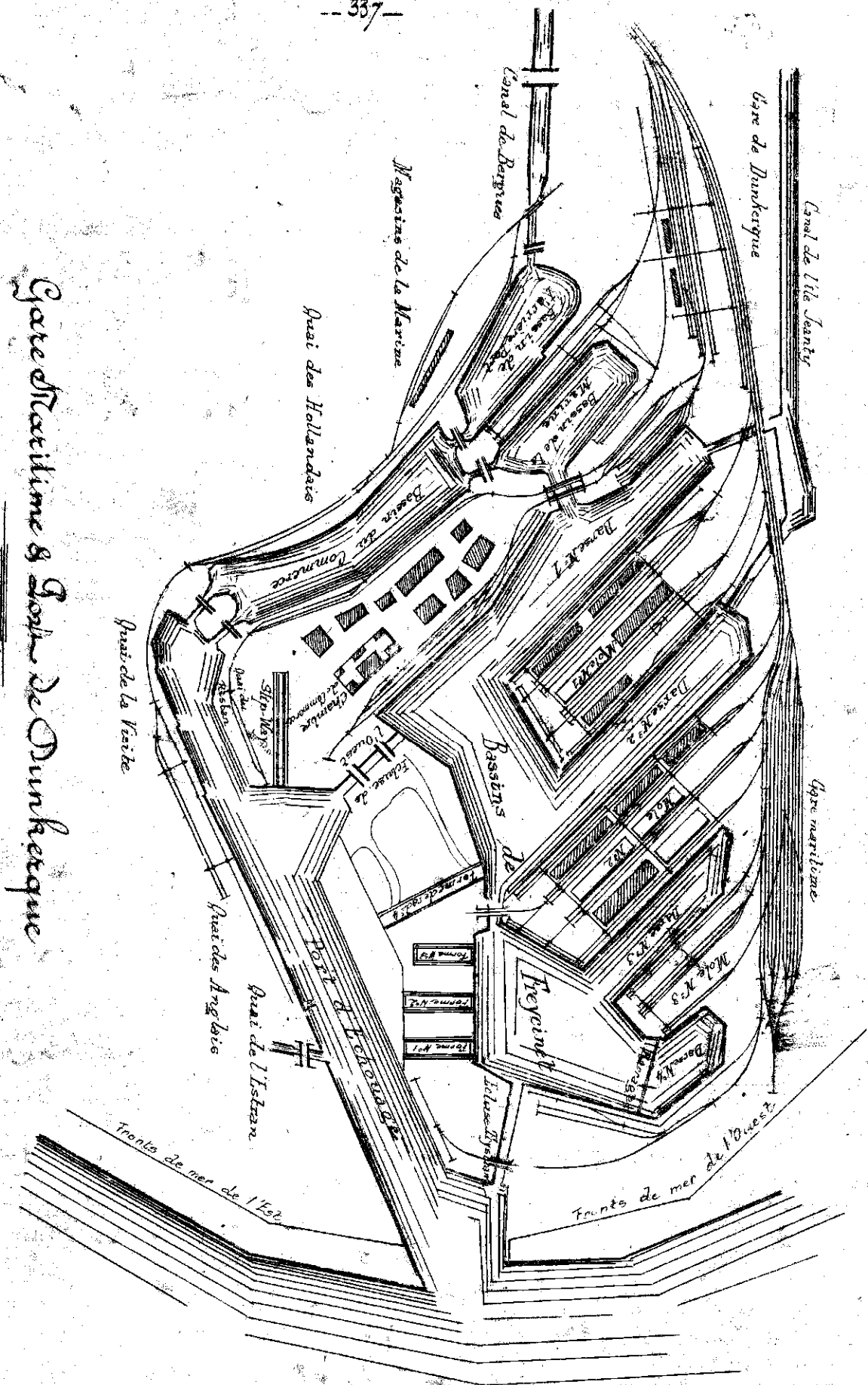
chantiers, en bassins du port, au point de vue du classement, comme groupes distincts s'ajoutant aux directions des voies ferrées rayonnantes. Les bassins constituent, en somme, une gare annexe de la gare centrale.

Il arrive toutefois que sur certains points, comme à Dunkerque, l'importance d'une certaine partie du port nécessite la création d'une gare annexe de triage, spéciale à certains bassins (darses du bassin Freycinet à Dunkerque par exemple). Cette division n'est pratique que quand il n'y a aucun mélange possible entre les wagons de ou pour les bassins en question et ceux des autres parties du port. La gare de triage annexe reçoit alors en expédient des trains complets, les trie en les forme.

Il faut disposer les voies sur les quais, de façon que les wagons puissent approcher suffisamment des navires, afin de faciliter un transbordement direct au moyen d'appareils de levage perfectionnés. Il faut, en même temps, ménager sur les mûles, ou quais, des terre-pleins assez larges pour les dépôts à faire en plein air et pour les bâtiments à édifier (douane, entrepôts, etc.)

Voies ferrées du port de Dunkerque. — Les trains de marchandises en provenance du réseau sont réunis en débranchés à la gare de triage de Dunkerque, qui dispose de voies de débranchement en pente. Ces manœuvres spéciales conduisent ensuite les groupes triés, soit au service local de la gare de Dunkerque, soit sur le groupe des voies desservant le bassin de la Marine et la darse N° 1, soit enfin sur le groupe le plus important qui commande l'espace compris entre les darses 1 et 4 des bassins de Freycinet.

Ce dernier groupe — qui comprend les mûles 1, 2 et 3, c'est-à-dire la plus grosse partie des quais, hangars et entrepôts (entrepôt réel des sucres pouvant contenir 450.000 sacs, entrepôt des laines pouvant contenir 17.000 balles, entrepôt réel des douanes, etc...) — en faveur d'une gare annexe de triage, avec jonctions en V, en



Carte Maritime & Port de Dunkerque

s'achève le triage des wagons destinés aux diverses parties de quais des mûles en où se forment les trains comprenant les wagons chargés sur ces quais.

Sur, chacun, des mûles, les voies sont reliées par des traversées rectangulaires avec plaques tournantes en par des traversées-jonctions.

Chaque quai comporte deux voies près de l'arête du quai, dans une voie de circulation pour les grues hydrauliques, puis en arrière des quais décaverts, un groupe de 3 ou 4 voies dans les voies extérieures desservant les quais décaverts en les hangars et entrepôts.

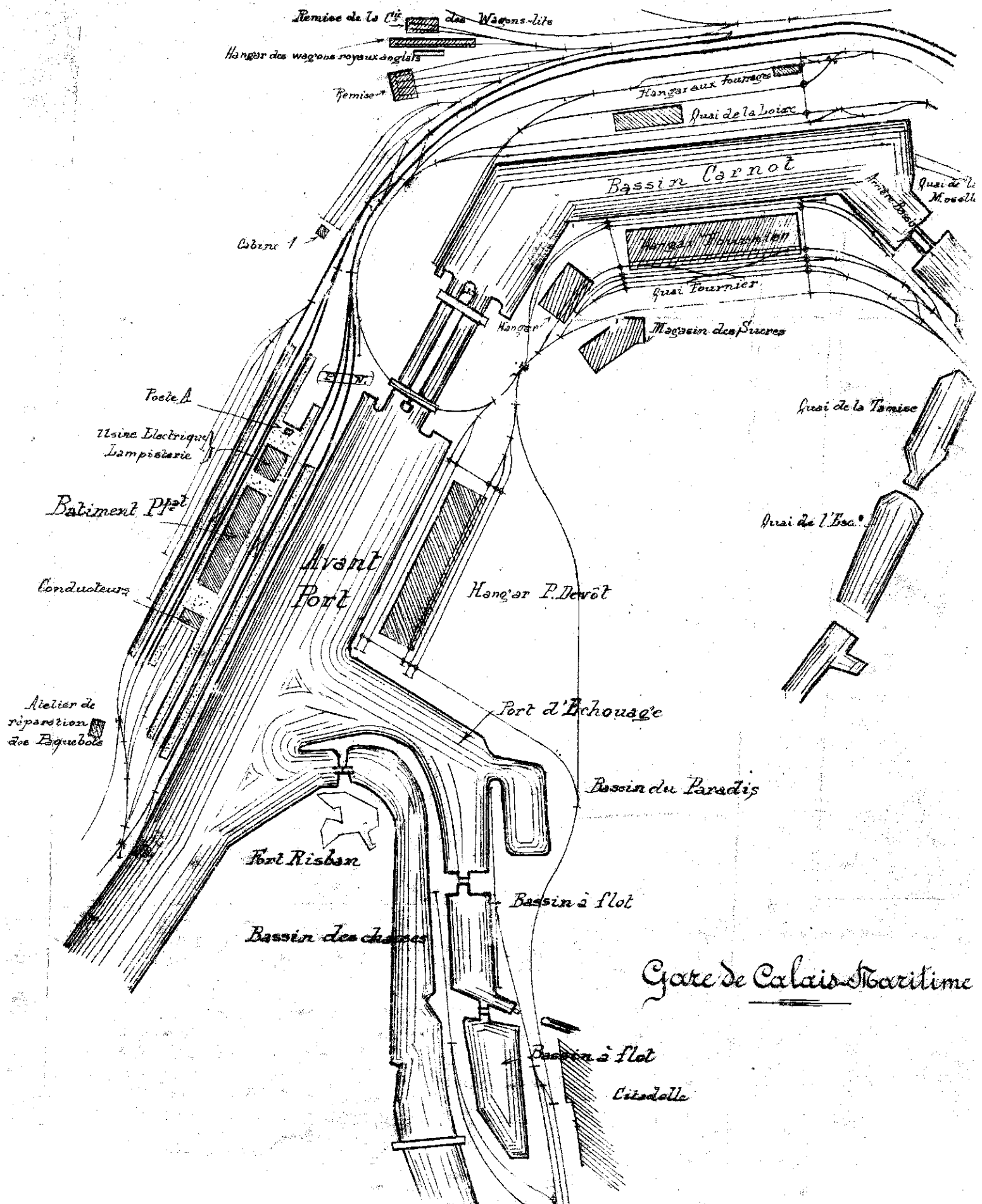
Le développement des voies ferrées des quais en de la gare maritime dépasse 37 kilomètres.

Gare de Calais. — En raison de sa proximité de la côte anglaise, le port de Calais assure un service maritime de voyageurs très importants doté d'installations spacieuses et modernes.

Le quai Nord-Est, dans le terre-plein est réservé à la gare maritime des voyageurs, a une longueur de 570 mètres et comporte quatre groupes d'apportements métalliques à étages permettant le stationnement en les opérations simultanées, à toute heure, de 4 grands paquebots de 100 à 120 mètres de longueur et de 3 m. 50 de tirant d'eau. Une grue électrique de 3⁵ y fonctionne pour l'embarquement et le débarquement rapide des caisses à bagages qui voyagent directement, sans plomb de douane, entre Londres et Paris en vice-versa.

Un appareil Gempsey de 1^{1/2} est utilisé pour pour l'embarquement des messageries expédiées en trafic direct en, en particulier, des paniers de fruits qui passent en Angleterre en très grand nombre.

Quand, aux bassins affectés au service des marchandises, ils permettent sous la mise à quai par aiguillage direct de wagons ou trains complets. Deux voies placées près de l'arête du quai servent à



Gare de Calais Maritime

la circulation des grues hydrauliques en à la mise en place des wagons pour le transbordement direct, tandis que d'autres voies en nombre variable situées de l'autre côté des quais découverts ou des hangars de la Chambre de Commerce permettent de desservir ces terre-pleins en d'effectuer la mise en place ou le retrait des wagons.

La gare de triage de Calais se trouve à la fois en avant de la gare maritime en en avant de la gare centrale qui dessert l'agglomération de la ville de Calais.

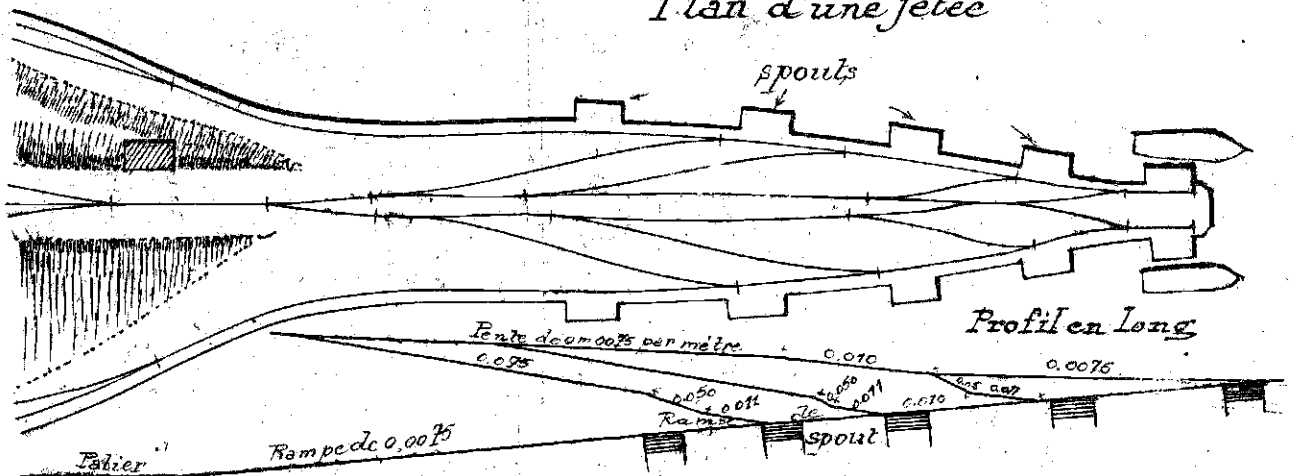


Gare de Philadelphie.

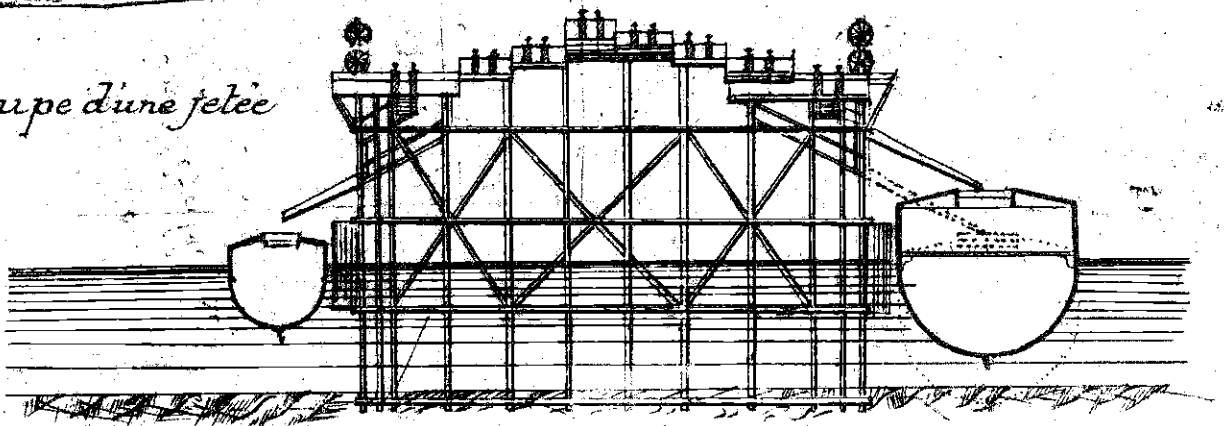
Dans certains ports, comme à Philadelphie, on a installé sur le bord des bassins une série de redans permettant chacun l'accostage d'un navire. Chacun des navires a ainsi sa voie spéciale, on ne se trouve pas dérangé dans son travail par les manœuvres effectuées pour la descente des chantiers voisins.

Dans certaines gares maritimes anglaises, on se fait en grand

Plan d'une jetée



Coupe d'une jetée



les opérations d'embarquement du charbon, on a installé des chantiers spéciaux qui participent à la fois du principe précédent en de celui des mûles de Dunkerque. Un certain nombre de jetées, comportent chacune des appontements ou spouts recevant chacun un navire en chargement en descente par un fuséau de voies en pente, tel que les wagons de charbon sont envoyés par la gravité sur chacun des spouts à volonté. Une voie en pente en sens inverse sert à évacuer les wagons vides, également par la gravité.

Matériel de traction

Elle présente un inconvénient, c'est de rendre plus difficile le passage des véhicules dans les courbes, en d'occasionner un mouvement de glissement de la roue qui circule sur le rail intérieur de la courbe.

3^e Conicité des bandages. — Cette solution a été employée pour faciliter dans une certaine mesure le passage dans les courbes.

En effet, sous l'action de la force centrifuge, en grâce à un jeu laissé entre les bandins des roues et le rail, le véhicule est poussé vers le rail extérieur; il s'ensuit que le roulement de deux roues conjuguées s'opère sur des diamètres différents.

Si les développements des deux cercles de contact correspondent exactement à celui des files de rails, l'ensemble de l'essieu et des roues se meut sans glissement comme un cône dont le sommet se trouverait au centre de courbure de la voie.

4^e Parallélisme des essieux. — Pour répondre aux conditions de simplicité et de solidité qui ont fait adopter le calage, les essieux d'un même véhicule sont, en outre, parallèles entre eux alors que dans les voitures sur route l'essieu d'avant peut prendre une position oblique par rapport à l'essieu d'arrière.

Ce parallélisme des essieux, serait un obstacle pour la marche en courbe; pour l'atténuer, on fixe l'écartement des bandages et de la voie de façon à laisser un certain jeu entre les bandins et les rails (Ce jeu varie de 25 à 35 mm) et d'autre part le jeu de 5 à 20 mm qui existe entre les boîtes à graisse et les plaques de garde permet aux essieux de s'écarter légèrement du parallélisme absolu.

Ces différentes particularités s'appliquent, aussi bien, aux locomotives qu'aux véhicules à remorquer. Il en est deux autres qui concernent plus particulièrement les voitures et wagons, à l'exclusion des locomotives, ce sont : 1^{re} La position des roues sous les caisses. Cette disposition a été adoptée pour rendre la

la largeur des caisses indépendante de la largeur de la voie et pour permettre, en conséquence, de leur donner une capacité plus grande.

2° Application de la charge sur les fusées extérieures des roues.

On appelle fusée, la partie de l'essieu sur laquelle repose le poids de la caisse par l'intermédiaire d'un coussinet : c'est le point de contact du corps du véhicule animé d'un mouvement de translation avec le système animé d'un mouvement de rotation comprenant les roues et l'essieu. En ce point se produit un frottement de glissement, on conçoit que la portion de l'essieu servant de fusée puisse être à l'intérieur ou à l'extérieur des roues.

La solution habituellement employée pour les véhicules est de mettre les fusées extérieures. Cette disposition a pour avantages de faciliter le graissage et de donner le maximum de stabilité au véhicule puisque la distance entre les points d'appui de la caisse est augmentée, et, d'autre part, d'appliquer la charge dans les conditions les plus favorables à la réduction du diamètre des fusées.

La locomotive se compose d'un véhicule présentant les mêmes caractères généraux que ceux dont nous venons de parler. Ce véhicule porte un moteur qui, par un mouvement de rotation imprimé à l'un des essieux, détermine le déplacement de la machine et engendre l'effort de traction.

Après avoir ainsi examiné rapidement les principaux caractères distinctifs du matériel roulant des chemins de fer, nous allons étudier tout d'abord les différentes parties du matériel de transports, et nous terminerons par l'étude de la locomotrice.



Matériel roulant

Un véhicule de chemin de fer est essentiellement formé d'une caisse de forme variable (voiture, fourgon, wagon à marchandises) portée par un train. Le train est formé d'un châssis rectangulaire sur lequel est boulonnée la caisse, en de, divers organes destinés à permettre le mouvement du wagon en sa liaison avec les autres véhicules. A cet effet, le châssis repose sur les essieux par l'intermédiaire de coussinets enchâssés dans des boîtes à graissage d'immenses couramment boîtes à graisses qui enveloppent la fusée de l'essieu. Pour amortir le choc, la boîte à graisse n'est pas fixée directement aux châssis, mais elle lui est reliée par l'intermédiaire d'un ressort de suspension. Les essieux en les roues sont maintenus dans leur position par des fourches en fer, qui embrassent les boîtes à graisse et sont fixées invariablement aux faces longitudinales du châssis. Ces fourches se nomment plaques de garde. Enfin la liaison des véhicules entre eux est réalisée au moyen d'appareils d'attelage qui comportent des tampons, des barres d'attelage et de choc et des ressorts.

Nombre des essieux. — Les véhicules des réseaux français sont en général munis de deux essieux seulement. L'emploi des wagons à 3 essieux n'a été fait couramment que sur le S.E.M., et dans une certaine mesure sur le réseau du Nord. Si elle est moins économique, la disposition à 3 essieux paraît préférable au point de vue sécurité et au point de vue fatigue de la voie, puisque dans ce cas la charge par essieu est plus faible. Le passage sur les joints est certainement moins sensible qu'avec les véhicules à 2 essieux. Par contre, les véhicules à 3 essieux donnent lieu à un mouvement de lacet plus accentué. Cela tient à ce que, du fait de la moindre charge des essieux extrêmes, les frottements qui

s'opposent à leurs déplacements latéraux sont notablement diminués. Un autre inconvénient de la disposition à 3 essieux résulte du freinage. S'il s'agit du frein continu, il faut, en effet, que les sabots de frein agissent simultanément en avec la même intensité sur les 6 roues de chaque véhicule. Il y a là une difficulté de réglage dont il faut tenir compte. Enfin, dans les véhicules à 3 essieux, il faut donner à l'essieu du milieu un jeu longitudinal. En Allemagne, on donne jusqu'à 40 mm de jeu pour des véhicules ayant 7 mètres d'écartement des essieux extrêmes.

Au point de vue du passage dans les courbes, les véhicules à 2 essieux offrent moins de résistance que ceux à 3 essieux. Ils sont aussi mieux équilibrés en d'une manœuvre plus facile, de sorte que, dans l'ensemble, on peut peut-être pencher plutôt pour 2 essieux que pour 3, surtout si l'écartement des essieux est assez grand : 7 mètres par exemple.

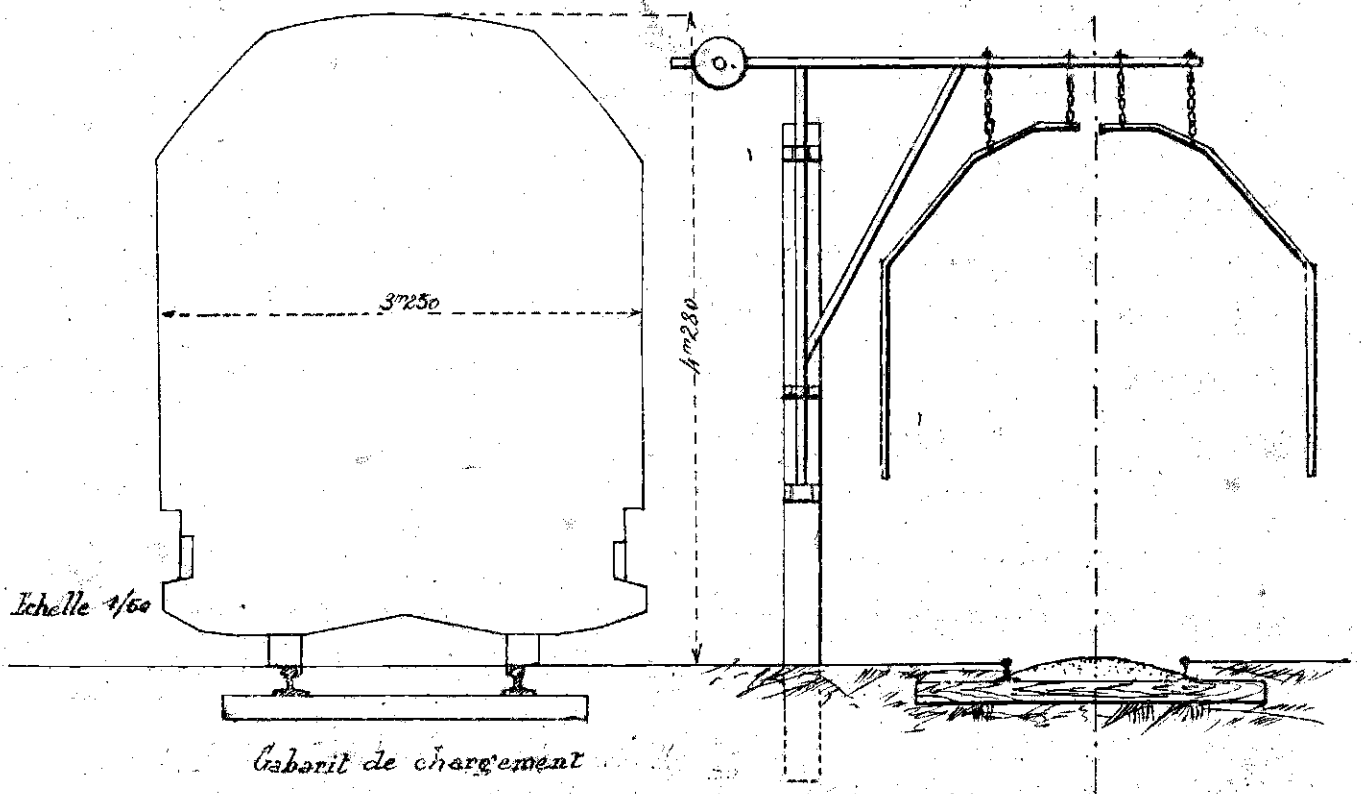
Comme ce qui précède s'applique au matériel rigide, au matériel anglais, mais, dans ce qu'on appelle le matériel américain, où la caisse est portée par des chariots ou bogies, on est arrivé à 4 et même 6 essieux par véhicule. Ces 4 ou 6 essieux sont alors partagés en sous-groupes de 2 ou 3 par bogie.

Ecartement des essieux du matériel rigide. — Plus l'écartement est grand, plus la stabilité du véhicule est grande, parce que les mouvements de lacet seront moins importants. Mais, d'autre part, l'écartement ou l'empattement des véhicules est limité par la facilité d'inscription dans les courbes. Il est également limité par la nécessité de pouvoir tourner sur des plaques dont le diamètre ne soit pas exagéré.

Autrefois, on ne donnait pas au matériel à marchandises plus de 2 m. 60 d'écartement d'essieux; on arrive maintenant

à 3 m. 50 et 3 m. 75 (Ecos). Pour le matériel à voyageurs, on a eu longtemps 3 m. 50 à 4 mètres seulement. On arrive maintenant à 7 mètres 25 (P. S. S. C.).

Gabarin du matériel roulant. — Les dimensions des caisses sont limitées par un profil en gabarin que l'on cherche à établir le même pour tous les réseaux, de manière à faciliter les échanges (ci-dessous le croquis, à l'échelle de ce gabarin, adopté par la conférence de Berne).



Dans les gares, ce gabarin est établi pratiquement à l'aide d'un profil en fer suspendu à une potence dans l'axe d'une des voies. Il faut que les wagons chargés passent sous ce gabarin sans le toucher.

Description des parties des wagons

Le matériel de transport se divise en deux grandes classes : matériel à voyageurs et matériel à marchandises. Dans les 2 classes, le châssis, les essieux, la suspension, les boîtes à graisse ; les

plaques de garde, les roues en les appareils d'attelage différents pen-
C'est donc par ces parties qu'il y a lieu de commencer la des-
cription, pour s'occuper ensuite de la caisse en des types de ma-
tériel employés.

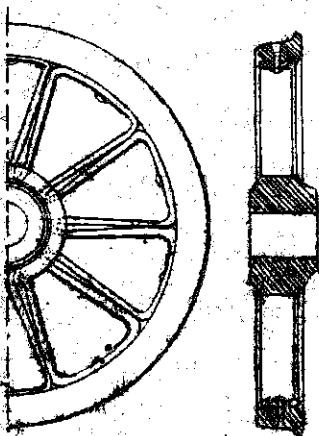
Roues

Les roues du matériel des chemins de fer ont générale-
ment de 0 m 90 à 1 m. de diamètre (sauf pour le matériel moteur).
Il y a cependant une exception pour quelques chemins de fer anglais
comme le Great Eastern, par exemple, où le diamètre des roues
des voitures à voyageurs est plus considérable; on doit alors en-
gager les roues sous les banquettes, ce qui est une gêne et une
complication pour l'aménagement intérieur des caisses. En Amé-
rique, les diamètres sont au contraire un peu plus faibles (0 m 80
à 0 m 86).

Les roues doivent être très solides à cause de leur grande
vitesse de rotation, et très légères afin de ne pas trop augmenter
le poids mort.

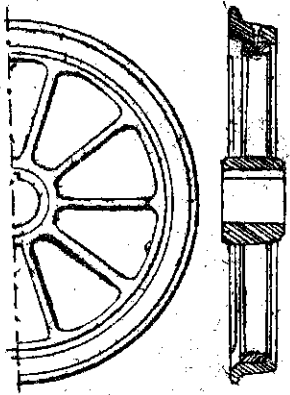
On pourra de sa construction, elles se composent de la partie
centrale appelée moyeu et de la jante autour de laquelle est serré
le bandage. Le moyeu et la jante sont réunis soit par des bras,
soit par une surface continue et l'on distingue dès lors:

- 1^{re} les roues à rais;
- 2^{de} les roues pleines ou à disques.



Roues à rais. — Ces roues ont longtemps
été formées d'un moyeu en fonte, dans lequel
venaient se loger les extrémités de barres de fer
laminées en, coudées à chaud. Ces roues, en-
core employées pour les wagons à marchan-
dises, sont d'un prix peu élevé. On tend
de plus en plus à les remplacer par des roues

donne le centre en tous entier en fer forgé. Actuellement, au moins sur les chemins de fer français, en pour les wagons à marchandises, les roues à rais simples en droits du système Arbel sont les plus en faveur. Elles sont obtenues en chauffant en



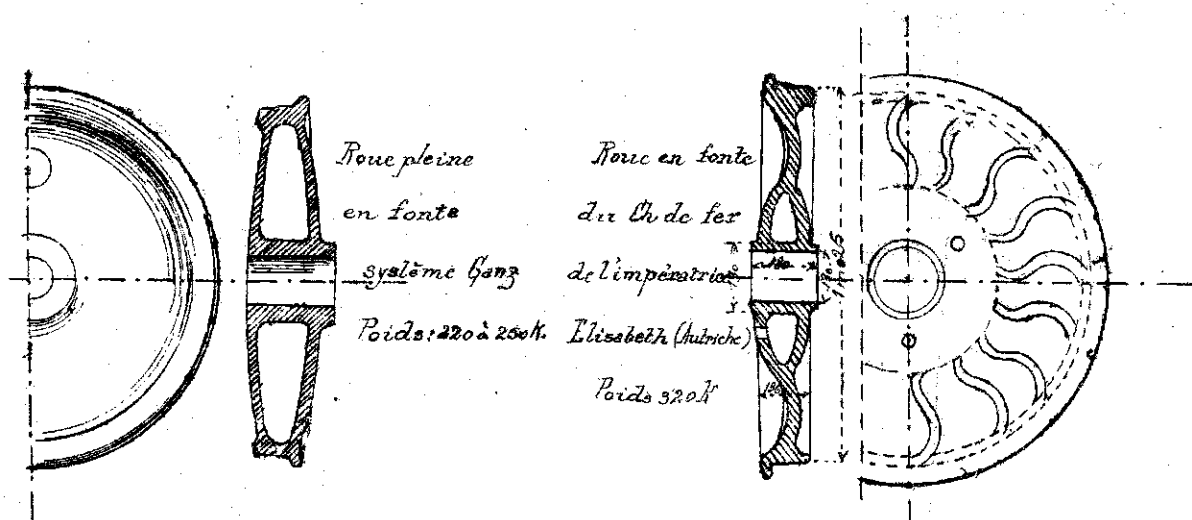
même temps au blanc pendant les différents éléments qui doivent composer le centre de la roue : la jante, les rais et le moyeu. On donne aux rais un petit excès de longueur de sorte que, lorsqu'on porte la roue chauffée au blanc dans une étampe qui contient des creux correspondant aux différentes parties, ces rais se relèvent vers le

moyeu. Quand on vient ensuite frapper sur l'ensemble au moyen d'un marteau pilon, armé de la contre étampe, les rais sont refoulés dans les rainures du moyeu, ce qui produit la soudure parfaite de tous les éléments de la roue.

Roues pleines. — Les roues à rais, en tournant rapidement présentent à l'air une résistance considérable, soulèvent la poussière du ballast et peuvent projeter les escarbilles incandescentes tombant des cendriers des locomotives. Aussi, a-t-on songé soit à garnir les intervalles des rais, soit à remplacer les rais par des disques pleins. On obtient alors les roues pleines, très employées en Allemagne, Autriche, Belgique, Angleterre et Amérique en aussi sur les chemins de fer français. On peut les classer d'après la nature de la matière première, en 5 catégories : Fonte ; Fer laminé ; Acier fondu ; Bois ; Papier comprimé.

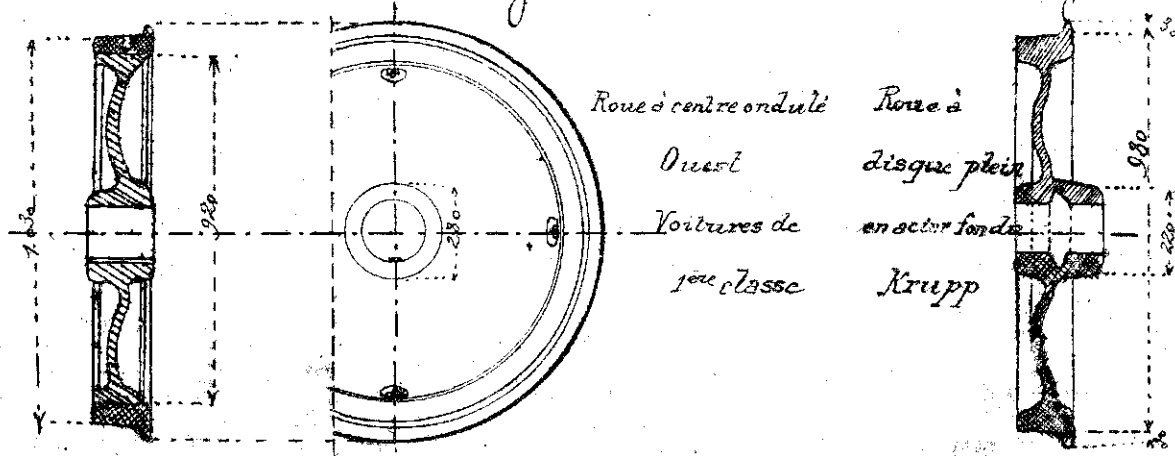
1. — Roues en fonte. — Elles sont employées couramment en Amérique. En Europe, on s'en est servi à l'origine des chemins de fer, puis on les a abandonnées probablement par suite de l'appréhension de graves accidents que leur rupture pouvait entraîner. Elles sont cependant encore utilisées en Allemagne.

en en Autriche, mais seulement pour les wagons qui ne sont pas freinés.



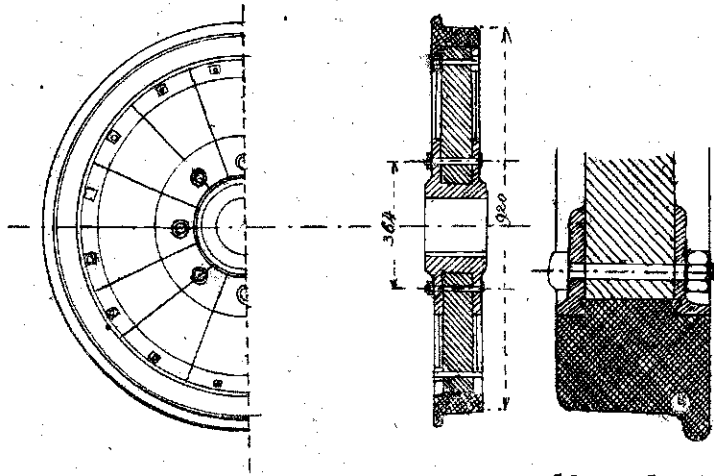
B. - Roues en fer laminé. — Elles ont été employées en France d'abord, par l'Orléans puis par les Compagnies du Nord, de l'Ouest. Et en en du Midi.

Le disque peut être plan ou ondulé, ce qui donne plus d'élasticité à la roue, en ménage ainsi le rail et le bandage.



C Roues en acier fondu. — Elles ne sont pas encore très employées, sauf en Allemagne et en Angleterre car elles paraissent peu élastiques et l'on craint des ruptures sous l'action des freins. On les fait soit d'une seule pièce, y compris le bandage rapporté. Les roues d'une seule pièce peuvent être prolongées en en d'une autre par l'application d'un bandage sur la jante préparée à cet effet.

D. - Roues à centre en bois. — En Allemagne et en Angle-



Roues à centre en bois, système Mansel

terre, on emploie des roues composées d'un moyeu en fonte, d'un corps en bois de teck et d'un bandage en fer ou acier. En France, l'Orléans et l'Ouest-Etat emploient aussi des roues de ce système du type Mansel. Ces roues, très élastiques, donnent un

roulement très doux avec moins de sonorité que les roues métalliques en ne se rompant pas sous l'action du froid, mais elles ne supportent pas l'usage prolongé des freins.

E. - Roues à centre en papier. —

Elles sont employées, d'une façon assez restreinte, depuis quelques années, en Amérique, dans le but d'avoir des roues très élastiques et encore moins sonores.

Le disque en papier comprimé sous une pression de 500 à 600^{lb}, est maintenu par deux disques en fer boulonnés, contre des saillies du bandage.

Bandages

Ce sont des cercles qui entourent la jante de la roue et qui fournissent la surface de roulement.

Au point de vue de la sécurité, le bandage est la partie la plus importante de la roue, et il faut en étudier de très près la section, le métal à employer et le mode d'attache de la roue.

Le profil d'un bandage comprend une face interne alésée en cylindre, 2 faces latérales planes, dans la distance forme la largeur du bandage, et une face externe de forme variable, par laquelle le bandage porte sur le rail. C'est récemment (1908)

les Compagnies françaises se sont entendues pour adopter un nouveau profil unifié présentant les caractéristiques suivantes:

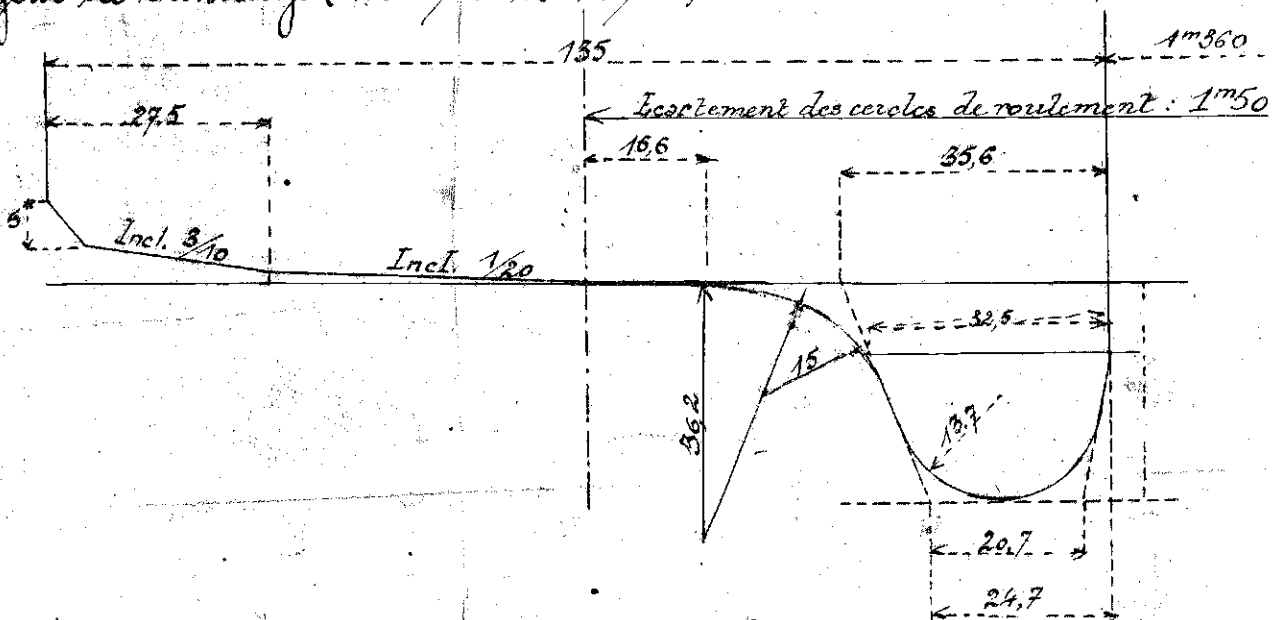
1: partie active externe.

La face extérieure du boudin est un cône dont les génératrices sont inclinées sur l'axe à 70° ; elle se raccorde à la surface de roulement par des congés de 15 mm en 36 mm de rayon.

2: partie active interne

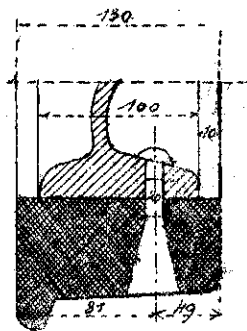
La face intérieure du bandage descend verticalement jusqu'à 10 mm au-dessous du plan de roulement; puis se prolonge par une face inclinée au $1/5$.

Seront toujours comprises dans les limites maxima et minima fixées par la 3^{ème} Conférence de Berne (Mai 1907) les cotes d'écartement intérieur des bandages ($1^{\text{m}}366$ - $1^{\text{m}}357$), d'écartement extérieur des boudins mesurée à 10 mm au-dessous du cercle de roulement ($1^{\text{m}}425$ - $1^{\text{m}}405$), de hauteur du boudin (36 mm - 25 mm) et de largeur de bandage (150 mm - 130 mm).

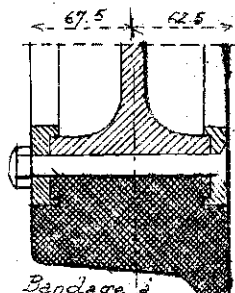
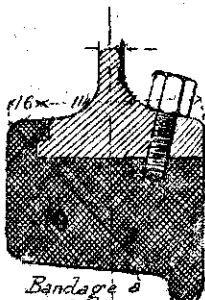


En Allemagne et en Autriche, quelques réseaux ont adopté $1/16$ pour la conicité du bandage. En Espagne on a pris $1/16$.
Nature du métal employé. — Aujourd'hui on ne se sert plus, guère que, d'acier coulé en lingots et transformé en anneau

par martelage. On recherche des aciers très durs (résistance 50 à 70 k^g)
Mode d'attache en emballage. — On fait le diamètre intérieur du bandage un peu plus petit que le diamètre extérieur de la jante.



Attache des bandages (Etat français)
 Bandage à agrafe simple Orléans (1873)



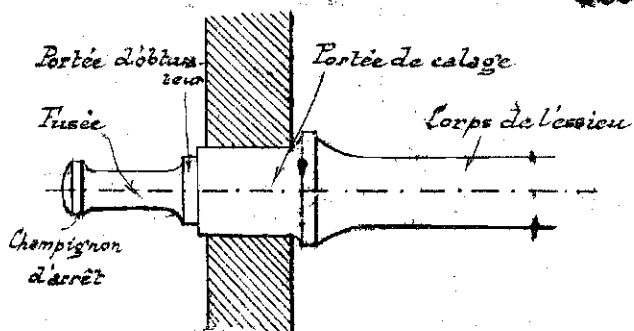
Bandage à agrafe double (Orléans)

On chauffe le bandage de manière que, en se dilatant, il emboîte librement la jante en qu'en se refroidissant,

il exerce sur celle-ci une pression considérable, qu'on peut du reste régler par la différence prévue entre les 2 diamètres.

Cette différence au serrage est habituellement de 1/1000. En plus du serrage ainsi obtenu, on fixe le bandage sur la jante soit par rivets ou boulons soit par vis tarandées, soit par agrafes.

Essieux



Les essieux comportent 3 parties: le corps de l'essieu, partie comprise entre les roues; la portée de calage, partie emprisonnée dans le moyeu des roues; la fusée, partie

qui prolonge l'essieu extérieurement et sur laquelle reposent les véhicules par l'intermédiaire des coussinets et de la suspension.

La portion placée entre la fusée et la portée de calage reçoit la garniture fermant la boîte de graissage et se nomme portée d'obturateur.

Enfin, le champignon d'arrêt termine la fusée à laquelle il se raccorde par des congés de 5 à 7 mm de rayon, ayant pour but d'empêcher les ruptures. Dans les 2 champignons d'un essieu, on pratique des centres qui déterminent l'axe de ces essieux.

persenn lorsqu'on doit mettre celui-ci sur le tour. Les roues sont fixées invariablement sur les portées de calage par pression hydraulique (30 à 40.000 k. de pression; pour les roues de machines: jusqu'à 80.000 k.).

Le corps de l'essieu a généralement une forme tronconique avec partie cylindrique au milieu. La portée de calage est cylindrique. Plus elle est longue, mieux la roue est bien fixée et plus réduite est la tension moléculaire qui résulte du serrage. A cause de cette tension qui s'ajoute aux efforts que supporte le corps de l'essieu, on donne à la portée de calage un diamètre plus grand que celui du corps de l'essieu dans son voisinage immédiat.

(5 à 15 mm de plus). Le diamètre de la fusée doit être calculé pour satisfaire aux conditions de résistance, mais il y a intérêt à le réduire, autant que possible pour diminuer le frottement.

Actuellement on arrive pour les véhicules de grande capacité à des diamètres de 115 mm avec des longueurs de 220 à 230 de telle sorte que le rapport $\frac{L}{d}$ varie de 1,75 à 2,25. Quoi qu'il en soit, ces dimensions qui résultent surtout de l'expérience, doivent satisfaire aux conditions suivantes:

A. - Résister à la charge en restant loin de la limite de rupture. B. - Rester sous la pression par cm² entre le coussinet et la fusée, en dessous d'un certain chiffre qui varie de 15 à 20 k suivant le mode de graissage adopté.

C. - Eviter les chauffages.

Evidemment, les conditions B et C sont liées l'une à l'autre et quand elles sont satisfaites, la condition A l'est également.

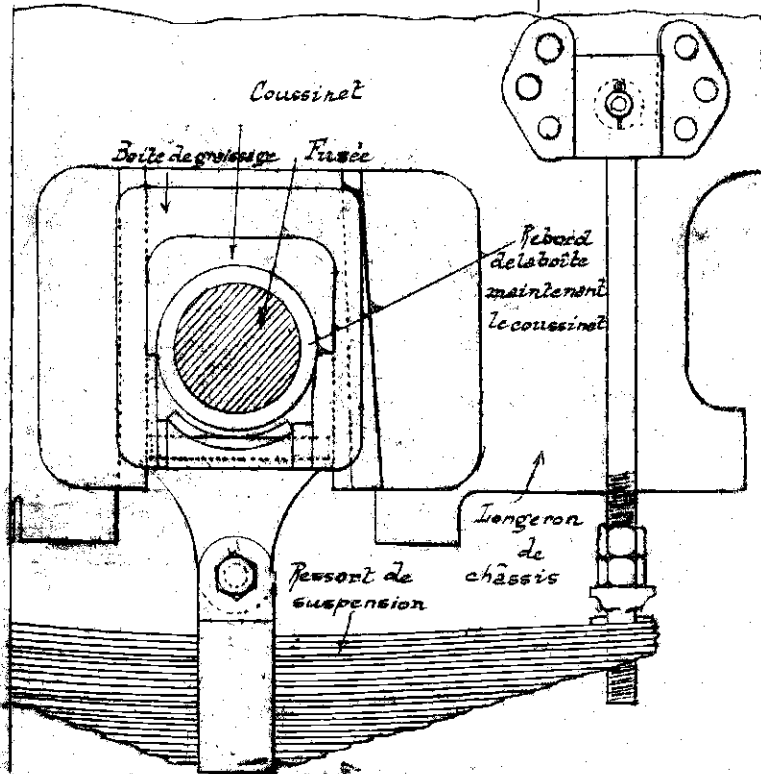
Autrefois, les essieux étaient toujours en fer fin de première qualité soudé au paquet et étiré au martelage. Aujourd'hui, on n'emploie plus guère que de l'acier doux à 45 k. de résistance par mm².

avec allongement minimum de 25%.

Ruptures d'essieux. — Ces ruptures peuvent donner lieu à de graves accidents. Pour les éviter, il faut donc forcer plutôt un peu leurs dimensions en cherchant à obtenir une bonne fabrication en du très bon métal. Il faut aussi les visiter soigneusement. C'est surtout dans les parties de calage et dans les fusées que les ruptures sont fréquentes.

Graissage

La fusée est enfermée dans une boîte contenant la matière de graissage. Cette boîte supporte le véhicule par l'intermédiaire des ressorts. Enfin, la charge repose sur la fusée par l'intermédiaire d'un coussinet. Il y a intérêt à ce que la fusée et le coussinet soient faits de métaux différents, bien qu'il n'y ait pas contact effectif entre eux à cause de l'interposition de la matière de graissage.



La fusée est en fer ou en acier, et le coussinet en bronze, de composition variable suivant la Compagnie. C'est ainsi qu'on a essayé du bronze au nickel, au tungstène ou du bronze phosphoreux. Le plus souvent on garnit l'intérieur du coussinet d'une légère couche d'un alliage facilement fusible,

du régule ou métal blanc, contenant de l'étain, de l'antimoine et un peu de cuivre. On évite ainsi l'échauffement en cas de grippage accidentel parce que le métal blanc s'arrache plus facile-

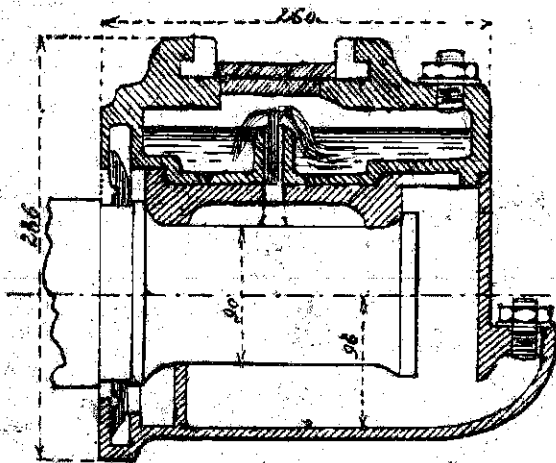
moins que le bronze.

Matières de graissage. — Autrefois on employait de la graisse solide qui se liquéfiait par le fait de l'échauffement dû au frottement du coussinet sur la fusée. Aujourd'hui on se sert communément d'huiles végétales (colza, olive) ou de préférence d'huiles minérales, car les premières deviennent cher en gélant facilement.

Disposition des boîtes à huile. — Ces boîtes ont la triple fonction suivante :

- A. — Assurer la liaison mécanique de l'essieu avec le véhicule.
- B. — Entretenir une couche convenable de matière lubrifiante entre la fusée et le coussinet.
- C. — Protéger les surfaces frottantes contre l'accès des poussières.

On peut les classer en deux groupes suivant que le graissage s'opère par dessus ou par dessous. Ce deuxième système a l'avantage de faire pénétrer l'huile entre les surfaces frottantes par les points où la pression est la plus faible.

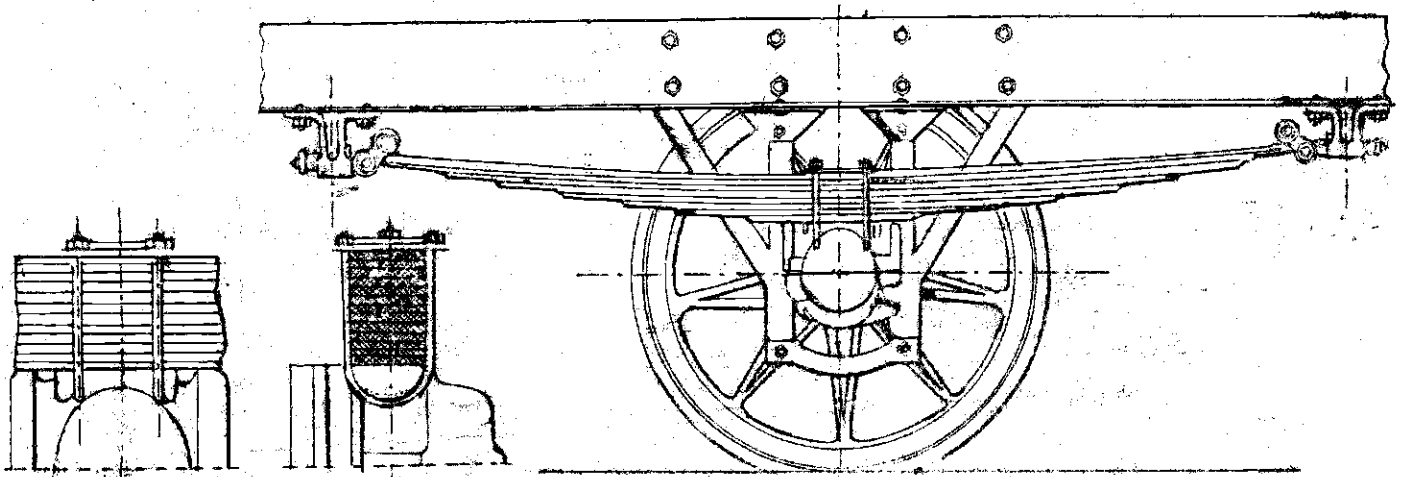


ou de coton imbibé d'huile.

Dans les boîtes à huile, à graissage par dessous, l'huile est amenée dans les trous du coussinet à l'aide d'une mèche en coton ou laine. Dans les boîtes américaines, le réservoir inférieur est simplement rempli de déchets de laine

Suspension des véhicules. — Ainsi que nous l'avons dit, le châssis des véhicules est suspendu sur les essieux par l'intermédiaire des boîtes au moyen des ressorts. Pour la suspension des bogies de construction américaine, on emploie des ressorts à boudins formés d'une tige d'acier ronde enroulée en hélice.

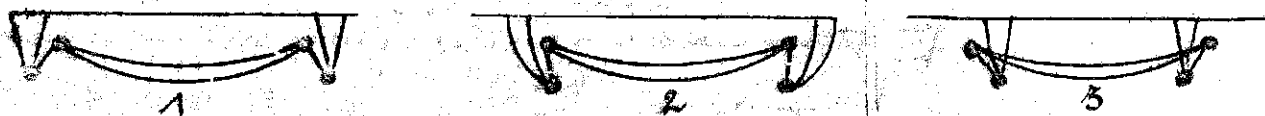
Pour les véhicules de type européen, on emploie des ressorts à lames étagées, formés d'une série de lames d'acier parallèles, cambrées en arc de cercle de longueurs décroissantes, superposées les unes sur les autres en réunies entre elles vers le milieu par une bride ou dense étriers. Pour éviter le déplacement transversal de ces lames, les unes par rapport aux autres, on les lamine de manière qu'elles présentent une rainure sur la face concave, et, sur la face opposée, une saillie qui vient s'emboîter dans la rainure de la lame voisine. La suspension élastique des véhicules a un double but : Amortir la violence des chocs résultant des irrégularités de la voie de façon à adoucir le roulement et réciproquement diminuer les chocs des roues sur la voie afin de ménager l'usure de celle-ci. On détermine les ressorts d'après la résistance qu'ils doivent offrir pour supporter la charge d'après la flexibilité choisie et d'après la hauteur totale



qu'ils doivent avoir sous charge pour se loger entre la boîte à huile et le chassis en maintenant ce dernier à la hauteur voulue. On adopte une flexibilité variable suivant la nature des véhicules. La flexibilité est la dépression en millimètres qu'éprouve le ressort sous l'action d'une charge de 1 tonne. On prend 6 à 15 mm pour les locomotives, 12 à 25 pour les wagons à marchandises,

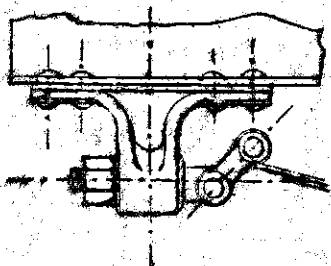
80 à 100 pour les fourgons à bagages, 80 à 150 pour les voitures à voyageurs. Ces différences sont motivées à la fois par des raisons d'économie et par la nécessité de maintenir pour les véhicules, chargés ou non, la même hauteur de tamponnement à 0 m 125 près. La flexibilité doit donc diminuer quand la charge utile du véhicule augmente. La largeur des ressorts est ordinairement de 0,075. Pour les grandes voitures actuelles, on en arrive jusqu'à 0 m 100. La longueur est de 1 m. environ pour les wagons à marchandises et de 1 m 50 à 2 m 50 pour les voitures à voyageurs. L'épaisseur des lames est de 9 à 5 mm, et leur nombre varie de 5 à 16.

Disposition des ressorts de suspension. — La disposition la plus employée aujourd'hui est la suspension à menottes. Elle consiste à réunir les extrémités de la feuille maîtresse à des supports fixes au châssis à l'aide de petites bielles, appelées menottes. Suivant la position de ces bielles, on a une des 3 dispositions ci après:



Généralement, la 1^{re} est employée pour le matériel de transport, la 2^{ème} pour les machines et tenders, la 3^{ème} est peu répandue.

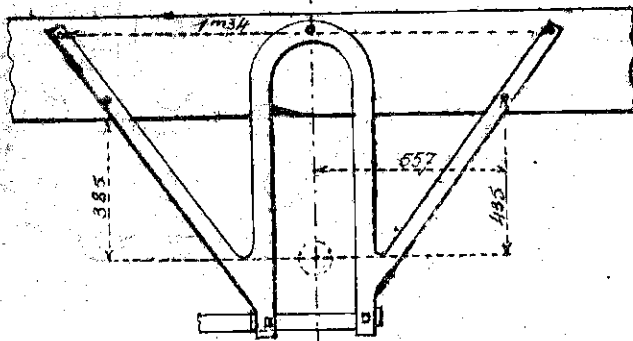
Disposition des menottes. — Les extrémités de la feuille maîtresse sont terminées en forme de douilles obtenues par enroulement. Dans la douille passe une broche sur les extrémités de laquelle viennent s'articuler les bielles jumelles qui constituent la menotte. Ces bielles s'articulent à leur autre extrémité sur une



Suspension des voitures

autre broche parallèle à la sienne, passant dans une douille pratiquée à l'intérieur d'une tige, appelée main de réglage. Cette main

de réglage passe dans un support boulonné, au châssis en son autre extrémité en fileté en munie d'écrous qui permettent de régler la tension en l'inclinaison des menottes. Très fréquemment on remplace les bielles des menottes par des anneaux. Enfin, on interpose quelquefois entre le support et l'écrou de réglage une plaque de caoutchouc ou de bois pour augmenter la souplesse de suspension.



Plaques de garde. — La plaque de garde est une sorte de fourchette invariablement fixée au châssis et qui saisit la boîte à graisse de manière à la maintenir dans sa position normale.

On fait les plaques en tôle d'acier de 10 à 15 m/m d'épaisseur ou en fer forgé de 20 à 25 m/m. Ses 2 branches en sont réunies à leur extrémité inférieure par une entretoise horizontale, qui en double la résistance.

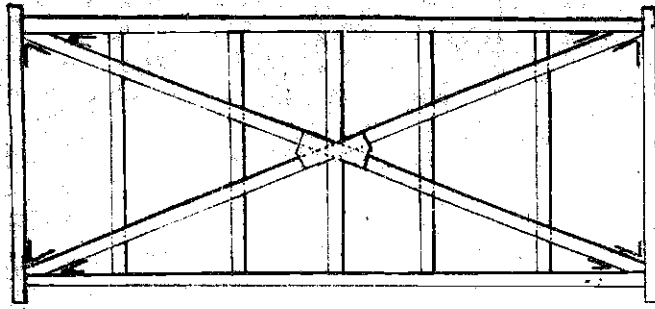
Ces plaques de garde ne sont, nous l'avons vu, que des appareils de sûreté qui, normalement, ne doivent pas fonctionner.

Elles doivent se mouvoir avec jeu sans frottement dans les glissières des boîtes de graissage. Ce jeu qui est de 5 à 10 m/m de chaque côté de la boîte pour les voitures à 2 essieux, facilite le passage des essieux dans les courbes.

Châssis

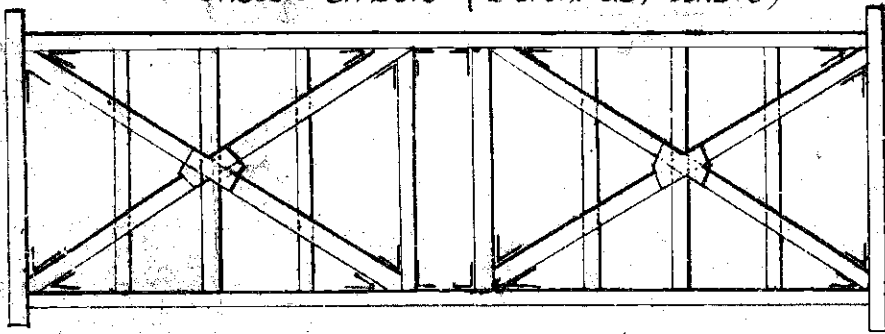
Le châssis sert à supporter la caisse du véhicule et aussi à transmettre les efforts horizontaux que les véhicules exercent entre eux. Après les avoir fait longtemps en bois de chêne on les a faits en fer ou bois. Actuellement on ne les fait plus qu'en acier doux. Les châssis en bois se composent d'un cadre

1^{er} Chassis en bois (1 croix de St André)

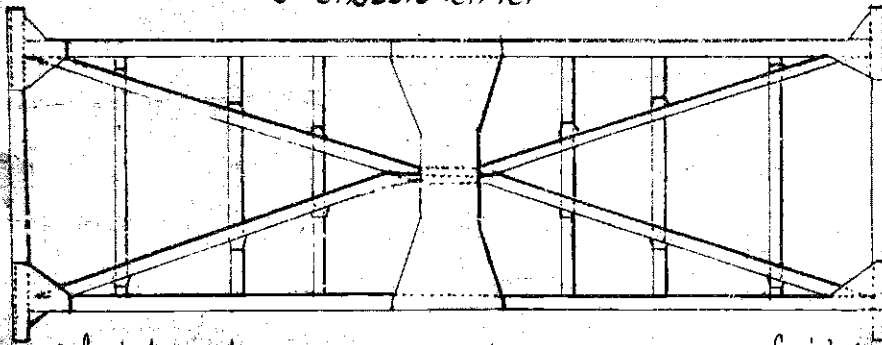


Matériel allongé

2^{er} Chassis en bois (2 croix de St André)



3^{er} Chassis en fer



réalisé par tenons en mortaises ou consolidé par des boulons à pattes. La croix de St André est consolidée par une pièce de fer vissée au croisement des 2 branches. Ces dispositions conviennent avec l'ancien matériel d'assez faible longueur. Lorsqu'on a dû augmenter cette longueur, on a employé différentes dispositions en surtout la double croix de St André.

Dans la construction mixte, on fait les longons en fer et les traverses en bois.

Dans les châssis entièrement métalliques, on emploie pour les

rectangulaire constituée par deux longons et deux traverses d'about (pièces de bois de 0.25 de hauteur en 0.10 d'épaisseur, posées de champ). Un certain nombre de traverses intermédiaires supportent la caisse et reçoivent divers organes. Enfin, des pièces posées à plat en forme de croix de St André assurent l'invariabilité des angles.

L'assemblage des longons et des traverses d'about

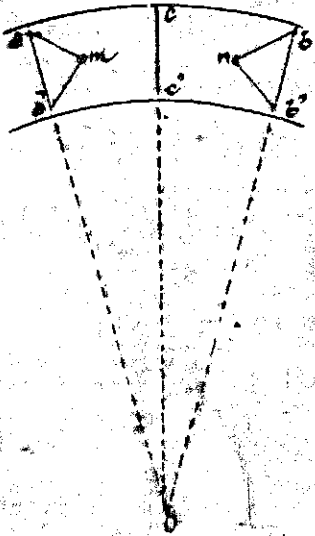
longerons des fers en I au en C en pour les traverses des fers en C. Les assemblages sont faits à l'aide d'équerres en de goussets rivés. Il y a quelques années, on a voulu essayer des châssis tubulaires formés d'une série de tubes en acier assemblés entre eux, mais ce système de construction se prêtait mal aux réparations et il n'a pas été généralisé.

Dispositions employées pour faciliter le passage en courbe

On a déjà vu que le jeu laissé entre les boîtes à graisse et les plaques de garde facilitait le passage en courbe. On a voulu aller plus loin, et notamment M. Arnoux a imaginé un matériel articulé qui a reçu une application sur la ligne de Decaux, mais a été abandonné. Il était d'un entretien coûteux et ne se prêtait pas aux grandes vitesses.

Matériel américain. — De toutes les dispositions essayées en vue du passage dans les courbes, celle du matériel américain est la seule qui ait complètement réussi. Sa caisse repose sur 2 chariots à 2 ou 3 essieux de faible empattement. Ces bogies ou trucks sont reliés au châssis au moyen de chevilles onzières autour desquelles chaque groupe d'essieux peut tourner librement. En Amérique l'écartement des essieux d'un bogie est très faible : 1 à 2 mètres. En France il est en général plus considérable dans le but d'augmenter la stabilité : L. N. 2 m 35; Orléans 2 m 40; Etan 2 m 40; Nord 2 m 50. Dans l'étude des locomotives nous traiterons plus longuement la question des bogies.

Articulation de Bissel. — Si l'on suppose que la cheville onzière d'un bogie soit placée non plus en son centre de figure, mais, en un point situé sur le prolongement de son axe longitudinal le bogie est dit à articulation de Bissel. Cette disposition concilie aux voitures en réduisant à un seul les deux essieux du bogie. Un essieu unique mobile autour d'une cheville onzière



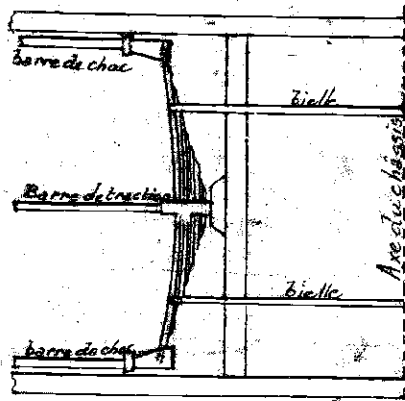
placée en son milieu ne peut se maintenir sur les rails que s'il est guidé. Or ce guidage peut s'obtenir très simplement en déplaçant la cheville ouvrière en la plaçant en dehors de l'essieu du bissel soit en avant, soit en arrière, en un point situé sur l'axe longitudinal du véhicule. En alignement droit, l'essieu ne pourra se déplacer que dans les limites du jeu de la voie en son déplacement sera d'autant plus petit que sa distance à la cheville sera plus grande. Cette distance est d'ailleurs déterminée par la considération suivante: En courbe, les 2 essieux extrêmes aa' bb' doivent concourir au centre de la courbe en même temps que l'axe transversal cc' du véhicule. Cette condition ne peut être remplie, que si les chevilles ouvrières en sont placées à égale distance des essieux et de l'axe transversal. Dans ce système, un 3ème essieu placé au milieu est form utile pour fixer la position du châssis relativement à la voie.

Appareils d'attelage

On moments des démarrages, ou des ralentissements, les véhicules tendent, en vertu de leur inertie, à s'éloigner ou à se rapprocher les uns des autres. Pour que ce double effet se produise sans choc, il est nécessaire d'employer des organes d'attelage élastiques, les uns pour la traction, les autres pour le choc.

L'appareil de choc se compose d'un ou deux tampons par lesquels les véhicules sont en contact. Ces tampons agissent sur des ressorts qui se compriment quand les véhicules se rapprochent.

L'appareil de traction se compose d'une barre d'attelage agissant sur le châssis par l'intermédiaire d'un ressort qui se comprime quand on exerce une traction sur la barre.



Appareil de choc et de traction.

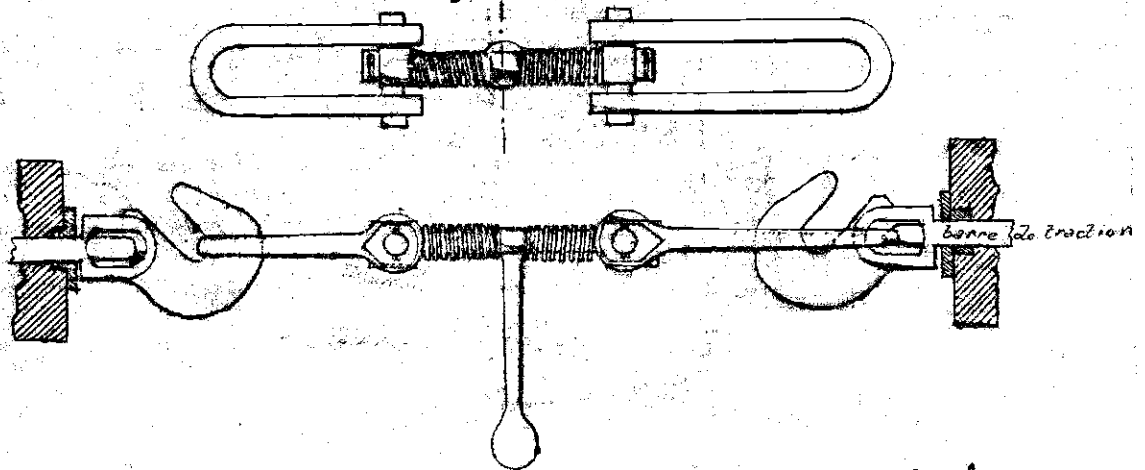
(Ouest-Français)

les barres d'attelage de véhicules en contact sont réunies par un tendeur à vis permettant de serrer plus ou moins l'attelage. Dans les trains de voyageurs, on serre les attelages pour maintenir les véhicules constamment en contact afin de diminuer les mouvements de lacer. Cette condition oblige à enlever le train en bloc, ce qui est possible parce que les machines remorquant les trains de voyageurs disposent, pour le démarrage, de la grande puissance qu'elles doivent avoir, en raison de la vitesse à réaliser en pleine marche. Nous verrons en effet plus loin que la résistance croît très vite avec la vitesse. On est donc conduit à employer, pour les voitures à voyageurs, des ressorts de traction peu flexibles pour que les attelages soient bien serrés, en, par contre, des ressorts de choc très flexibles pour amortir les chocs lors des arrêts.

Pour les trains de marchandises, au contraire, les machines ne seraient pas assez puissantes pour faire démarrer le train en bloc, en le démarrage ne doit s'opérer que successivement. On ne serre donc pas les tampons en contact, en, pour atténuer les chocs éprouvés au moment du démarrage par les différents véhicules, on emploie des ressorts de traction très flexibles. Enfin, les ressorts de choc des wagons à marchandises sont déterminés avec moins de flexibilité que pour les voitures à voyageurs, par raison d'économie en pour diminuer les réactions qui se produisent au moment des arrêts.

Pratiquement en emploi, pour les trains de marchandises, la même flexibilité pour les ressorts de traction et de choc : 50 à 50 mm. Pour les trains de voyageurs, on prend généralement 12 à 20 pour les ressorts de traction, et 50 à 70 pour les ressorts de choc.

En Europe, l'appareil d'attelage utilisé est l'attelage à tendeur :



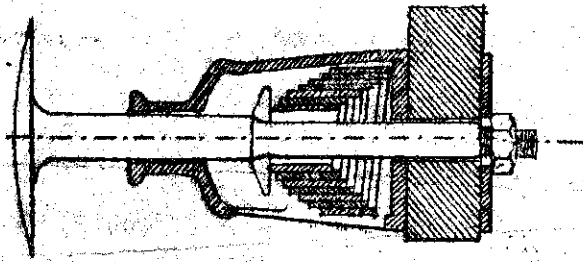
Une extrémité du tendeur est réunie au véhicule par la barre de traction, qui porte, à cet effet, un anneau ou un crochet de traction. L'autre extrémité du tendeur est libre et peut être fixée sur le crochet de traction du véhicule voisin. Comme tous les véhicules ont un tendeur à chacune de ses deux extrémités, l'un au moins est inutilisé. Pour éviter que le maillon libre de ce tendeur ne traîne à terre, on l'attache à un crochet spécial. En plus du tendeur, les attelages utilisés en Europe comportent des chaînes de sûreté destinées à maintenir les 2 parties du train en cas de rupture du tendeur ou de la barre de traction. Ces chaînes sont fixées, soit à la traverse d'abais, soit à une traverse intermédiaire au moyen d'une tige. Elles sont placées de part et d'autre du tendeur et séparées par un intervalle de 0,60 à 1,20.

Il faut enfin les attacher aussi court que possible afin de réduire leurs chances de rupture. En Suisse et en Allemagne, on les a supprimées et remplacées par le second tendeur que l'on fixe à un crochet spécial, mais avec ce système, il n'y a plus aucune liaison de véhicules si la barre de traction vient à se rompre.

Appareils de choc

Ils sont constitués par des tampons formés de plateaux en fer ou en acier soudés à l'extrémité d'une tige en fer qui court

sur la face intérieure des longerons. Cette tige est guidée par un boisseau en fonte fixé sur la traverse d'about du véhicule.



Pour que, même dans les courbes, le contact existe toujours entre les tampons de 2 véhicules, on fait soit des tampons semi-bombés, soit sur une même traverse, un tampon plan et l'autre bombé.

Dans ce cas, on les dispose de façon qu'un tampon plan se trouve toujours en face d'un tampon bombé (avec deux tampons bombés en contact, si l'un des wagons était un peu plus bas il pourrait soulever l'autre). On emploie enfin parfois des tampons terminés par une surface cylindrique à génératrices verticales. La conférence de Berne a fixé pour la hauteur de l'axe des tampons au-dessous de la face supérieure des rails les cotes suivantes :

Véhicules vides $\leq 1\text{ m. }065$

Véhicules chargés au maximum $\geq 0\text{ m. }940$

Le diamètre des disques de tampons doit être au moins de $0\text{ m. }340$. L'écartement des tampons doit être compris entre $1\text{ m. }710$ et $1\text{ m. }770$ avec la réserve que si cet écartement est inférieur à $1\text{ m. }720$, le diamètre des tampons doit être au moins de $0,360$.

En Allemagne, on a adopté $1\text{ m. }754$. Cet écartement a une grande importance au point de vue de la rigidité de l'axe. Plus il est grand et plus il s'oppose au mouvement de l'axe, mais en même temps plus il augmente la difficulté d'inscription en courbe.

Dispositions des attelages

On classe les attelages en 2 groupes : attelages discontinus, attelages continus.

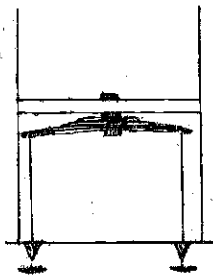
Dans les premiers, les appareils placés aux deux extrémités

d'un même véhicule sont complètement indépendants. Dans ce cas, l'effort de traction est transmis par l'intermédiaire du châssis, ce qui représente dans les trains lourds un effort considérable pour les traverses d'aboins. Dans les seconds, les appareils placés aux deux extrémités d'un même véhicule sont solidaires, en c'est par l'attelage régnant ainsi d'un bout à l'autre du train que l'effort de traction se trouve transmis. Pour chacune de ces classes, les ressorts de choc et de traction peuvent être distincts ou confondus, de sorte que l'on est conduit à examiner 4 cas différents:

A. Attelages discontinus avec ressorts distincts pour le choc et la traction

- B. — — — communs — — —
 C. — — — continus — — — distincts
 D. — — — — — communs — — —

Groupe A.



Les ressorts de choc peuvent être à lames ou en spirale conique. Dans le 1^{er} cas, c'est un même ressort fixé à une traverse intermédiaire qui appuie sur les tiges des 2 tampons. Dans le 2^e cas, chaque tampon possède son ressort en spirale logé dans le boisseau ou faux tampon. Ce ressort s'appuie sur la traverse d'une part et sur un petit plateau porté par la tige du tampon d'autre part. Pour régler la tension du ressort, la tige du tampon se termine par une partie filetée sur laquelle on visse un écrou s'appuyant sur la face interne de la traverse d'aboins.

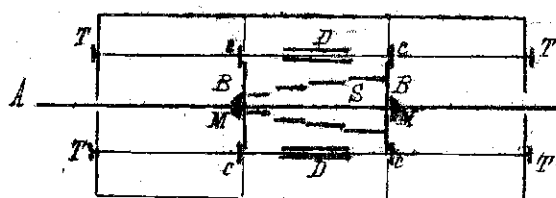
La barre de traction agit sur un ressort prenant appui sur la traverse d'aboins ou sur une traverse intermédiaire.

Groupe B.



Le ressort commun est ordinairement à lames étagées. Les tiges des tampons s'appuient sur les extrémités du ressort au milieu duquel vient se fixer la barre de traction. Ces ressorts s'appuient sur des traverses intermédiaires.

Quand, on serre l'attelage entre deux véhicules ce contact peut cesser, en alors, les châssis ont une sorte de flottement sur l'attelage. En marche, tant que l'effort de traction ne dépasse pas le serrage du tendeur, l'ensemble formé par les ressorts, les tampons et les barres de traction, constitue une sorte d'attache indéformable qui réunit les 2 véhicules. Si l'effort de traction devient plus considérable, les ressorts fonctionnent.

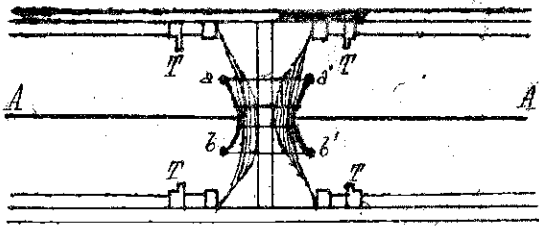


Groupe I. — Dans ce système, on a une barre A terminée à ses deux extrémités par un crochet de traction. Cette barre régn

sur toute la longueur du véhicule. Vers son milieu, il y a un ressort en spirale compris entre deux plateaux B, lesquels sont guidés de chaque côté par une tige en fer T. Ces tiges présentent des arrêts c, qui servent à limiter la course des plateaux B. La barre A, qui traverse librement ces plateaux, porte 2 manchons clavetés M contre lesquels viennent buter les plateaux, qui sont maintenus écartés par le ressort S. Enfin, la compression de ce ressort est limitée par les manchons D enfilés sur les tiges T.

Quand on exerce une traction sur l'attelage du premier véhicule d'un train, les attelages sont tendus et les ressorts S sont tous comprimés. Quand la traction est supérieure à la tension de ces ressorts, les plateaux B, qui, jusqu'alors, étaient restés appuyés contre les arrêts c, quittent ces arrêts du côté opposé à l'attelage. Chaque véhicule ne subit que l'effort correspondant à sa propre résistance au roulement. Dans ce système, qui s'applique plutôt aux trains de marchandises (dans lesquels les attelages ne sont pas serrés), les ressorts de choc sont généralement des ressorts en spirale logés dans de faux tampons.

Groupe D. — Dans le 1^{er} groupe, les ressorts s'appuient sur la traverse médiane du véhicule en leurs extrémités buttent contre 2 patins qui terminent les tiges des tampons. Des tasseaux T fixés aux longerons limitent la course des patins, en permettant l'entraînement du véhicule lorsqu'on exerce un effort sur la tige de traction réunie au ressort par une bride. On voit que



le ressort fonctionne alors dans les mêmes conditions pour la traction et le choc. Pour avoir une flexibilité différente suivant qu'il s'agit de traction ou de choc, on applique sur chacun des ressorts, une feuille supplémentaire et l'on réunit les extrémités de ces feuilles par 2 bielles aa' , bb' . Dans l'appareil de traction, la partie médiane du ressort intervient seule; dans l'appareil de choc, tout le ressort fonctionne. On arrive ainsi à avoir pour le ressort de traction une flexibilité, qui n'est plus que le $1/4$ ou le $1/5$ de la flexibilité du ressort entier.

D'une façon générale, on emploie maintenant, en France, l'attelage discontinu avec ressorts indépendants s'il s'agit de voitures à voyageurs, et distincts ou indépendants aussi s'il s'agit de wagons à marchandises. A l'étranger, on emploie beaucoup, pour ces derniers, les attelages continus.

Attelages automatiques

On a, depuis longtemps, cherché des attelages permettant le décrochage et l'accrochage sans qu'un agent soit obligé d'introduire entre les deux véhicules pour effectuer ces opérations. Le problème est assez difficile à résoudre, car il faut que les appareils soient résistants en dépit de leur complexité; toutefois il

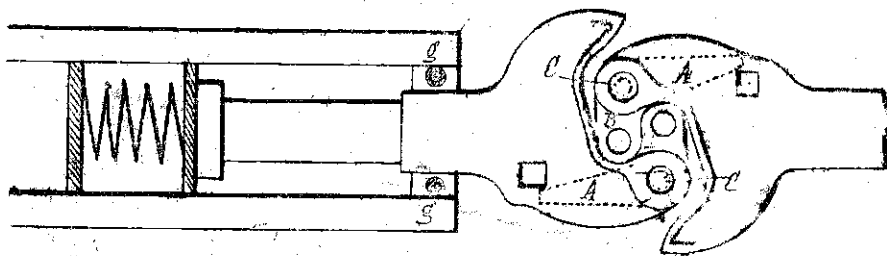
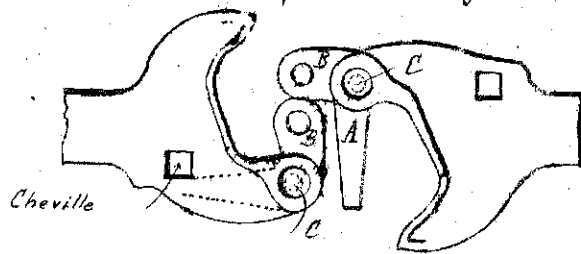
en existe une solution qui, a reçu son application en Amérique, où elle a d'ailleurs été imposée par la loi.

Le principe de l'attelage américain est le suivant :

Il n'y a plus de tampons, de choc, il n'y a qu'une pièce d'attelage placée dans l'axe du véhicule; c'est une tête qui termine la barre de traction en qui vient s'articuler sur une tête semblable terminant la barre du véhicule suivant; c'est en somme une simple articulation entre les barres de traction, disposition très favorable au passage en courbe.

L'attelage imposé par la loi aux Etats Unis doit fonctionner automatiquement par simple choc, en doit pouvoir être défaits sans que l'agent ait à s'introduire entre les véhicules.

Quoiqu'il y ait plusieurs systèmes, différents entre eux par quelques détails, ils ressemblent tous au système le plus employé en qui est appelé le Jeanny coupler. Sa partie essentielle est une tête creuse en acier fondu faisant corps avec un tronc également creux qui est attaché sous le véhicule. Dans cette tête, une pièce *AB* recourbée presque à angle droit est appelée knuckle



joue autour d'un axe *C*. La queue *A* est retenue par une cheville.

Lorsqu'on relève cette cheville, la queue *A* du knuckle se trouve libérée la cheville est soulevée au

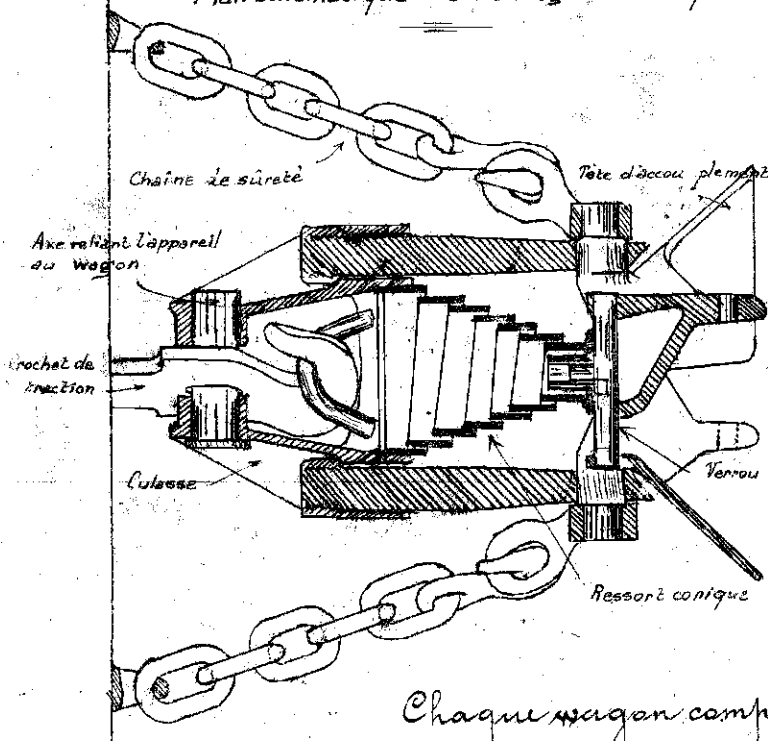
moyen d'une chaînette attachée à l'extrémité d'un levier fixé sur la traverse d'abou en manœuvre au moyen d'une manivelle.

Le vide compris entre le knuckle et la tête a précisément la forme du knuckle, en c'est dans ce vide que vient se placer le knuckle de la tête de l'autre véhicule. Le tronc fixe de la tête glisse entre deux longerons en sa course transversale est limitée par deux rouleaux verticaux σ . Il appuie à son extrémité contre un plateau épaulé par un puissant ressort à boudin, qui fait à la fois office de ressort de traction.

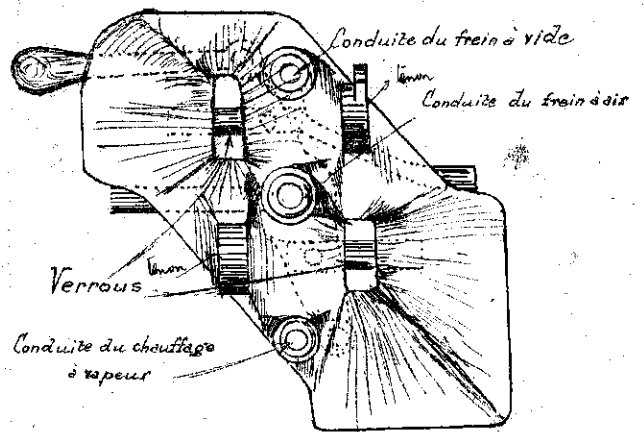
Ces appareils appelés aussi "coupleurs automatiques", loin d'être parfaits, donnent lieu assez fréquemment à des rats, d'accrochage en même à des ruptures d'attelages. C'est pourquoi, malgré les avantages de ces appareils, leur emploi ne s'est pas encore répandu en Europe.

Toutefois, on essaye sur le réseau de l'Etat français, depuis quelques années un attelage automatique imaginé par M. Boirault.

Plan schématique de l'attelage automatique

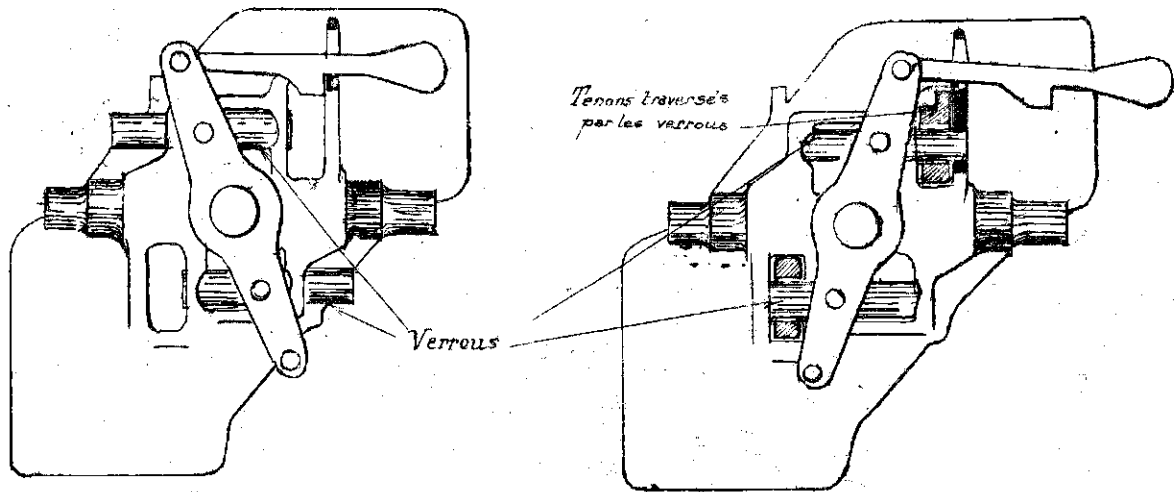


Schema d'une tête d'accouplement (Verrous fermés)



Chaque wagon comporte, sur son axe longitudinal, fixé au crochets de traction, un appareil d'attelage comprenant deux parties principales : 1^{re} le cadre compressible, 2^e la plaque ou tête d'accouplement formant serrure.

Fonctionnement des verrous (Tête d'accouplement, vue de derrière)



Le cadre compressible se compose d'une culasse formée de deux glissières montées sur un gros boulon traversant l'œil du crochen de traction, de deux forts coulisseaux passant dans ces glissières et portant à leur autre extrémité les tourillons de la tête d'accouplement, laquelle est reliée à la culasse par un gros ressort conique.

La plaque ou tête d'accouplement porte sur sa face avant, symétriquement placés suivant deux diagonales inclinées à 45° sur l'horizontale 1^{re} deux forts tenons percés d'un œil; 2^e deux ouvertures situées au fond de deux sortes d'entonnoirs en tronc de pyramides en dans lesquels doivent venir s'engager en se verrouiller les deux tenons de l'organe du wagon voisin.

Sur la face arrière de la tête d'accouplement un balancier lié avec un gros ressort conique fonctionne automatiquement sous l'action de ce ressort pour lancer 2 verrous dans les tenons de la tête d'accouplement du wagon voisin.

Les verrous sont lancés sous l'effort du bandage du ressort conique, dès que, après avoir soulevé un cliquet articulé qui retient jusque là le balancier, les tenons guidés par les entonnoirs ont pénétré dans leurs encoches.

Lorsqu'on veut détacher les wagons, le balancier peut être

actionné à la main du dehors par deux chaînettes qui provoquent le retrait des verrous, en la mise en œuvre du cliquet qui maintient à nouveau le balancier dans cette position, où il est armé pour un accomplissement ultérieur.

L'appareil Boirault paraît supporter convenablement les essais qui sont poursuivis depuis quelques années. Il a l'avantage de pouvoir s'adapter aux wagons français, en laissant subsister les tendeurs, ce qui serait intéressant au point de vue de la période transitoire, en cas de généralisation. Il réalise automatiquement en même temps l'attelage des wagons en la jonction étanche tant des conduites des freins que de celles du chauffage à la vapeur.

Caissons. — 1^{er} **Voitures à voyageurs.** — On peut distinguer deux types généraux, le type à compartiments séparés les uns des autres par des cloisons transversales et accessibles uniquement par les portières latérales, et le type à intercirculation. Dans ce dernier type, on peut signaler le type américain composé d'un grand compartiment unique, ou subdivisé avec passage central en accès par les extrémités du véhicule seulement. En France, on emploie plus fréquemment le couloir latéral donnant accès par des portières dans chaque compartiment. On peut donner accès à la voiture uniquement par des portes qui s'ouvrent à chaque extrémité du couloir ou encore combiner les deux systèmes en ménageant un couloir latéral tout en conservant les portières donnant accès à chaque compartiment.

Au point de vue du confort dans l'intérieur des voitures, l'accès par l'extrémité des voitures est préférable en évitant davantage le refroidissement des compartiments, mais, au point de vue de la commodité d'embarquement et de débarquement des voyageurs, le système à portières est préférable.

L'intercirculation peut exister seulement entre les compar-

partiments d'une même soiture, ou encore elle peut être établie de soiture à soiture, au moyen de passerelles munies ou non de soufflets.

Le choix du type de soiture doit être subordonné aux nécessités de l'exploitation, en à la nature du service à assurer. Dans les trains à long parcours, à arrêts peu fréquents, l'intercirculation s'impose, à cause de la nécessité de donner, à tous les voyageurs l'accès aux cabinets de toilette et aux water-closets. L'intercirculation de soiture à soiture s'impose également pour donner accès aux wagons-restaurants, le cas échéant.

L'intercirculation peut exister aussi bien avec le matériel rigide qu'avec le matériel à bogie, toutefois elle amène à donner la préférence au matériel à bogie qui permet d'admettre dans les caisses des voitures une longueur beaucoup plus grande, en par suite, de réduire les places perdues pour l'établissement des cabinets de toilette. Les conditions de stabilité et de confort doivent d'ailleurs faire préférer le matériel à bogie.

Les parois des caisses des voitures peuvent être constituées par des charpentes en bois, en fer ou en acier, qui reçoivent un revêtement approprié à l'intérieur et à l'extérieur. Le revêtement intérieur est formé soit de frises en bois verni soit de panneaux en marqueterie, soit de planches recouvertes de drap tendu, de linoléum, ou d'autres garnitures spéciales. Le revêtement extérieur est composé soit de frises en bois de teck, soit de feuilles de tôle peintes en vernis.

Le plancher est généralement double avec interposition de matières destinées à amortir le bruit et à conserver la chaleur. La toiture est formée de solives recouvertes de feuilles de zinc ou de plomb.

La liaison entre la caisse et le châssis se fait à l'aide de boulons qui réunissent les traverses du plancher aux longerons du châssis et aux traverses d'aboins.

Dans les grandes voitures à bogies avec accès par les extré-



mités seulement, on obtiens pour la caisse le maximum de rigidité, puisque les portes n'affaiblissent pas les parois longitudinales.

Le seul inconvénient des voitures à intercirculation, c'est la réduction du nombre de places, et, par suite, l'augmentation du poids mort, c'est à dire du poids du véhicule rapporté au poids des voyageurs. Le poids mort qui était jadis, avec l'ancien matériel d'environ 350 kilos par voyageur de 1^{re} classe, varie aujourd'hui entre 700 et 800 kilos. Cette augmentation du poids mort a entraîné une augmentation de la puissance des locomotives à grande vitesse.

Caissons des wagons à marchandises.

Dans le classement des wagons à marchandises, deux éléments sont à considérer : le type et la capacité.

Le type doit être approprié à la nature de la marchandise à transporter, et, à ce point de vue, on distingue :

les wagons plats ou plateformes, les tombereaux et les wagons fermés ou couverts.

Le wagon plateforme est constitué par un simple plancher avec des rebords de faibles dimensions susceptibles le plus souvent de se rabattre. Il est utilisé au transport des pierres, des bois, des pailles, des fers, des voitures et autres objets encombrants.

Le wagon tombereau est également un wagon découvert, mais qui comporte des rebords de 0 m 80 à 1 m. de hauteur, avec des portes latérales pour faciliter le chargement et le déchargement. Il est utilisé au transport en vrac des marchandises pondéreuses et d'assez faible valeur, telles que houille, minerai, betteraves, etc. Les parois de ce type de wagons sont généralement fixes. En Allemagne, on a ^{en} créé assez récemment deux types dont les bouts sont amovibles et peuvent servir de ponts solants d'un wagon à

l'autre; une rame de matériel de l'espèce peut donc s'adapter au chargement en bouts en continu du matériel de guerre.

Si un de ces deux types de tombereaux allemands en panneau de panneaux longitudinaux amovibles en peut en moins d'une demi-heure se transformer en wagon-plat.

Les wagons couverts comportent une caisse parallélepédique complètement fermée, pourvue sur les deux faces longitudinales de portes roulantes pouvant être cadenassées en plombs. Ils servent au transport des marchandises craignant la mouille : tissus, céréales, sucres, etc., ou nécessitant un abri, comme les animaux, ou encore aux marchandises qui ont une grande valeur et doivent être soustraites aux convoitises.

Notons en passant, qu'il existe, en dehors de ces grandes catégories, des séries plus restreintes de wagons spécialisés à certains transports : wagons-citernes, trucks à équipages, wagons réservoirs, wagons réfrigérants, wagons à bois, wagons pupitres pour le transport des glaces, etc...

Au point de vue de la capacité des wagons, on peut classer en trois grandes catégories l'ensemble des voies ferrées de l'univers :

a. - En Angleterre, le matériel de petite capacité (5 tonnes par wagon en général), a toujours été en faveur.

b. - Sur le Continent, le matériel de moyenne capacité à essieux indépendants (8 à 10 tonnes par wagon, et 15 à 20 tonnes depuis une quinzaine d'années) est presque exclusivement employé.

c. - En Amérique, on a adopté presque à l'origine des chemins de fer du matériel de grande capacité (10 à 50 tonnes) monté sur bogies et le tonnage n'est généralement pas inférieur à 20 ou 25 tonnes pour les wagons du type le plus réduit.

La capacité d'un wagon à marchandises peut d'ailleurs

être envisagée au triple point de vue :

- 1^{er} du tonnage, c'est-à-dire du poids maximum susceptible d'être porté par le véhicule ;
- 2^{er} du volume ou mieux du cube utilisable de la caisse ;
- 3^{er} de la surface du plancher ou de la longueur du véhicule, puisque la largeur ne peut guère varier.

Suivant la nature des marchandises à transporter, c'est l'une ou l'autre de ces caractéristiques : tonnage, cube, ou surface qui doit être appropriée aux unités commerciales de la région à desservir.

Au point de vue de leur construction, les caisses des wagons étaient primitivement faites en bois et constituées par une carcasse de pièces horizontales et verticales solidement assemblées, en entretoises à l'aide d'écharpes obliques. Le remplissage des parois verticales était composé de planches jointives appelées frises et le plancher constitué par des planches en chêne.

Aujourd'hui, la carcasse des wagons se fait en fer ou en acier, et les frises sont fréquemment remplacées par des panneaux en tôle emboutie. Quant à la couverture, elle est formée de solives jointives fixées sur la carcasse et recouvertes de toile enduite d'une matière imperméable.

Avantages des wagons de grande capacité. — L'emploi des wagons de grande capacité est à divers titres très avantageux au point de vue technique, mais il va sans dire qu'il ne doit être pratiqué que judicieusement en en tenant compte de la possibilité d'utiliser convenablement à charge complète le nouveau matériel. Il faut, en particulier, envisager les usages commerciaux, étudier des tarifs appropriés susceptibles de favoriser l'emploi du matériel de grande capacité ; pratiquement, il est bon d'adopter pour le tonnage des nouveaux wagons des multiples de celui

des wagons anciens.

C'est dans ces conditions que les Chemins de fer du Continent ont créé, depuis 1900, des wagons de 30 à 40 tonnes, parmi lesquels on peut citer le wagon tombereau de 40 tonnes à deux bogies du réseau du Nord français.

On préalable, dans une première étape, on avait cherché à augmenter la capacité (dans des proportions réduites, en passant de 10 à 15 tonnes, par exemple) soit en renforçant simplement les organes de roulement et de suspension du matériel existant, soit en ajoutant un 3^e essieu. Mais, ces procédés ne donnent que des résultats peu intéressants; pour obtenir un accroissement notable de la capacité, il faut recourir à la construction du matériel neuf, et, au delà de 20 tonnes renoncer au matériel à essieux indépendants en adopter le matériel à bogies.

Les avantages recueillis dans l'emploi du matériel à grande capacité sont les suivants:

a. - Réduction du poids mort rapporté à l'unité de capacité.
(la réduction est d'environ 20 % si on passe du type 10^T à celui de 15^T
en de 25 % - 2^e - 10^T 2^e 20^T

b. - Réduction de la dépense de 1^{er} établissement.
(sur le réseau du Nord, entre les tombereaux 10^T (12 m³) et les tombereaux de même série 20^T (24 m³) il n'y a qu'une différence de 800 f^{cs}, soit une majoration de 33 % seulement, bien que la capacité soit augmentée de 100 %.)

c. - Meilleur rendement des installations fixes des gares (quais couverts ou découverts, voies de garage et de triage) et embranchements particuliers, attendu que le tonnage utile par mètre courant de voie occupée est passé sur le Nord de 1^{er} 45 pour les tombereaux 10^T, à 2^{es} 52 pour les tombereaux 20^T et à 3^{es} 13 pour les tombereaux 40^T à bogies. Un train de houille de 1000^T passe de 4^{es}

à 275 m. en à 225 m. adicams, qu'il en forme exclusivement de tombereaux 10^e, 20^e et 30^e.

2. - Réduction des dépenses de traction, attendu que le poids mort rapporté à la charge utile diminue sensiblement (il passe, dans l'exemple qui précède, de 0,56 pour les tombereaux 10^e à 0,41 pour les tombereaux 20^e).

Intercommunication. - Dans tous les trains de voyageurs, on a, depuis longtemps, considéré comme indispensable d'avoir une disposition permettant aux voyageurs de communiquer avec les agents du train pour appeler au secours, en réclamer, au besoin, l'arrêt du train. D'autre part, le conducteur-chef de train doit pouvoir, dans tous les cas, communiquer avec le mécanicien; à cet effet, le conducteur dispose dans son fourgon d'une corde qui vient agir sur un timbre placé sur le tender de la machine, ce peut ainsi commander l'arrêt au mécanicien; il suffit donc que les appareils d'intercommunication, mis à la disposition des voyageurs, servent à avvertir le conducteur.

Ces appareils sont désignés d'une façon générale, sous le nom de sonnette d'alarme, en se présentant dans chaque compartiment, sous la forme d'une poignée que le voyageur peut tirer en cas de nécessité. Dans l'intercommunication électrique, cette poignée agit par l'intermédiaire d'un fil qui règne tout le long du train, sur une sonnerie électrique installée dans le fourgon; en même temps, une ailette horizontale placée sur le côté de la voiture se place verticalement, ce qui permet au conducteur de reconnaître immédiatement le compartiment d'où est parti l'appel.

Ce mode d'intercommunication oblige à avoir, entre chaque véhicule, des racords de fils qui doivent être reliés ensemble au moment de l'attelage.

Dans l'intercommunication pneumatique, lorsqu'un voyageur

actionne la sonnette d'alarme, il produit dans la conduite d'air comprimé du frein continu une dépression qui amène, comme nous le verrons plus loin, un serrage des freins; en outre, l'air comprimé qui s'échappe de la conduite actionne un sifflet placé sur la voiture, ce qui permet au conducteur de reconnaître d'où vient l'appel.

Chauffage des trains. - Le chauffage des trains de voyageurs est obligatoire pendant toute la période d'hiver.

Pendant longtemps, le chauffage se faisait à l'aide de bouillottes, ce système qui a été le plus répandu jusqu'au moment où l'adoption des voitures à intercirculation et à couloir latéral l'a rendu impraticable.

Les bouillottes sont généralement de forme plate et allongée et se placent à raison de deux par compartiment. Elles sont remplies d'eau chaude à 70° environ au moment où on les met en place. Elles se refroidissent assez rapidement; on en doit les renouveler au bout d'une heure ou d'une heure et demie suivant la température extérieure.

Le réchauffage des bouillottes se fait dans les grandes gares où ce service exige des installations coûteuses et importantes. On procède le plus souvent au réchauffage en envoyant dans la bouillotte remplie un jet de vapeur à haute pression. Les bouillottes sont un procédé de chauffage hygiénique, mais elles présentent de nombreux inconvénients: 1° Elles donnent une température qui est loin d'être constante, puisque très chaudes au moment de la mise en place, elles se refroidissent rapidement; 2° on est obligé de déranger les voyageurs très souvent pour changer les bouillottes; 3° elles exigent dans les gares des installations importantes et une manutention, à l'aide de tricycles, qui augmente encore l'encombrement des quais.

qui augmente encore l'encombrement des quais.

Pour éviter les remplacements aussi fréquents des bouillottes, on a essayé pendant assez longtemps l'emploi des bouillottes à acétate. L'acétate de soude a la propriété de se maintenir pendant plusieurs heures à une température constante de 55° au moment où il arrive à son point de cristallisation. On porte la solution d'acétate à la température de 70° ; pendant son refroidissement, la bouillotte abandonne une quantité de chaleur proportionnelle à la chute de température entre 70° et 55° , puis, à partir de ce moment et pendant tout le temps de la solidification de l'acétate, la bouillotte reste à une température voisine de 50° . Une bouillotte peut ainsi rester chaude 3 ou 4 heures, mais ces bouillottes sont lourdes et d'une manipulation difficile.

En Allemagne, on a essayé des bouillottes remplies de sable préalablement chauffé dans des fours. L'essai n'a pas été très satisfaisant.

On peut citer encore le chauffage au moyen d'un charbon spécial sous la forme de briquettes dit chauffage Berghausen.

Ces briquettes, dans la combustion, sont très lentes et sont allumées en placées dans des fourneaux économiques disposés sous les sièges ou sous les pieds des voyageurs. Ce système a soulevé l'inconvénient de laisser pénétrer dans le compartiment des gaz de la combustion qui incommode les voyageurs.

Pour l'éviter, la Compagnie du Nord a employé, pour certaines voitures, la chaufferette mi-à-eau et à briquettes. C'est une grande chaufferette plate à eau dans laquelle on place des briquettes allumées. Dans ces conditions, c'est l'eau qui chauffe le compartiment tout en servant d'isolant entre le foyer et les voyageurs.

Dans certains pays : en Suisse, en Amérique, on emploie le système à air chaud qui comporte un calorifère placé sous la voiture

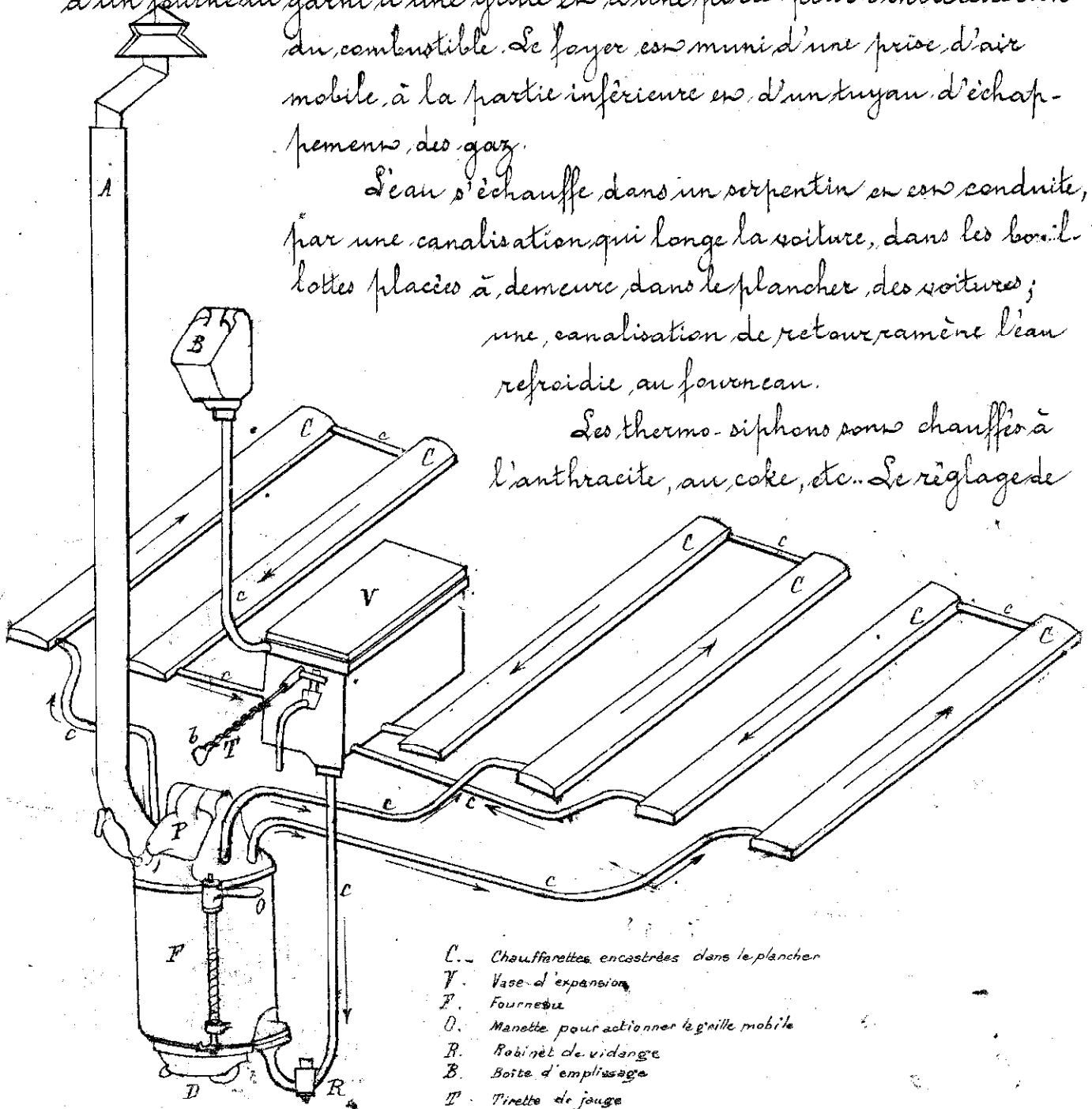
en, d'où l'air, chaud et ensoufflé, dans les compartiments. Il donne une chaleur trop sèche, peu agréable pour les voyageurs et ne chauffe pas suffisamment les pieds.

Ces différents systèmes sont maintenant presque partout remplacés, soit par le thermo-siphon, soit par le chauffage à la vapeur.

Thermo-siphon. — Les thermo-siphons sont des appareils à circulation d'eau chaude. Chaque voiture est munie latéralement d'un fourneau garni d'une grille et d'une porte pour l'introduction du combustible. Le foyer est muni d'une prise d'air mobile, à la partie inférieure et d'un tuyau d'échappement des gaz.

L'eau s'échauffe dans un serpentin et est conduite, par une canalisation qui longe la voiture, dans les boîtes lottes placées à demeure dans le plancher des voitures; une canalisation de retour ramène l'eau refroidie au fourneau.

Les thermo-siphons sont chauffés à l'anthracite, au coke, etc. Le réglage de



- C. - Chauffarettes encastrées dans le plancher
- V. - Vase d'expansion
- F. - Fourneau
- G. - Manette pour actionner la grille mobile
- R. - Robinet de vidange
- B. - Boîte d'emplissage
- P. - Tirette de jauge

la chaleur se fait à l'aide d'un papillon contenu dans la cheminée du foyer. Ils donnent un chauffage satisfaisant à condition qu'on ait toujours soin de maintenir une quantité d'eau suffisante dans les appareils des voitures.

La combustion dans le foyer s'active facilement pendant la marche, mais ^{est} lente dans les stationnements. Le réglage du chauffage suivant la température n'est pas facile, car, - assez fréquemment, par des températures douces, le thermo-siphon donne trop de chaleur dans les compartiments. Enfin, ce chauffage demande une certaine surveillance pour l'entretien des foyers dans les gares de passage. Mais il présente le grand avantage de laisser, à chacune des voitures.

Chauffage des voitures par la vapeur. — Tous les systèmes de chauffage par la vapeur comportent une conduite de vapeur qui part de la locomotive, en traversant toutes les voitures, à chauffer jusqu'à la queue du train. On se trouve donc dans l'obligation de faire un raccord des conduites de vapeur au passage de chaque véhicule au suivant; on complique ainsi l'attelage; mais en fait, ces raccords se font sans difficulté et ne donnent généralement lieu qu'à très peu de perte de vapeur.

La vapeur, prise à la chaudière et envoyée dans la conduite du train, passe par un détenteur de façon que la pression soit réduite à 3 ou 4 kilogs suivant les systèmes.

L'utilisation de la vapeur pour le chauffage des voitures peut être faite de plusieurs manières. Dans le système belge, par exemple, ce sont, dans chaque voiture, des tuyaux qui se branchent sur la conduite générale de vapeur et qui circulent, dans chaque compartiment, sous les sièges ou sous le plancher. La vapeur envoyée par la machine chauffe donc directement les radiateurs de toutes les voitures.

Ce système exige une dépense assez considérable de vapeur; de plus, si les premières voitures sont bien chauffées, les dernières le sont sensiblement très mal, dès que la composition d'un train dépasse 8 ou 10 voitures.

Dans le système de la Compagnie de l'Est, on envoie dans les voitures non plus seulement de la vapeur, mais un mélange de vapeur et d'air comprimé à 3 kilogs. La conduite générale de vapeur reçoit, d'un côté la vapeur et l'air envoyés par le mécanicien; elle est terminée, à l'autre extrémité, par un purgeur automatique qui laisse échapper l'air refroidi et l'eau condensée dans la conduite générale elle-même. Sur chaque voiture, des tuyaux de chauffage branchés en dérivation sur la conduite générale pénètrent dans la voiture et, après circulation sous les planchers, aboutissent à un purgeur automatique; suivant la température, on met en service 1, 2 ou 3 tuyaux par voiture.

L'addition d'air comprimé à la vapeur produit un excellent effet: Quand on chauffe à la vapeur seule une longue conduite fermée par un purgeur automatique, l'intensité du courant gazeux diminue à mesure qu'on s'éloigne de la prise de vapeur; il devient presque nul vers l'extrémité de la conduite où l'on a plus d'eau condensée que de vapeur. L'eau tend alors à former, à tous les points bas, des accumulations qui forment de véritables bouchons empêchant le passage de la vapeur et augmentant les pertes de charge.

Si, au contraire, on ajoute une certaine quantité d'air à la vapeur, on peut maintenir jusqu'à l'extrémité des conduites un courant gazeux suffisant pour entraîner continuellement l'eau aux orifices d'évacuation et pour empêcher les bouchons d'eau de se former. On comprend aisément que l'on arrive ainsi à réduire les pertes de charge et à obtenir une pression plus régulière.

L'eau de condensation a toujours tendance à s'accumuler dans les points bas ; lorsqu'elle n'est pas expulsée avant la cessation du chauffage, elle se congèle dans des points bas, en empêchant toute reprise de chauffage. On évite, en général, ces inconvénients quand on chauffe avec le mélange d'air et de vapeur.

En pratique, la proportion d'air employé doit être environ $\frac{1}{10}$ à l'origine de la conduite. Avec le mélange d'air et de vapeur, la Compagnie de l'Est obtient un chauffage uniforme, même avec des trains très longs.

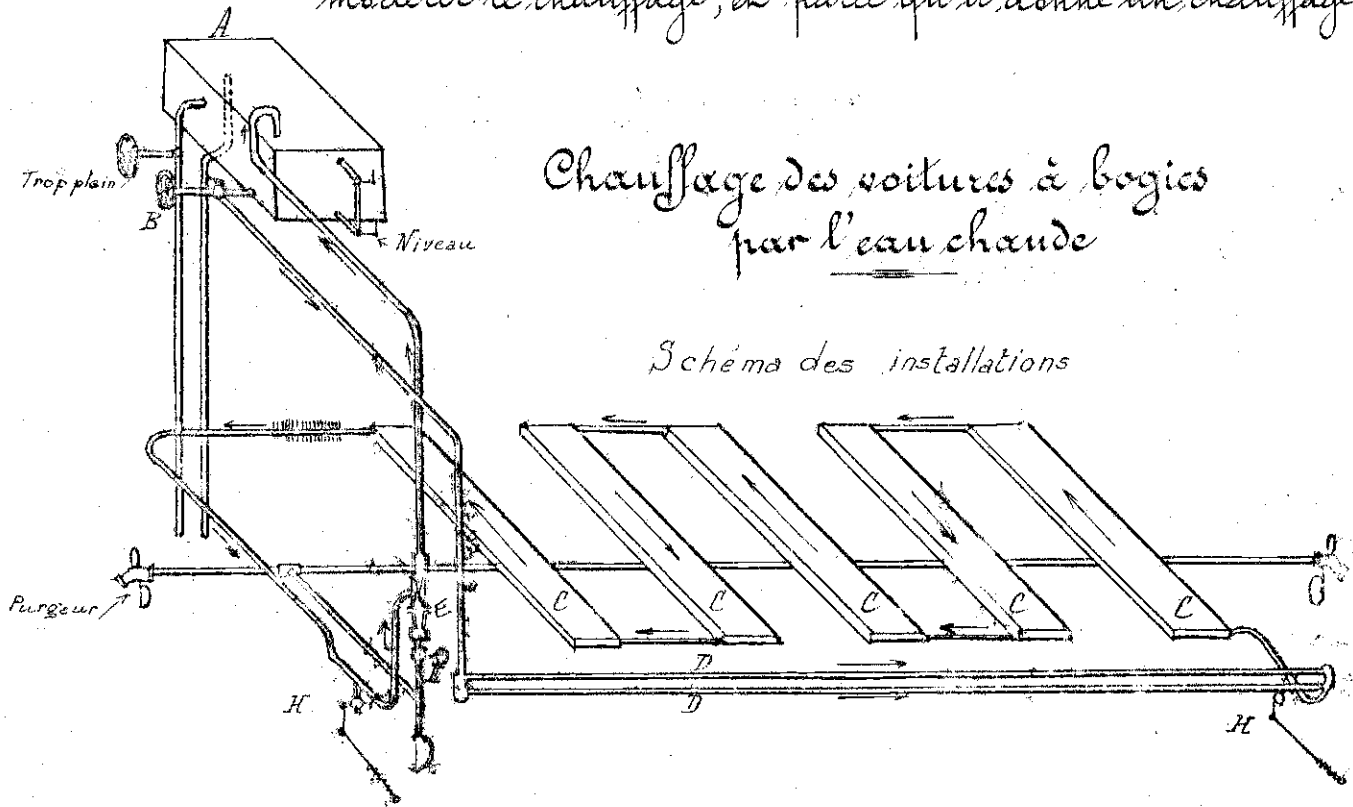
Dans le système de chauffage de la Compagnie du Nord, les voitures sont chauffées par l'eau chaude qui vient d'un réservoir A placé sur la toiture de la voiture, passe dans des tuyaux D le long des couloirs et dans les chaufferettes C encastrées dans les planches des compartiments ; cette eau revient ensuite au réservoir, en parcourant un circuit continu. L'eau reçoit à la fois sa chaleur en son mouvement dans le circuit d'un jet de vapeur amené de la machine par la conduite générale placée sous les différents éléments des voitures. Le jet de vapeur est introduit dans le circuit par un injecteur E placé dans l'intérieur de la voiture, par exemple dans le couloir. Cet injecteur E ramène l'eau dans le réservoir A, tout en la chauffant. Les robinets de vidange HH permettent, au besoin, de vider l'eau du système.

Dans la position de repos du matériel, les bouillottes et les tuyaux doivent être vides. L'eau du circuit de chauffage doit être refoullée tout entière dans le réservoir A. Le robinet B doit être fermé et les robinets de vidange ouverts ; pour chauffer, il faut fermer les robinets de vidange et ouvrir B, de façon à remplir les bouillottes d'eau, puis on ouvre l'injecteur E.

La température de l'eau dans les bouillottes est réglée par le fonctionnement de l'injecteur ; on la tient habituellement entre 100 et 80°

suisant la température extérieure.

Ce système donne d'excellents résultats parce qu'il permet de modérer le chauffage, en parce qu'il donne un chauffage



uniforme sur toutes les voitures d'un train ; de plus, la dépense de vapeur est beaucoup moindre qu'avec le système belge, parce qu'il y a moins de condensation.

L'accouplement entre les voitures se fait, comme dans les autres systèmes, à l'aide de raccords flexibles. Chaque voiture est munie de ce que l'on appelle un demi-accouplement ; ce demi-accouplement ou boyau s'adapte, d'un côté, à la conduite de vapeur de la voiture en se termine, à l'autre extrémité, par une pièce métallique dite tête d'accouplement qui permet de réunir entre eux les boyaux de deux voitures consécutives.

Sur chaque conduite, en avant des robinets d'arrêt, il existe des purgeurs destinés à éviter l'accumulation d'eau de condensation dans les conduites.

Quel que soit le mode de chauffage à la vapeur employé, il présente toujours le léger inconvénient d'exiger un chauffage

des voitures quelque temps, avant le départ; il est donc nécessaire soit, de faire venir la machine en tête du train un certain temps avant le départ, soit d'avoir une machine spéciale pour préparer le chauffage du train avant la mise en tête de la machine qui doit l'assurer. Sa durée du chauffage préalable est d'ailleurs moindre avec le chauffage employé sur le Nord, qu'avec le chauffage belge.

En général, les divers systèmes de chauffage passés en revue sont bons, lorsque la température n'est pas très rigoureuse, mais, dès que l'on se trouve dans une période de forte gelée, le chauffage devient un problème difficile, et malgré tous les soins qu'on y apporte, il n'est pas toujours possible d'obtenir de bons résultats.

Eclairage. — L'éclairage s'est beaucoup perfectionné depuis quelques années; jadis, les voitures étaient éclairées à l'aide de bougies; ce système n'est plus employé, que dans les pays froids, où l'huile serait trop exposée à se congeler, ou à titre d'éclairage de secours, dans certaines voitures éclairées à l'électricité.

Le mode d'éclairage le plus généralement employé a été, jusque dans ces derniers temps, l'éclairage à l'huile végétale. Il est encore employé sur un grand nombre de voitures de la Compagnie du Nord. Les lampes sont suspendues au plafond de la voiture, et sont mises en place extérieurement.

Les anciennes lampes à huile à bec plat ne donnaient qu'une lumière fumeuse et vacillante, mais les lampes à mèche ronde, surmontées d'un verre avec bon réflecteur, donnent un éclairage assez satisfaisant.

Eclairage au gaz. — L'éclairage au gaz s'est beaucoup répandu en Europe et spécialement en France sur le réseau de l'Etat, de l'Est, du G. S. N.

Le système le plus noté est le système Pintsch. On emploie

du gaz riche fabriqué, dans des usines spéciales, par la distillation des huiles lourdes, en comprimé à 7 kilogs environ. Ce gaz, amené dans les gares par des conduites, est transporté, au moyen de wagons spéciaux, en introduisant dans des réservoirs placés sous les voitures ou au dessous de la toiture. A la sortie de ces réservoirs, le gaz est détendu à une pression constante par un régulateur de pression et est amené jusqu'aux lampes par une conduite disposée le long des parois ou sur la toiture. Chaque voiture emporte ainsi une provision de gaz suffisante pour l'éclairage pendant 20 ou 24 heures. Dans chaque compartiment, un dispositif spécial permet aux voyageurs de mettre à volonté la lampe en veilleuse.

L'éclairage au gaz a été perfectionné par l'emploi de manchons à incandescence. On peut employer avec l'incandescence, soit les becs droits, soit les becs renversés. Malgré la dépense de remplacement des manchons, l'incandescence réalise une économie sensible tout en augmentant l'intensité de l'éclairage.

La Compagnie du Nord étend ce système aux voitures de toutes classes à intercirculation qu'elle met en service, en s'en substituant progressivement l'éclairage à l'huile sur toutes les voitures; mais le gaz employé par la Compagnie du Nord est du gaz ordinaire de houille comprimé à 15 kilogs au maximum, en détendu sur les voitures à la pression de consommation.

On a fait aussi des essais d'éclairage à l'acétylène.

L'acétylène pure qui avait été essayée sur le L. S. N., a été abandonnée en raison des dangers de fabrication et d'emploi, mais la même Compagnie a utilisé, depuis, l'acétylène dans la proportion de 30 % pour augmenter le pouvoir éclairant du gaz riche.

Ce gaz mixte est contenu dans de grands récipients fixés sur la toiture des wagons et à la pression de 7 kilogs. Le pouvoir éclairant se trouve ainsi doublé, mais la dépense est aussi nota-

blements plus élevés.

Éclairage électrique. - L'éclairage électrique est assez fréquemment employé, notamment pour le matériel des trains de luxe et des trains rapides à grands parcours. Il est tout indiqué, bien entendu, sur les lignes à traction électrique.

Pour les autres lignes, il est réalisé, soit au moyen d'accumulateurs placés sous les voitures et qui sont, ou rechargés sur place pendant le stationnement de celles-ci, ou remplacés pendant un arrêt par des accumulateurs fraîchement chargés, soit au moyen d'une petite usine génératrice à vapeur ou à pétrole installée dans un fourgon du train, soit, enfin, au moyen d'une dynamo actionnée par un essieu de la voiture.

L'emploi des accumulateurs est assez onéreux; il est en usage sur la Compagnie du Nord pour les voitures à bogies des trains rapides. Les accumulateurs sont placés dans des coffres fixés aux longerons de chaque voiture; ils sont chargés sur place avant le départ à une tension de 25 volts.

L'emploi d'un groupe électrogène placé dans un fourgon comporte d'assez grandes sujétions. Ce système n'est guère employé que pour certains trains de luxe aux États-Unis.

On emploie plus fréquemment le système de la dynamo actionnée par essieu de la voiture. Il offre l'avantage d'assurer l'indépendance du véhicule qui peut ainsi circuler sur une ligne quelconque et dans un train quelconque avec d'autres voitures munies d'un autre système d'éclairage. Ce système comporte d'ailleurs l'emploi de batteries d'accumulateurs qui emmagasinent une partie du courant produit par la dynamo pour alimenter les lampes pendant les arrêts et pendant la marche à faible vitesse.

Les systèmes les plus répandus sont les systèmes Stone et

Vicarino.

Dans le système Stone, la dynamo est suspendue à la soiture à l'extrémité d'une bride réglée de manière à donner une tension déterminée à la courroie de commande. Lorsque, par suite de l'augmentation de vitesse du train, la tension de la courroie dépasse celle qui résulte de l'action du poids de la dynamo, celle-ci se trouve légèrement soulevée en la courroie glisse tout en laissant l'induit tourner à sa vitesse normale.

Un régulateur mécanique relie la dynamo en les accumulateurs dès que la vitesse du train dépasse une certaine limite. Quand la vitesse ralentit, ou quand le train s'arrête, les accumulateurs seuls alimentent les lampes.

Ce système est coûteux et peu sûr.

Dans le système Vicarino, la courroie est tendue par l'action combinée du poids de la dynamo et d'un ressort, en la dynamo tourne à une vitesse absolument variable suivant l'allure plus ou moins rapide du train. Un appareil spécial appelé conjoncteur-disjoncteur automatique placé entre la dynamo et la batterie d'accumulateurs établit la communication lorsque la vitesse de la dynamo est suffisante pour qu'elle produise un courant de tension égale à celle de la batterie; elle interrompt cette communication lorsque la vitesse est trop faible, afin d'éviter que le courant de la batterie ne fasse retour à la dynamo. La dynamo présente une disposition particulière qui a pour but de maintenir constamment à 30 volts la tension du courant malgré les variations de la vitesse de rotation. Le système Vicarino est employé, en particulier, sur l'Etat français.

La Compagnie du Q. & N. emploie un système analogue au système Vicarino, mais sensiblement plus compliqué imaginé par M. Auser, et spécialement étudié pour obtenir une constance aussi

grande que possible de l'intensité du courant produit par la dynamo.

Résistance des trains

Le travail total développé par la vapeur sur les pistons de la machine locomotive a deux actions. D'une part, il provoque le déplacement de la machine, avec sa chaudière et ses approvisionnements, d'autre part il sert à vaincre la résistance totale du train, à remorquer, en engendrant l'effort de traction, c'est-à-dire l'effort qui s'exerce sur la barre d'attelage du premier des véhicules remorqués, à l'arrière.

Nous allons déterminer, par le calcul, les divers éléments qui composent la résistance totale du train, éléments qui dépendent de la nature des véhicules, de la constitution de la voie et de l'état de l'atmosphère, et qu'on peut classer de la manière suivante :

- 1^{re} Résistance due au glissement de la fusée de l'essieu dans le coussinet de la boîte à graisse ;
- 2^o Résistance due au roulement sur le rail ;
- 3^{is} Résistance due aux déclivités ;
- 4^{is} Résistance due aux courbes ;
- 5^{is} Résistance due à l'influence de l'air ;
- 6^o Résistance due aux mouvements de lacet.

1^o Résistance due au glissement de la fusée sur le coussinet. — Soit P le poids d'un véhicule ; p le poids des trains de roues, c'est-à-dire de l'ensemble des roues et des essieux ; $(P-p)$ représentera le poids de la caisse ; soit f le coefficient de frottement du coussinet sur la fusée (bronze sur acier), $f(P-p)$ représente l'effort de frottement total s'exerçant tangentiellement à la fusée ; par suite, le travail de frottement par tour de roues est :

$$2 \pi r f (P-p).$$

en par unité de longueur parcourue sur le rail :

$$\frac{2 \pi r f (P-p)}{2 \pi R} = f (P-p) \frac{r}{R}$$

R représentant le rayon de la roue et r le rayon de la fusée.

On voit d'après cette formule, que pour réduire la résistance au glissement, il faut rechercher une faible valeur pour le coefficient de frottement, un diamètre réduit des fusées, et un grand diamètre des roues.

La valeur du coefficient de frottement f dépend non seulement de la nature des métaux en contact, mais encore, du mode de graissage. Ces métaux sont, pour l'acier, de l'acier ; pour le coussinet le bronze ; mais pour améliorer encore le frottement, on emploie souvent des coussinets garnis intérieurement, au moins en partie, de métal blanc.

Différentes expériences ont été faites pour déterminer la valeur du coefficient f . D'après leurs résultats, on peut admettre comme chiffre moyen dans les conditions normales du service des chemins de fer un coefficient égal à $\frac{1}{70}$. Si, d'autre part, on admet la fraction $\frac{1}{11}$ comme représentant le rapport moyen du diamètre de la fusée à celui de la roue, on voit que la résistance totale due au glissement sera :

$$\frac{1}{70} \times \frac{1}{11} (P-p) = \frac{1}{770} (P-p)$$

On trouve ainsi environ 1 kg 30 pour une charge d'une tonne.

C'est un résultat très satisfaisant qui permet de conserver pour les véhicules des chemins de fer, la construction simple en usage, sans recourir à l'emploi de roulements à billes, dans le défaut de simplicité a fait échouer les essais.

2^e Résistance due au roulement du bandage sur le rail. — C'est un frottement de roulement qui s'exerce

tangentiellement à la roue. Ce frottement est très faible surtout lorsque les corps en contact, comme les bandages roulants sur les rails, sont à peu près indéformables.

Soit f' coefficient de frottement; l'effort qu'il faut appliquer au centre de la roue de rayon R , parallèlement au plan d'appui pour produire le roulement est directement proportionnel à la charge P en raison inverse du rayon, c'est-à-dire qu'on peut l'exprimer par la formule $\frac{f'P}{R}$. La valeur de f' est faible et dépend de la nature des corps en contact et de l'état des surfaces.

On a admis pendant longtemps pour le rapport $\frac{f'}{R}$ applicable au matériel roulant, la valeur 0,001, qui pratiquement n'est pas atteinte. La résistance due au roulement des trains sur des voies bien entretenues est donc presque négligeable.

3° Résistance Due aux Déclivités. — La pesanteur donne lieu à une résistance additionnelle dont la valeur dépend de l'inclinaison de la voie et du poids total transporté. Nous avons vu précédemment (page 21) que cette résistance additionnelle peut être représentée par un accroissement $P \times \frac{d}{1000}$ de la charge remarquée P .

4° Résistance Due aux courbes. — Le surcroît de résistance au passage d'un train dans une voie en courbe dépend, à la fois, de la valeur du rayon, de la courbe et des conditions d'établissement des véhicules.

La résistance due aux courbes est produite par trois causes: a. force centrifuge; b. solidarité des roues et des essieux; c. parallélisme des essieux.

a. — On néglige généralement la première des causes parce qu'on admet que l'effet de la force centrifuge est annulé par le surhaussamento.

B. - La solidarité des essieux en des roues a pour effet, étant donné la différence des chemins à parcourir simultanément sur les deux files de rails, de produire un certain glissement de la jante de la roue intérieure. Il est entendu que cette cause de résistance est en partie détruite du fait de la conicité des bandages, mais pour la facilité du calcul, nous supposons que cette conicité n'existant pas les deux roues roulent sur un cercle de même diamètre.

Soit p le rayon moyen de la courbe; e la largeur de la voie; P le poids total des véhicules; f'' le coefficient de glissement.

Les chemins parcourus par les 2 roues conjuguées sont :

pour la roue extérieure $2\pi(p + \frac{e}{2})$

pour la roue intérieure $2\pi(p - \frac{e}{2})$

Si l'on rapporte ces longueurs à l'unité de parcours du véhicule, il faut diviser les deux expressions ci-dessus par $2\pi p$. On a donc :

pour la roue extérieure $1 + \frac{e}{2p}$

pour la roue intérieure $1 - \frac{e}{2p}$

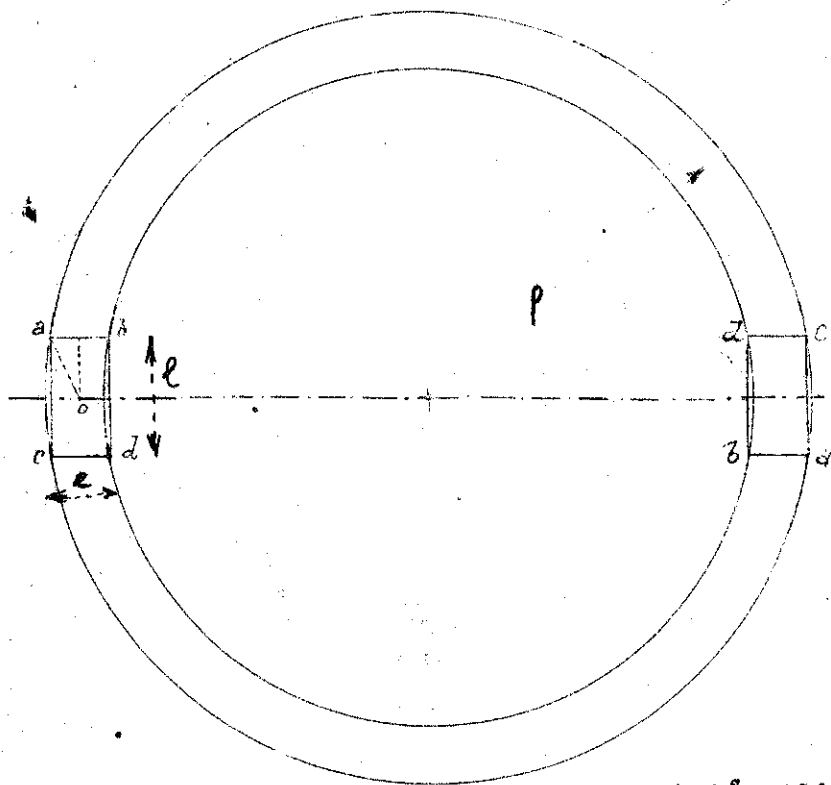
La différence entre les deux parcours est donc égale à $\frac{e}{p}$, et le travail correspondant à ce glissement du poids $\frac{P}{2}$ (charge des roues intérieures sur le rail), a pour valeur $f'' \frac{P}{2} \frac{e}{p}$.

Cette résistance est donc proportionnelle à l'écartement des rails et inversement proportionnelle au rayon.

C. - Par suite du parallélisme des essieux, le changement de direction imposé constamment dans les courbes aux véhicules par la réaction du rail extérieur sur le bandin de la roue et aussi par celle que le rail intérieur exerce parfois sur le bandin de la roue d'arrière détermine un glissement transversal des bandages sur les rails. Si coefficient de ce frottement est encore f'' .

Considérons un véhicule décrivant une circonférence entière de rayon moyen p .

Revenu à son point de départ après avoir parcouru le



le chemin $2\pi r$ le véhicule occupera la même position que s'il avait pivoté autour d'un axe vertical passant par son centre de figure O et, dans ce mouvement, les 4 points a, b, c, d parcourant une circonférence de rayon OA donc le développement en de $2\pi OA$, ou $2\pi \frac{\sqrt{e^2 + l^2}}{2} = \pi \sqrt{e^2 + l^2}$ attendu que :

$$OA^2 = \left(\frac{e}{2}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2$$

e = largeur de la voie
 l = écartement des essieux

D'où $OA = \frac{\sqrt{e^2 + l^2}}{2}$

$\pi \sqrt{e^2 + l^2}$ représente donc le chemin parcouru par le glissement transversal des bandages pour un parcours total $2\pi r$ du véhicule.

Lors un déplacement du véhicule égal à un mètre, ce glissement transversal sera donc :

$$\frac{\pi \sqrt{e^2 + l^2}}{2\pi r}$$

et le travail correspondant à la charge totale P a pour valeur :

$$\frac{f'' P \sqrt{e^2 + l^2}}{2r}$$

En réunissant les deux formules des paragraphes B et C, nous voyons que, pour un déplacement du véhicule égal à l'unité, le travail résistant d'un wagon circulant en courbe est :

$$f'' \frac{Pe}{2r} + f'' \frac{P \sqrt{e^2 + l^2}}{2r}$$

La résistance est donc inversement proportionnelle au rayon de la courbe, et, pour un rayon donné, elle augmente avec la largeur de la voie et l'écartement des essieux.

Le coefficient f'' est assez variable avec l'état de l'atmosphère; on peut lui attribuer une valeur moyenne de $\frac{1}{6}$.

5° Résistance due à l'influence de l'air. La résistance de l'air peut être considérée comme négligeable dans le cas de vitesses très faibles. Au contraire, elle peut acquies pour les trains rapides, une importance de premier ordre.

On admet généralement que la résistance produite sur une surface plane exposée perpendiculairement à la direction d'un vent de vitesse V est proportionnelle, à la fois, à l'étendue de la surface et au carré de la vitesse. Cette résistance pourra donc se présenter par l'expression KSV^2 , K étant un coefficient invariable.

D'après les expériences faites en Allemagne sur des lignes où la traction électrique a permis des vitesses considérables, on a reconnu que la pression sur une surface plane située à l'avant du véhicule perpendiculairement à cette direction était égale à $p = 0,0065 V^2$, p représentant la pression en kilogrammes par mètre carré, V la vitesse en mètres par seconde.

Cette formule s'applique jusqu'à une vitesse de 150 kilomètres à l'heure; au delà de cette vitesse, la résistance due à l'air augmente considérablement; elle atteint $0,088 V^2$.

A titre d'exemple, si on applique la première formule $p = 0,0065 V^2$ au cas d'un véhicule circulant à la vitesse de 72 kilomètres à l'heure, soit 20 mètres à la seconde, on aura:

$$p = 0,0065 \times 20^2 = 26 \text{ Kilogs.}$$

Si la surface de front est de 7 mètres carrés, on trouve:

$$p = 182 \text{ Kilogs}$$

On voit que la résistance de l'air devient très importante aux vitesses de 100 en 120 kilomètres.

Le vent agissant transversalement augmente également la résistance du train, en appliquant les boudins contre les rails. Il en est

remarque que la résistance de l'air est presque aussi considérable pour un train court que pour un train long.

6° Résistance due aux mouvements de l'acier. — Ces mouvements de l'acier sont les mouvements que prennent les véhicules les uns par rapport aux autres, surtout dans les trains de vitesse. Ils sont dus à de légers défauts de parallélisme des essieux en à des inégalités de la voie. Ils augmentent avec la vitesse en diminuant avec l'écartement des essieux.

Ils sont très accentués sur les pentes à forte déclivité et nuls sur les rampes à cause de l'augmentation de l'effort de traction.

Le travail résistant dû au lacer peut être approximativement considéré comme proportionnel au poids P du véhicule en à la vitesse V . Il serait représenté par la formule $K'PV$; la valeur de K' étant très faible.

Formule générale de la résistance d'un train. — En résumé, le travail total des résistances des wagons qui doit vaincre l'effort de traction de la machine se trouve représenté par la formule suivante :

$$T = f(P-p) \frac{r}{R} + f' \frac{P}{R} + P \frac{d}{1000} + f'' \frac{Pe}{2p} + f''' P \frac{\sqrt{e^2 + l^2}}{2p} + KSV^2 + K'PV$$

Chaque terme représente un travail par unité de chemin parcouru. Leur total T indique la force à appliquer à la traction pour surmonter l'ensemble des résistances.

Le poids P du véhicule entre dans tous les termes, sauf dans celui relatif à la résistance de l'air; d'autre part, dans le premier terme entre également le poids p des trains de roues.

En admettant souvent $P-p = \frac{5}{6} P$.

En substituant cette valeur approximative de $P-p$, en en divisant le tout par P , on trouve:

$$T' = \frac{5}{6} f \frac{r}{R} + \frac{f'}{R} + \frac{d}{1000} + \frac{f''}{2p} (e + \sqrt{e^2 + l^2}) + \frac{KSV^2}{P} + K'V$$

D'après cette formule, la résistance par tonne certain pour un poids total donné, théoriquement indépendante à la fois, du nombre des essieux qui répartissent le poids sur les rails et de la longueur du train. Ces deux conclusions théoriques ne sont pas du tout vérifiées par la pratique.

Les deux premiers et les deux derniers termes de cette expression représentent la partie de la résistance qui est indépendante du tracé et qu'il faut vaincre d'un bout à l'autre du parcours; c'est ce que l'on appelle la résistance propre du train. Les deux autres termes représentent l'influence des pentes et l'influence des courbes.

Dans cette formule T' représente l'effort par tonne à développer pour vaincre la résistance du train; si on multiplie par P , poids total du train exprimé en tonnes, on aura l'effort total, et si on multiplie par V , vitesse exprimée en mètres à la seconde, on aura le travail total d'où on pourra déduire la quantité de vapeur que doit fournir la machine.

Formules pratiques. — Les formules théoriques permettent de se rendre compte de la valeur des différentes résistances qui s'opposent à la marche d'un train; elles fournissent des résultats qui s'écartent parfois de ceux que donnent les recherches expérimentales, mais elles n'en sont pas moins utiles à connaître parce qu'elles facilitent l'interprétation judicieuse des résultats d'expériences faites sur des trains en service courant.

Des recherches nombreuses ont été entreprises dans le but de déterminer en bloc la résistance opposée à la traction par des trains de composition variable aux différentes vitesses admises en service.

La formule que nous avons indiquée plus haut peut s'écrire :

$$T' = A + KV + \frac{KSV^2}{P}$$

ou

$$T' = A + BV + CV^2$$

Ses expériences tentées ont eu pour but de déterminer ces coefficients A, B, C .

Formule Harding. — Ses premières expériences ont été faites en Angleterre, en 1846, par St. Harding. Elles ont été faites sur la granite et ont permis d'exprimer la résistance par la formule :

$$R = 2,72 + 0,034 V + 0,00484 \frac{SV^2}{P}$$

R est la résistance exprimée en kilogrammes par tonne, V la vitesse en kilomètres à l'heure, P le poids du train, S la surface transversale maxima du train.

Cette formule donne des résultats beaucoup trop forts pour les faibles vitesses.

Formule de la Compagnie de l'Est. — A la suite d'expériences très complètes faites en 1865 et 1866 par St. St. Guillemin, Ghébard et Diendonné, la Compagnie de l'Est a consacré la formule Harding en modifiant les coefficients suivant la nature des trains, en elle a adopté les formules suivantes :

1^{re} Trains de marchandises, vitesse 12 à 30 kilomètres à l'heure :

$$R = 1,065 + 0,05 V$$

2^{re} Trains omnibus, vitesse de 50 à 60 kilomètres à l'heure :

$$R = 1,80 + 0,08 V + 0,006 \frac{SV^2}{P}$$

3^{re} Trains express, vitesse 70 à 80 kilomètres à l'heure :

$$R = 1,80 + 0,14 V + 0,004 \frac{SV^2}{P}$$

Ces formules s'approchent plus de la réalité, mais pour le matériel actuel, elles donnent encore des résultats trop élevés.

Dans ces formules (formule Harding, formule de l'Est), R comprend la résistance des véhicules remorqués et celle de la locomotive considérée comme véhicule. Il représente la résistance par tonne de train évaluée aux jantes des roues motrices.

Pour opérer d'une manière plus correcte, il est indispensable de considérer séparément la machine qui, réunie à son tender,

constitue un véhicule ayant ses lois propres de résistance, en, d'autre part, le train remorqué.

Wagon dynamomètre. — Le meilleur procédé pour déterminer les coefficients entrant dans le calcul de la résistance du train, est d'opérer expérimentalement à l'aide d'un wagon dynamomètre que l'on attelle directement derrière le tender, en qui est suivi par les véhicules dans il s'agit d'étudier la circulation.

La traction s'exerce par l'intermédiaire d'un ressort à lame taré, placé sous le véhicule, en relié à un style qui se prolonge à l'intérieur du wagon en inscrivant à chaque instant sur une bande de papier se déroulant d'un mouvement uniforme, les variations de la flexion du ressort en, par suite, celles de l'effort de traction. On enregistre, en même temps, à chaque instant la vitesse. On a donc de la sorte tous les éléments pour calculer la puissance développée à tous instants.

Calcul de la résistance des voitures en wagons en alignement droit. — Sur l'Est, en 1880, les essais faits sur les trains de voyageurs ont conduit à la formule :

$$R = 1,83 + 0,0843 V$$

À la vitesse de 80 kilomètres, la formule donne $R = 8\%$. Or, dans les essais faits en 1892, à la Compagnie du Nord, avec des trains de 180 tonnes composés de voitures de 12 tonnes, on a obtenu $R = 7$ kilogs à 7 k 5.

Pour les trains de marchandises, dans des expériences faites sur le Nord, en 1882 - 1883, avec des trains composés de wagons chargés à 10 tonnes en marchant à la vitesse de 25 à 55 kilomètres, on a trouvé :

$$R = 1,45 + 0,0008 V^2$$

D'après les expériences faites sur l'Etat, en 1890, par M. Desdouts, dans le but de comparer la résistance du matériel ordinaire en du matériel à bogies, les résistances constatées en palier

en en alignement droit à la vitesse de 74 kilomètres à l'heure seraient :

Voitures ordinaires pesant 8 tonnes : 5 kilogs par tonne ;

Voitures à bogies pesant 16 tonnes, 3 kilogs 78 par tonne.

Ces chiffres, moins élevés avec les voitures à bogies, tiennent non seulement à la mobilité des bogies, mais encore à la diminution du nombre des intervalles ouverts entre les voitures.

Pour résumer ses expériences, M. Desdonits adopta les formules suivantes :

Voitures ordinaires $R = 1,5 + 0,0007 V^2$, pour V compris entre 0 et 80 kilomètres ;

Voitures à bogies $R = 1,5 + 0,04 V$, pour V compris entre 30 et 100 kilomètres.

Mais les formules de ce genre ne sont réellement applicables que dans des conditions identiques et pour des véhicules absolument semblables.

Depuis quelques années les résistances se sont trouvées abaissées en raison des améliorations introduites dans la construction : augmentation du poids des véhicules ; renforcement de la voie ; allongement des rails. A la Compagnie du Nord, des essais nombreux faits également en 1895 dans le but de comparer le matériel à bogies au matériel ordinaire ont porté sur des trains de voyageurs de 120 à 140 tonnes, à la vitesse de 60 à 115 kilomètres. Ces essais ont été faits, uniquement en alignement droit.

On a fait un grand nombre d'expériences et dans chacune d'elles on a relevé un graphique donnant à chaque instant les vitesses en abscisses et les résistances en ordonnées. La courbe moyenne se rapproche d'une parabole dont la formule serait :

$$R = 1,6 + \underset{\text{résistance fixe}}{0,023 V} + \underset{\text{influence de l'air}}{0,00046 V^2}$$

Cette formule peut être remplacée par la suivante :

$$R = 1,6 + 0,45 \frac{(V+50)}{1000}$$

Avec les véhicules à bogies on a trouvé :

$$R = 1,6 + 0,456 V \frac{(V+12)}{1000}$$

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus :

Résistance par tonne :

Vitesse	Matériel ordinaire	Matériel à bogies
60 km	4 kg 64	3 kg 52
80 -	6, 38	4. 38
100 -	8, 50	6.62
110 -	9.70	7.62

Surcroît de résistance des voitures en wagons dû aux courbes. — Les difficultés que l'on rencontre pour établir les formules, pour exprimer la résistance des véhicules en alignement droit, se trouvent beaucoup plus sérieuses lorsqu'il s'agit du passage en courbe.

Des expériences nombreuses ont été entreprises à différentes époques, en 1865 - 1866, dans les Compagnies de l'Est, d'Orléans et puis du Q. L. N.

On en a déduit comme coefficient moyen d'un train dans les courbes, non compris les résistances de la machine et du tender :

pour un rayon de 800 mètres, 0^k 6 par tonne | pour un rayon de 400 mètres, 2^k par tonne

"	600	"	1 ^k	"	"	300	"	3	"
"	500	"	1 ^k 25	"	"	200	"	4	"

pour un rayon de 150 mètres, 6^k par tonne

Il est établi que, dans les courbes de 1000 mètres au moins de rayon, le matériel employé actuellement sur la voie normale n'éprouve aucun surcroît de résistance. La vitesse n'a, pour ainsi dire, aucune influence sur l'augmentation de cette résistance.

Résistance de la machine et du tender. — Les machines et les tenders considérés comme véhicules présentent beaucoup plus de rigidité que les voitures en les wagons en opposant à leur mise en marche, une résistance beaucoup plus grande. Cela tient surtout au plus grand diamètre des fusées.

On peut admettre, comme moyenne, le coefficient de :

12 kilogs pour une locomotive à 8 roues complètes ;

9 k.5	7	6	7
6 k.4	7	2	7

Dans ces coefficients est compris le surcroît de résistance pour le passage en courbe.

Exemple d'un calcul de l'effort de traction pour un train donné. - Prenons un train de houille expédié des lignes du Nord sur Paris, en admettant que les rampes ne dépassent pas 5 m/m par mètre, en que les rayons des courbes ne soient pas inférieurs à 600 m. Le train est constitué de 45 wagons dont la tare est de 5 tonnes en la charge utile de 10 tonnes. Le poids du tender en charge est de 22 tonnes ; le poids de la machine à 4 essieux accouplés en charge 44 tonnes, la vitesse en rampe est de 30 kilomètres.

La formule : $R = 1,45 + 0,0008 V^2$ adoptée sur le Chemin de fer du Nord ; donne $R = 2,17$.

Pour le tender, on peut admettre une résistance plus forte de 2,7 ; pour la machine on admettra, d'après des essais récents, le coefficient de 5 k.5, à la vitesse de 30 kilomètres à l'heure.

La résistance du train se calculera comme suit :

1^o Pour le train : $45 \times 15 = 675$ tonnes

Résistance par tonne en palier en en alignement droit 2^k.17

Surcroît de résistance par tonne en rampe de 0,005 5. "

Surcroît de résistance par tonne en courbe de 600 mètres $\frac{1,7}{8,17}$

Résistance du train : $675 \times 8,17 = 5515$ k.

2^o Tender

Résistance par tonne en palier en en alignement droit 2^k.7

Surcroît de résistance par tonne en rampe de 0,005 5^k. "

Surcroît de résistance par tonne en courbe de 600 mètres $\frac{1,7}{8,17}$

Résistance du tender $22 \times 8,7 = 191$ k.

3^o Machine

Résistance par tonne en palier en en alignement droit 5 K5
 Excès de résistance par tonne en rampe de 0,02% 5, "
 Excès de résistance par tonne en courbe de 600 mètres $\frac{1,5}{12, "}$
 Résistance de la machine : $44 \times 12 = 528 \text{ K}$

On aura pour la résistance du train entier :

$$5515 + 191 + 528 = 6234 \text{ K.}$$

La locomotive devra donc développer à la circonférence des roues motrices un effort de 6234 K.

Le poids adhérent de la locomotive nous permettra, comme nous le verrons plus loin, de calculer l'effort disponible dû à l'adhérence. En fait, il sera d'environ :

$$44.000 : 7 = 6.300 \text{ kilogs.}$$

soit un peu supérieur au chiffre trouvé pour la résistance du train.

Locomotive

La locomotive est une machine à vapeur, qui agit par l'intermédiaire de bielles pour imprimer un mouvement de rotation à une paire de roues en contact avec les rails. Ces roues motrices, avançant sur la voie, à la condition que leur frottement sur les rails, c'est-à-dire leur adhérence soit plus forte que la résistance à vaincre pour mettre en mouvement la machine et le train, auquel elle est attelée.

Si cette condition n'est pas remplie, les roues tournent sur place sans avancer et on dit que la machine patine.

La puissance d'une locomotive dépend du nombre de chevaux vapeur qu'elle peut développer pendant un temps prolongé sur un profil accidenté.

En pratique, dans le langage des Chemins de fer, on confond

souvent la puissance avec l'effort maximum théorique de traction de la machine. En fait, une machine bien établie devra toujours présenter un grand effort de traction, avoir une grande puissance, c'est-à-dire posséder un générateur produisant une grande quantité de vapeur dans un temps donné et en outre un moteur perfectionné utilisant rationnellement cette vapeur.

Effort maximum théorique de traction. — Une locomotive comprend presque toujours deux machines à vapeur, l'une attaquant les roues côté droit et l'autre les roues côté gauche.

Évaluons le travail produit par ces deux machines pendant un tour des roues motrices et comparons-le au travail de résistance que doit vaincre la machine. Nous négligerons provisoirement la résistance passive de la machine.

Soit D le diamètre des roues motrices, πD sera le chemin parcouru pendant un tour. Soit F l'effort de traction ou la résistance totale à vaincre, résistance qui s'exerce tangentiellement à la roue au contact du rail. πDF représente le travail de la résistance pendant un tour des roues.

Cherchons d'autre part à évaluer le travail moteur; soit d le diamètre des pistons, L la course des pistons, p la pression de la vapeur en kilogrammes par unité de surface. Le travail moteur pendant une course de piston est égal au produit de la pression sur une face du piston $\frac{p \pi d^2}{4}$ par l'espace. Ce travail est donc $\frac{p \pi d^2 L}{4}$.

Or pendant un tour des roues, le piston a fait deux courses, une à l'aller, l'autre au retour. Le travail d'un piston pour un tour de roues est donc représenté par l'expression $\frac{2 p \pi d^2 L}{4}$ et le travail des deux pistons est égal à : $p \pi d^2 L$

Ce travail moteur doit être plus grand que le travail résistant; on doit donc avoir :

$$p \pi d^2 L > \pi DF \quad \text{ou} \quad p d^2 L > DF$$

si on égale ces deux expressions, on obtiens :

$$p d^2 L = F D \text{ en } F = \frac{p d^2 L}{D}$$

Cette dernière formule qu'on appelle ^D l'équation de la locomotive ^{donne} l'effort maximum théorique de traction ; mais, cet effort ne peut être réalisé intégralement et on est toujours obligé d'appliquer au second membre de l'équation, un coefficient de réduction α .

En effet, on a admis que la pression p était celle de la vapeur dans la chaudière. Or, il se produit une diminution de pression, en raison des pertes de charge dans les conduites. D'autre part, une partie du travail est absorbée pour vaincre les résistances passives des pièces du mécanisme entre le cylindre et le point de contact des roues motrices. La perte de pression dans le cylindre est ordinairement de 10 %, celle due aux résistances passives est de 15 %.

Pratiquement, on applique $F = \frac{\alpha p d^2 L}{D}$ en donnant à α , suivant les Compagnies, une valeur conventionnelle ; sur le Nord, on admet $\alpha = 0,65$. Il faut que la valeur de F ainsi calculée soit supérieure ou au moins égale à la résistance totale du train que nous avons appris précédemment à évaluer.

Adhérence — Cette condition remplie, un mouvement de rotation imprimé à l'essieu engendrera des forces tangentielles aux circonférences des roues à leurs points de contact avec les rails, mais ces forces ont pour limite supérieure la résistance au glissement des surfaces pressées l'une sur l'autre par la charge des essieux ; c'est cette résistance que l'on appelle l'adhérence.

Si l'adhérence est insuffisante, la roue glisse sur le rail, il n'y a plus roulement, mais glissement de la roue tournant sur elle-même sans que son centre soit animé d'un mouvement de translation ; c'est ce que l'on appelle le patinage.

L'adhérence a donc pour valeur l'intensité du frottement.

des bandages des roues motrices sur le rail. Elle est proportionnelle, à la charge des roues motrices en varie suivant la nature des corps en contact en l'état de leurs surfaces.

Si on appelle P_2 la pression totale exercée sur les rails au contact des roues motrices, pression que l'on désigne sous le nom de poids adhérents, en f'' le coefficient de frottement des bandages sur les rails désigné, aussi sous le nom de coefficient d'adhérence, la résistance due au frottement des bandages sur les rails a pour valeur $f'' P_2$.

Pour que la machine avance, il faut que la résistance au frottement des bandages soit supérieure à l'effort maximum de traction ain la relation $\frac{2 p d^2 l}{D} \leq f'' P_2$.

Le patinage doit être évité, à tout prix parce qu'il produit une usure rapide des bandages et des rails et qu'il a, en outre, pour effet de détériorer le mécanisme.

Coefficient pratique d'adhérence. — L'effort maximum pratique de traction est donc une fonction du poids adhérent, c'est-à-dire de la fraction P_2 du poids de la machine appliqué sur les roues motrices. P_2 est facile à déterminer pour chaque machine. Le coefficient d'adhérence f'' peut varier à chaque instant avec l'état des surfaces en contact et les circonstances atmosphériques qui modifient l'état de ces surfaces.

Il arrive fréquemment qu'une machine convenablement choisie pour remorquer un train de charge donnée sur un profil déterminé vienne à patiner dans des circonstances spéciales : verglas, herouillard, corps gras tombés sur les rails etc....

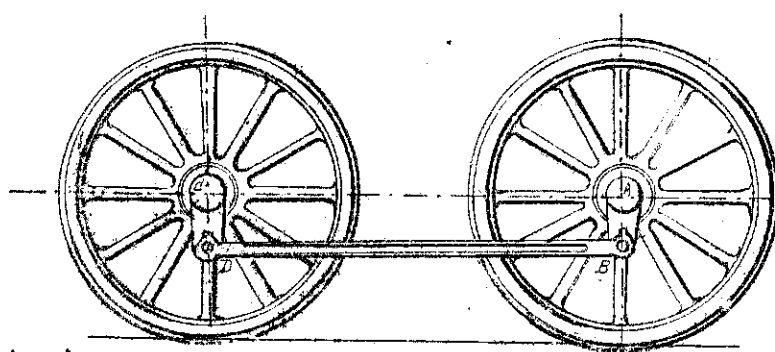
Par un temps sec, le coefficient d'adhérence atteint $\frac{1}{5}$; par les temps brumeux $\frac{1}{8}$; quand le rail est gras, comme cela se présente souvent dans les souterrains $\frac{1}{10}$. En France, on admet généralement dans les calculs le coefficient $\frac{1}{7}$.

La vitesse influe aussi sur l'adhérence en tend à la diminuer d'une manière sensible.

Accouplement des essieux. — La limite de l'effort de traction imposé par l'adhérence est, comme nous venons de le voir, proportionnée au poids adhérent.

Il y a évidemment intérêt à augmenter cette limite, et, par conséquent, à accroître la charge sur l'essieu moteur, mais la voie ne supporterait pas un accroissement indéfini de la charge sur un essieu : pendant longtemps on ne dépassa pas 14, 15 ou 16 tonnes ; toutefois, on tend à relever cette limite et on étudie, par exemple, en ce moment sur la Compagnie du Nord, les moyens d'admettre le maximum de 20 tonnes comme charge par essieu. L'adhérence se trouverait encore ainsi bien limitée, puisque l'effort maximum de traction ne pourrait pas dépasser $\frac{1}{7}$ de 20 tonnes, c'est-à-dire à peine 3000 kilogs. Aussi a-t-on cherché, depuis longtemps, à augmenter le poids adhérent en augmentant le nombre des essieux actionnés par le moteur.

On établit entre l'essieu moteur et 1, 2 ou 3 autres essieux, un accouplement. Les roues des essieux accouplés doivent être, de



même diamètre que les roues motrices.

Elles sont munies de deux manivelles AB, CD, de même longueur et dont

les boudons sont réunis de chaque côté de la machine par une bielle d'accouplement BD.

Les roues accouplées reçoivent par l'intermédiaire des bielles d'accouplement le mouvement imprimé à l'essieu moteur ; elles roulent ou patinent en même temps que l'essieu moteur.

Le poids adhérent se trouvant augmenté de la charge supportée par les roues accouplées, on peut ainsi arriver à utiliser comme poids adhérent, le poids total de la machine en même celui des approvisionnements en eau en charbon (machine tender).

On a cru pendant longtemps, que les accouplements ne fonctionneraient pas bien aux grandes vitesses, en l'on avait conçu pour les marches express, des locomotives à essieux indépendants. L'expérience a montré, que les bielles d'accouplement résistent aux rotations les plus rapides des roues en, actuellement, elles sont couramment employées dans tous les systèmes de locomotives à grande vitesse; exemples :

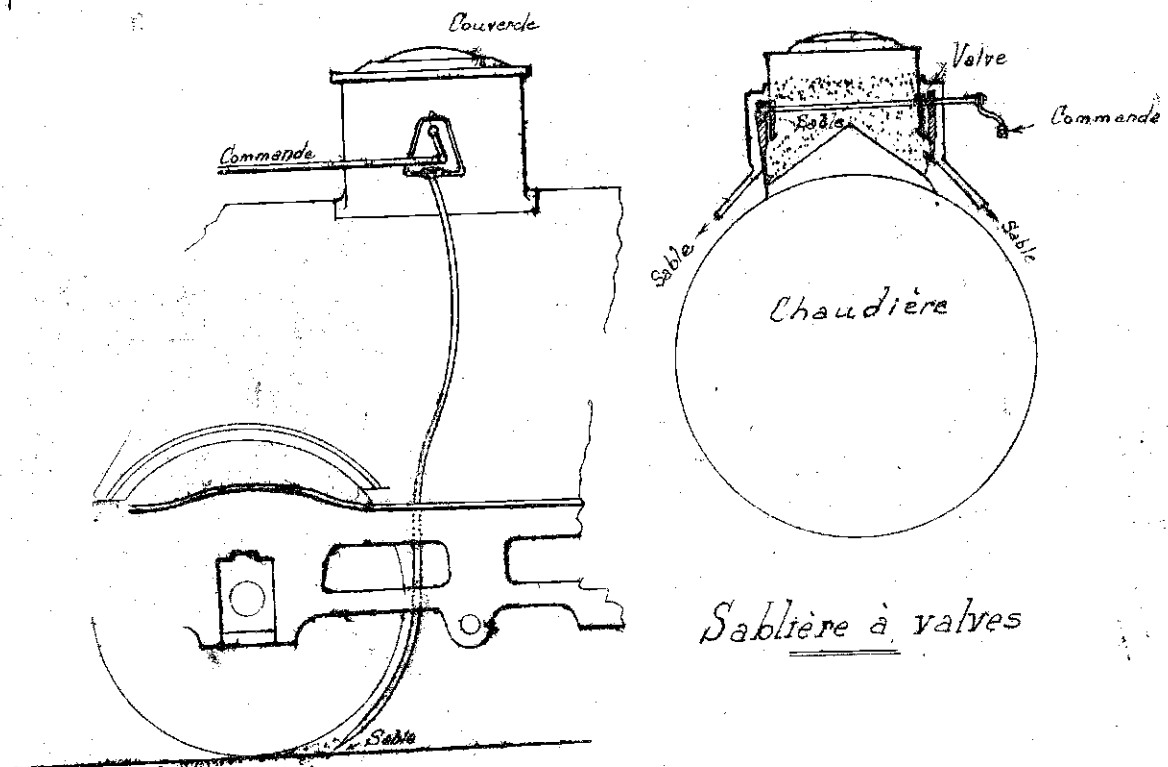
Machine Compound à grande vitesse de la Compagnie du Nord:

poids total $64^T 1100$. - poids adhérent $32^T 300$

Machine Compound à marchandises:

poids total $59^T 280$. - poids adhérent $42^T 800$

Moyens d'augmenter le coefficient d'adhérence - On peut encore accroître l'adhérence, dans des circonstances spéciales, en



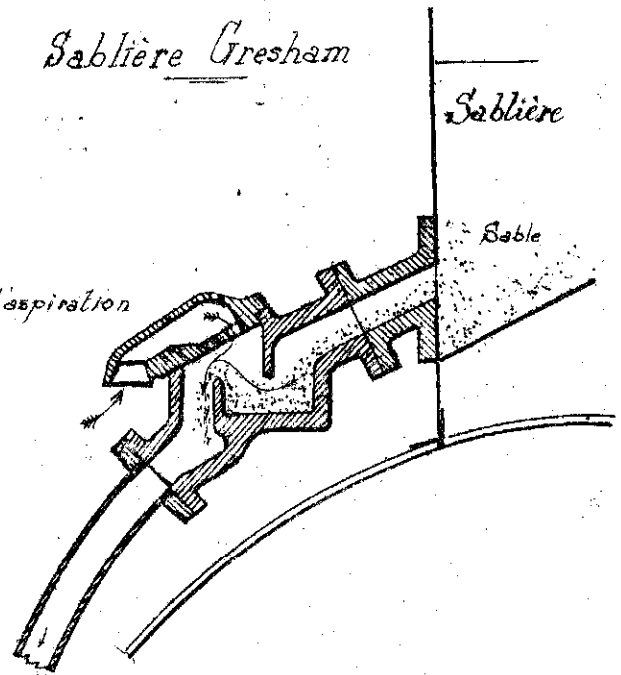
Sablère à valves

augmentant la valeur du coefficient f .

Le moyen le plus ordinairement employé est celui du sable, qui est emmagasiné sur la machine, dans un récipient appelé sablière, en qui peut être, à la volonté du mécanicien, projeté sur les rails un peu en avant des roues motrices. Ce moyen très simple présente cependant quelques inconvénients.

Le sable coule parfois inégalement en forme de paquets qui, bien qu'écrasés par les roues motrices, gênent le roulement des roues suivantes, en augmentant la résistance du train. De plus, le sable tombe à quelque distance en avant des roues motrices, de sorte que le vent peut l'emporter, avant qu'il ait été atteint par la roue. Enfin, la dépense de sable est assez forte en l'on risque par les très mauvais temps

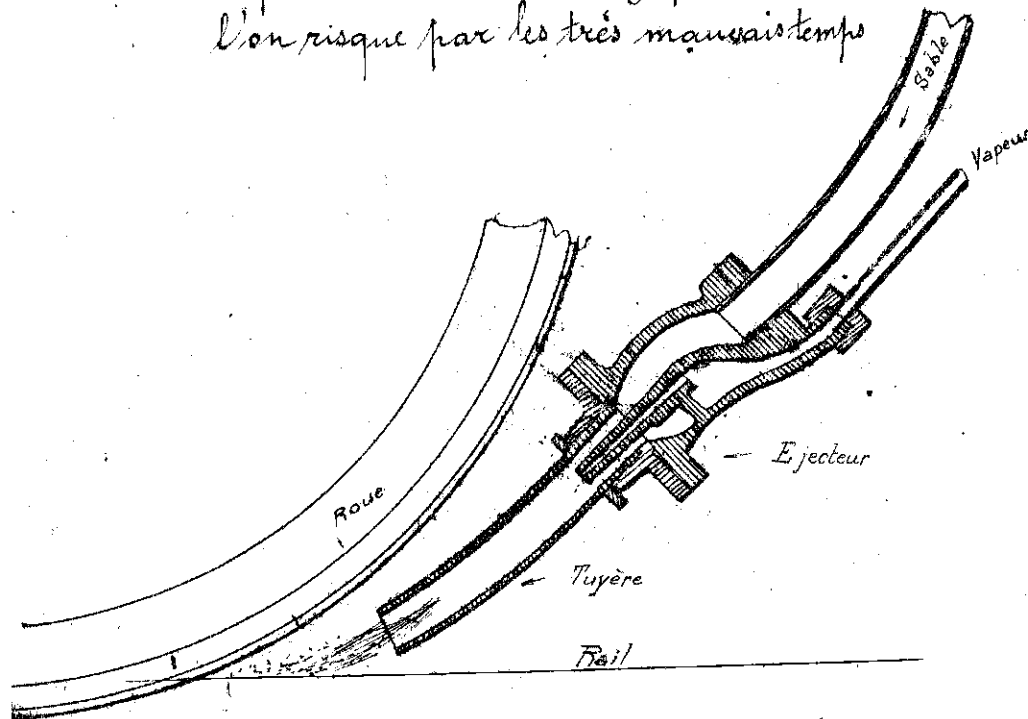
Sablière Gresham



d'épuiser l'approvisionnement, avant la fin du parcours. On évite une grande partie de ces inconvénients par l'emploi de la sablière

Gresham. Un petit éjecteur à vapeur est installé en avant de la roue

motrice. Le jet de vapeur, en s'échappant par la tuyère, centrale, contrain-



faire une aspiration dans un tuyau qui aboutit à une boîte d'aspiration montée sous la sablière. Quand le jeu de vapeur fonctionne, l'air entraîne le sable qui est lancé entre les roues et le rail.

Une faible quantité de sable suffit pour rétablir l'adhérence en cas de besoin; on évite ainsi un excès de consommation en le sable est projeté à l'endroit même où il est utile.

L'emploi de cet appareil exige quelques précautions. Le sable doit être sec en fin, on il faut éviter qu'il ne devienne humide par la vapeur qui doit passer dans les éjecteurs. Dans ce but, on a, depuis quelque temps, substitué avec succès à la vapeur l'emploi de l'air comprimé.

Procédé Riggerbach. — Sur un rail bien mouilli, par une grande pluie par exemple, l'adhérence est à peu près aussi bonne que sur un rail sec. On a donc eu l'idée de substituer à l'action du sable, un lavage complet des rails au moyen d'eau prise au tender et lancée par un jeu de vapeur à l'aide de tuyaux placés vers l'avant de la locomotive.

Ce procédé, appelé système Riggerbach a l'avantage d'éviter des surcroits de résistance en de supprimer l'usure anormale causée par le sable, mais, par contre, il entraîne une consommation importante d'eau,

Il a été employé surtout sur certaines lignes à fortes rampes traversant de nombreux tunnels.

On a essayé d'autres artifices pour augmenter l'adhérence. Sur les chemins de fer Basarais, on a installé un essieu moteur, auxiliaire dans la charge sur les fusées pour être augmentée à volonté. Cet essieu peut être relevé ou abaissé au moyen de deux cylindres placés extérieurement aux longerons, et il est actionné par une machine qui ne fonctionne qu'à l'occasion des démarrages ou sur les fortes rampes.

Variation de l'adhérence. — L'adhérence est variable, non seulement d'après l'état des surfaces en contact, mais encore par tour de roues, d'après la charge supportée à chaque instant par le ou les essieux moteurs.

Cette charge qui est fixe lorsque la machine est au repos, se trouve en effet modifiée en marche par les variations dues :

- 1^{re} à l'obliquité des bielles motrices motrices, et, par suite, à la réaction de la tête de piston sur les glissières ;
- 2^{re} à l'inclinaison des cylindres ;
- 3^{re} au déplacement de l'eau de la chaudière et à la consommation de la machine ;
- 4^{re} aux dénivellations de la voie et à l'action des ressorts.

Tout ces divers causes, la charge statique de l'essieu d'avant d'une locomotive peut se trouver momentanément doublée ou diminuée de moitié en marche. L'adhérence en est évidemment très sensiblement modifiée, à moins cependant que la machine n'ait tous ses essieux accouplés, car dans ce cas, le poids total adhérent reste toujours égal au poids de la machine.

Relation entre le volume des cylindres et l'adhérence, le diamètre des roues et la vitesse ; limite des diamètres des roues.
Dans l'expression $F D = \sigma p d^2 L$, $d^2 L$ représente le volume des cylindres ; il doit être suffisant pour que la vapeur admise pendant la course presque entière des pistons produise un effort de traction aux jantes des roues motrices au moins égal à l'adhérence qui correspond à l'état le plus favorable des rails. Une exagération du volume des cylindres aurait l'inconvénient de favoriser le patinage.

Le diamètre des roues doit être fixé, non seulement d'après la valeur de l'effort de traction à obtenir, mais encore d'après le nombre de tours de roues par seconde à ne pas dépasser, afin d'éviter une usure exagérée des pièces en mouvement.

L'allure de l'essieu moteur correspondant à 2 ou 4 tours par seconde est constante. Des expériences faites par la Compagnie des chemins de fer G. E. R. ont montré que des locomotives de types divers faisaient sans trop de fatigue 300 à 350 tours par minute, soit 5 à 6 tours par seconde, ce qui correspond à des vitesses de 120 à 140 kilomètres à l'heure pour des roues de 1 m 130 ; c'est le plus grand diamètre des roues généralement admis.

En admettant le minimum de 2 tours par seconde en une vitesse de 25 kilomètres à l'heure, vitesse à laquelle marchent souvent les trains de marchandises, on trouvera pour le diamètre des roues :

$$\pi D = \frac{25.000}{3.600} = 1 \text{ m } 12$$

Pratiquement, on ne descend guère au-dessous de 1 m 20, que l'on peut considérer comme la limite inférieure du diamètre des roues motrices.

L'équation $P = \frac{ap d^2 l}{D}$ montre que si D augmente, il faut pour obtenir un même effort de traction P avec une même pression p , augmenter $d^2 l$ ou inversement. Il y a donc là une sérieuse difficulté pour la traction des trains, à la fois rapides et lourds, que les Compagnies sont conduites à mettre actuellement en marche.

En résumé, pour les machines à grande vitesse à 1 ou 2 essieux moteurs, on adopte, en général, des essieux dont le diamètre est de 2 m 05 ; 2 m 10 ou 2 m 20. Ce maximum est quelquefois dépassé pour les roues à essieux indépendants (machines anglaises) mais, même pour ces dernières, on n'a jamais dépassé 2 m 50.

Les machines destinées à traîner des trains omnibus ou des trains de marchandises rapides, ont des diamètres de roues variant entre 1 m 50 et 1 m 80 ; pour les machines à marchandises à 4 essieux accouplés, le diamètre descend à 1 m 20.

En ce qui concerne les dimensions du cylindre, la condition qui serait préférable, du point de vue de la condensation, serait de faire $d = l$. Comme on est souvent gêné par l'espace, on adopte

généralement $l = 1,25 d$, ou encore $1,40 d$. Par exemple, pour $d = 500$, diamètre maximum usité pour les machines à simple expansion, on aura $l = 625$. Dans d'autres cas, pour $d = 460$ on aura $l = 660$. En supposant $l = 1,25 d$ et $\alpha = 0,65$, on trouve :

$$F = 0,8125 p d^3$$

P l'effort de traction étant connu, on détermine d^3 .

Si on trouve pour d un diamètre trop grand, il reste, comme dernière ressource, à agir sur p . Or p est la pression dans la chaudière, c'est-à-dire le timbre. Sur les premières locomotives, le timbre au-dessus duquel ne pouvait être élevée la pression était de 6 kilos ; le timbre a été élevé à 7, 8, 9 kilos ; depuis quelques années, on a atteint 11 ou 12 kilos, et dans les dernières machines construites, on a admis 16 kilos. Des pressions aussi élevées ne sont d'ailleurs, au point de vue économique, avantageuses qu'autant que la vapeur subit une double expansion, condition réalisée dans les machines Compound.

Démarrage. — On appelle démarrage la période de mise en marche du train, c'est-à-dire la période pendant laquelle la vitesse du train, partant de 0 s'accroît pour atteindre la vitesse de régime, cette dernière étant fixée par la nature du train.

La résistance propre du train n'est pas plus forte au moment du démarrage, elle est, au contraire, à son minimum puisque, comme nous l'avons vu, elle croît avec la vitesse.

C'est l'effort à donner au démarrage qui est plus grand, c'est uniquement dans le but de fournir au train l'accélération nécessaire.

La valeur de cet effort dépendra essentiellement du temps que l'on veut consacrer au démarrage, c'est-à-dire du temps que mettra le train à passer de la vitesse 0 à la vitesse de régime.

Soit V cette vitesse (en mètres par seconde).

Soit t le temps du démarrage.

Pour faire passer le train de la vitesse 0 à la vitesse V , il faut dépenser une quantité de travail égale à $\frac{1}{2} m V^2$ ou $\frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2$ (P étant le poids du train).

Soit F l'effort total pendant le démarrage et R la résistance du train à la vitesse moyenne d'accélération.

Le travail de la résultante $F - R$ est égal à $(F - R) \cdot s$, si on appelle s le chemin parcouru pendant le temps t .

On a donc $\frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2 = (F - R) s$ d'après le théorème des forces vives. Le mouvement étant uniformément accéléré, on a : $s = \frac{1}{2} a t^2$

d'où :
$$F - R = \frac{P}{g} \frac{V^2}{t^2}$$

Donc l'effort à donner pendant la période de démarrage est proportionnel au carré de la vitesse et inversement proportionnel au carré du temps.

Chaudière

La locomotive comprend trois parties : la chaudière, le châssis, le mécanisme.

Dès l'origine, on a recherché pour la chaudière de locomotive, tous les perfectionnements qui pouvaient tendre à obtenir une pression de vapeur très importante avec un appareil, de dimensions assez restreintes, pour pouvoir être installé sur un véhicule suffisamment court pour circuler aisément sur la voie.

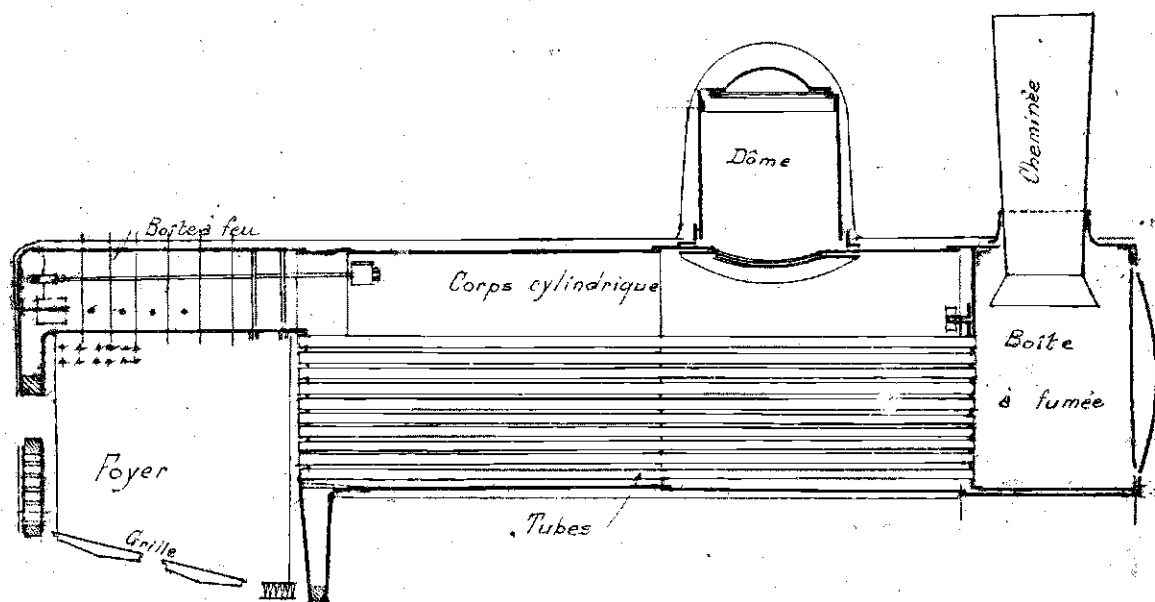
Les deux dispositions qui ont été adoptées et qui ont permis de résoudre le problème, sont la chaudière tubulaire et l'application du tirage forcé.

Les parties principales de la chaudière de la locomotive sont : le foyer, les tubes, la boîte à feu, le corps cylindrique, la boîte à fumée.

Le foyer est une sorte de caisse intérieure formée de 4 parois à parois verticales et d'un ciel horizontal, en portant, à sa

partie inférieure, la grille. Cette caisse est sur toutes ses faces entourée par l'eau contenue dans la partie de la chaudière appelée boîte à feu. C'est sur la grille du foyer, dans une série de tubes complètement entourés d'eau, traversant ainsi la masse d'eau contenue dans le corps cylindrique de la chaudière en se rendant dans la partie avant appelée boîte à fumée, d'où ils sont évacués par la cheminée. Ces gaz sont appelés dans la boîte à fumée et rejetés dans la cheminée au moyen d'un appel d'air énergique produit par la vapeur qui s'échappe des cylindres et qui est dirigée dans une tuyère placée dans la boîte à fumée, au-dessous et dans l'axe de la cheminée. Cette tuyère est habituellement dénommée échappement.

Nous allons examiner successivement comment est constituée



Coupe longitudinale d'une chaudière de locomotive

chaque des parties de la chaudière.

Foyer. — Le foyer est ordinairement composé de trois parties : la plaque d'arrière percée d'une ouverture dite porte du foyer, pour le chargement du combustible ; la plaque d'avant ou plaque tubulaire de foyer percée d'un certain nombre de trous pour la fixation des tubes à fumée ; et enfin la plaque de poutre qui forme le

ciel en les deux parois latérales, en qui réunies entre elles les deux précédentes.

La plaque supérieure du foyer, en ciel est presque toujours plate. Les deux plaques latérales sont sensiblement verticales, mais présentent cependant quelquefois une forme un peu différente de façon à produire un rétrécissement du foyer à la base.

Le foyer est en cuivre, métal choisi à cause de sa conductibilité, bien que l'on soit conduit avec ce métal à donner aux plaques un surcroît d'épaisseur 13 à 17 mm en même 25 à 30 pour la plaque tubulaire. En Amérique, on construit beaucoup de foyers en tôle d'acier de 8 à 9 mm en 12 mm pour la plaque tubulaire, ce qui produit une grande économie de poids en d'argent. En France, ce système ne s'est pas encore répandu.

Les différentes plaques qui constituent le foyer sont assemblées par des coutures maintenues par des rivets en fer. Ces derniers, plus résistants que les rivets en cuivre, présentent l'inconvénient de s'altérer au contact du cuivre de la plaque, si les eaux sont de mauvaise qualité; au bout de quelques années, il se produit une rouille assez accentuée des têtes de ces rivets.

Le ciel du foyer doit toujours être recouvert par l'eau contenue dans la chaudière; les règlements fixent comme minimum une hauteur de 10 centimètres. Si le ciel était chauffé à découvert, la résistance du cuivre diminuerait rapidement et on aurait une déchirure du ciel, ce qui peut entraîner un accident très grave, et, à défaut d'accident amènerait une altération de la tôle de cuivre en une assez grave du foyer.

Pour éviter les accidents de ce genre, on munit le ciel de plombs fusibles; on fait dans le ciel du foyer deux trous dans lesquels on place des bécans percés d'un trou rempli de plomb. Lorsque, par suite de l'insuffisance d'eau sur le ciel, celui-ci s'échauffe, le

plomb fond en l'eau s'échappe par l'ouverture, ce qui tend à éteindre le feu. D'autre part, le mécanicien averti immédiatement du danger, prend ses mesures pour éteindre complètement son feu.

Boîte à feu. — La boîte à feu est la partie arrière de la chaudière qui contient et enveloppe le foyer; elle est constituée de tôles de fer ou d'acier. La tôle d'avant a une forme très complexe, car elle sert à faire la liaison entre la boîte à feu et le corps cylindrique. Elle porte une ouverture dans le pourtour relevé en forme de collerette pour se juxtaposer aux viroles du corps cylindrique.

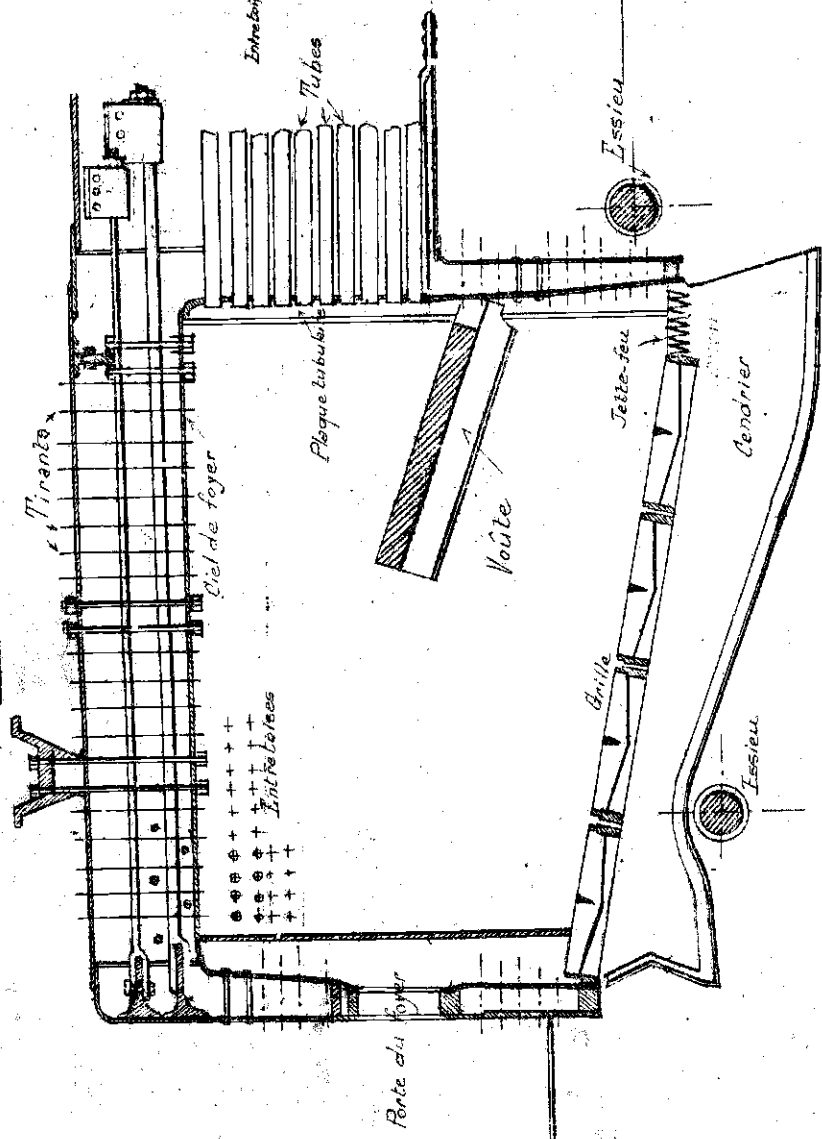
La plaque arrière de boîte à feu porte une ouverture correspondant à la porte du foyer et qui dans le montage se trouve précisément en face de l'ouverture de la plaque arrière du foyer.

Les parois du foyer en de la boîte à feu se trouvent à leur partie inférieure séparées l'une de l'autre par le cadre du foyer; ce cadre est une pièce en fer à section carrée de 80 mm environ d'épaisseur. Cette épaisseur règle l'écartement entre les deux parois et, par conséquent, l'importance de la lame d'eau contenue entre elles. Il y a intérêt à ce que cette lame d'eau ne soit pas trop mince, pour éviter de surchauffer la plaque du foyer.

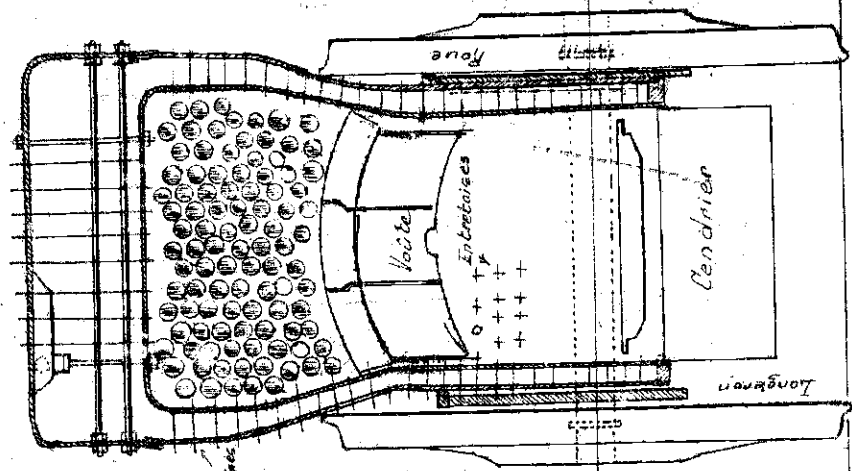
Pour éviter que les parois du foyer en de la boîte à feu se séparent sous la pression intérieure de la chaudière, il est nécessaire de les entretoiser. Les entretoises sont, en général, en cuivre; elles sont filetées et se vissent dans des trous taraudés dans les parois de la boîte à feu et du foyer. Leur diamètre varie de 20 à 25 mm en quelquefois plus. Leur longueur dépend de l'écartement des parois extérieures à assembler; il faut y ajouter 0 m 30 pour laisser de chaque côté l'excédent de matière nécessaire au rivetage. Elles sont placées, en moyenne, tous les 100 mm. Pour une chaudière timbrée à 10 kilos, chacune d'elles supporte donc un effort de $100 \text{ cm}^2 \times 10 \text{ kilos} = 1.000 \text{ kilogs}$.

Foyer

Coupe longitudinale



Coupe par la boîte à feu



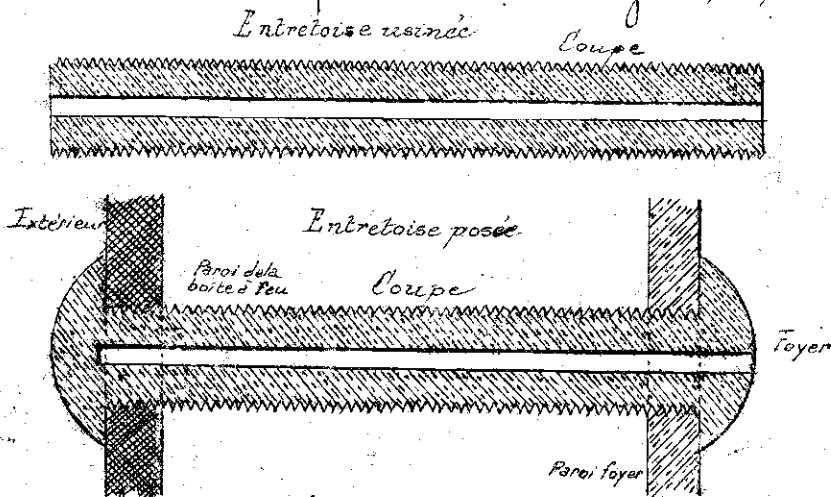
Lorsque la pression augmente, on diminue l'écartement des entretoises, mais on ne cherche pas à faire les entretoises avec un métal moins altérable et plus résistant que le cuivre. On emploie depuis quelques années sur le Nord, des entretoises en bronze manganésé qui donnent de bons résultats.

Les ruptures d'entretoises sont assez fréquentes; elles paraissent dues à la flexion de l'entretoise sous l'action de la montée et de la descente du foyer occasionnées par la dilatation (qui pour le foyer est plus grande que pour la boîte à feu). Pour diminuer ces ruptures, il y a intérêt à ne pas augmenter trop le diamètre des entretoises.

La rupture d'une entretoise entraîne facilement une déformation des tôles. Si plusieurs entretoises voisines viennent à se rompre, on peut craindre une déchirure de la tôle.

Pour permettre aux agents de reconnaître facilement les

entretoises rompues, on perce généralement de part en part d'un tron de faible diamètre. Lorsque l'entretoise est rompue, la vapeur passe par l'ouverture intérieure de l'entretoise et s'échappe dans



le foyer par le tron pratiqué au centre de la tête de l'entretoise; le mécanicien est ainsi immédiatement avisé qu'une entretoise est rompue et doit en demander le remplacement dès sa rentrée au dépôt.

À l'emplacement de la porte du foyer, les parois arrière du foyer et de la boîte à feu sont maintenues par un cadre, généralement de forme ovale, dont les dimensions intérieures sont habituellement de 300 mm sur 400. L'épaisseur du cadre est

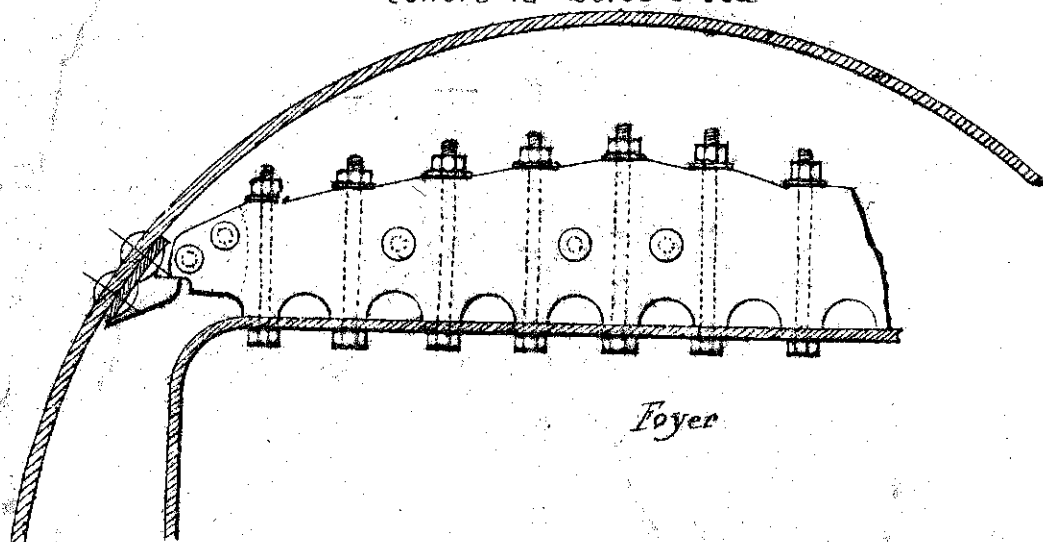
exactement celle de l'intervalle à maintenir entre les deux parois.

Les parois latérales, les parois d'avant en d'arrière sont maintenues entre elles par les entretoises, mais plusieurs dispositions différentes sont prises pour le maintien ^{du ciel} de foyer. Ses pièces utilisées à cet effet sont, en général, désignées sous le nom d'armatures.

Le système d'armatures dépend du type de la boîte à feu qui peut être, soit ronde, soit carrée. Dans une boîte à feu ronde la partie supérieure forme en quelque sorte le prolongement de la partie supérieure du corps cylindrique, ce qui est favorable pour résister à la pression. On se contente alors de relier par des tirants horizontaux, les deux parties des parois correspondantes à la naissance de la demi-voute supérieure.

Quant au ciel, on le consolide par des poutrelles en fer appelées fermes, auxquelles on donne la forme d'un solide d'égale résistance. Ces poutrelles sont formées de deux tôles entretoisées entre elles et munies d'épaulements qui s'appuient directement sur le ciel en dans lesquels passent des boulons d'armatures qui ren-

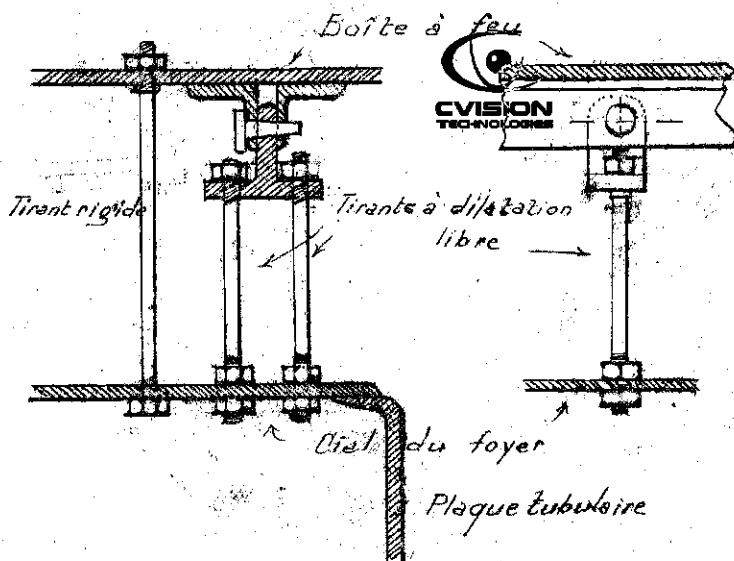
Ferme transversale reposant sur des consoles rivées contre la boîte à feu



dent le ciel solidaire des armatures. Ces armatures ou fermes se placent sur le ciel transversalement ou longitudinalement.

Lorsqu'elles sont transversales, elles se terminent par des tasseaux qui viennent reposer sur les supports attachés à la suite de la boîte, à feu soulageant ainsi le ciel du foyer. On peut aussi supporter les armatures par des bielles attachées au ciel de la boîte à feu.

Lorsque le ciel de la boîte à feu est plan (foyer Belpaire), on entretoise le ciel de boîte à feu avec le ciel de foyer à l'aide de tirants verticaux en fer ou en acier, dont les extrémités sont renflées en filets. Les tirants se vissent dans les trous tarandés, dans le ciel de la boîte à feu et dans celui du foyer, et on les maintient à l'aide d'écrans fortement serrés.



La rigidité de ces tirants présente quelques inconvénients parce que sans les efforts dus à la dilatation, les tôles du ciel peuvent avoir une tendance à se déformer. On a essayé, pour remédier à ces inconvénients,

des tirants à dilatation libre formés de deux parties qui peuvent prendre un certain jeu l'une par rapport à l'autre.

Corps cylindrique. — Le corps cylindrique est formé d'une série de circons généralement au nombre de trois. L'une d'elles est découpée dans sa partie supérieure pour former une ouverture sur laquelle est placé le dôme.

Le bas du dôme est de permettre de prendre la vapeur en un point où elle est le plus sèche. Généralement le dôme est surmonté d'une cuvette sur laquelle sont placées les soupapes de sûreté.

Le corps cylindrique est fermé à l'avant par la plaque

tubulaire de boîte à fumée, en il se prolonge par une croûte qui forme la boîte à fumée, c'est-à-dire l'enceinte où viennent se réunir les gaz de la combustion avant d'être chassés dans la cheminée par l'échappement. Le diamètre du corps cylindrique est fonction de la puissance que l'on veut donner à la machine, mais il ne peut dépasser une certaine limite qui est fixée par les conditions générales d'établissement de la machine en bar le gabarit. Sur les machines à grande vitesse à roues de plus de deux mètres, il doit être compris entre les roues dans l'écartement est fixé à 1 m. 365.

Pour augmenter ce diamètre, il faut surélever la chaudière, mais là encore, on est limité par la hauteur de la cheminée au-dessus du rail qui ne doit pas dépasser 4 m. 300.

Sur les machines à marchandises dont les roues sont plus petites, 1 m. 30 de diamètre par exemple, on a plus de latitude pour donner un plus grand développement à la chaudière ; on atteint 1 m. 600 de diamètre, tandis que le diamètre du corps cylindrique des machines à voyageurs dépasse 1 m. 400.

En Amérique, les chaudières sont beaucoup plus élevées au-dessus du rail ; l'axe en est souvent à 2 m. 70. Il s'ensuit que, même pour des machines à voyageurs, le diamètre du corps cylindrique peut atteindre 1 m. 60 ; pour les machines à marchandises, il peut aller jusqu'à 2 mètres.

Position relative du foyer en des essieux. — La boîte à feu descend plus bas que le corps cylindrique ; cette saillie de la boîte à feu sera le bas est plus ou moins grande, suivant que le foyer est profond ou aplati. Dans tous les cas, la nécessité de loger cette partie inférieure de la boîte à feu peut entraîner une modification dans l'établissement de la machine en ce qui concerne l'écartement des essieux.

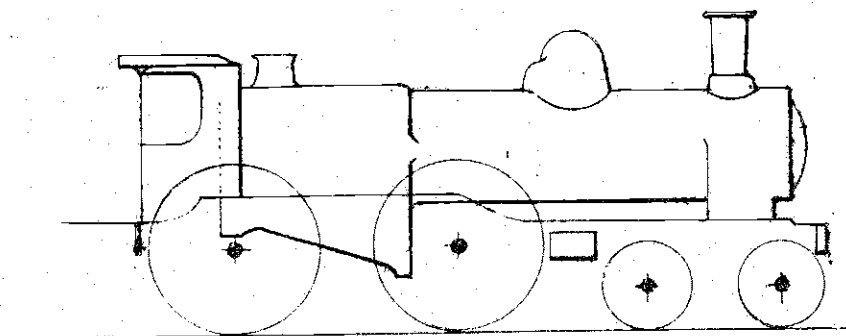
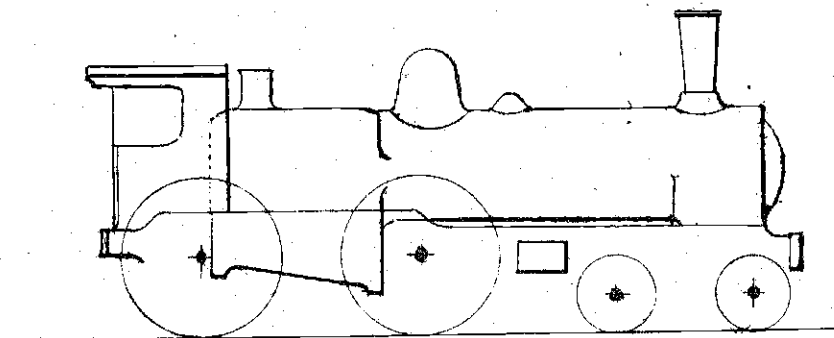
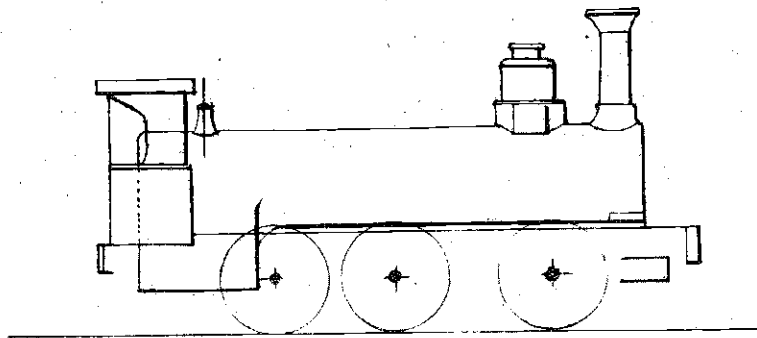
Prenez, par exemple, le cas d'une machine à 3 essieux.

Si la chaudière est à foyer profond en que la machine soit destinée à des services peu rapides, on place les essieux sous le corps cylindrique en on dispose le foyer en porte à faux à l'arrière (type 1).

La stabilité n'est pas satisfaisante; l'essieu d'arrière est trop chargé, celui d'avant ne l'est pas assez; pour corriger ce défaut, on place les cylindres très en avant ou même dans certains cas, on surcharge la traverse d'avant. On obtient une meilleure stabilité en on évite le porte à faux en plaçant le foyer entre les deux essieux accouplés arrière (type 2); dans ce cas, l'essieu d'arrière est quelquefois insuffisamment chargé en l'essieu d'avant l'est, au contraire, trop. On peut corriger ce défaut en remplaçant

l'essieu d'avant par un bogie. Cette disposition ne permet pas de donner au foyer une longueur bien considérable, car cette longueur ne peut dépasser celle qui est admise pour les bielles d'accouplement.

Si l'on veut allonger le foyer sans écarter les essieux outre mesure, on est amené à renoncer au foyer profond en à faire passer le cadre par dessus l'essieu d'arrière



(types). En surélevant l'axe de la chaudière en en inclinant, d'autre part, le cadre du foyer, vers le bas à l'avant, on donne au foyer une profondeur suffisante pour assurer une bonne combustion. C'est le type du foyer *Scotch* qui est actuellement très répandu.

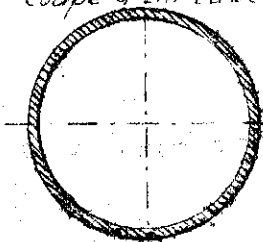
Comme on ne peut allonger indéfiniment le foyer, on peut encore l'élargir, pour accroître la puissance de la chaudière. L'écartement des longerons étant limité, on est alors obligé de remonter la chaudière et de placer le cadre au-dessus des longerons.

Cette disposition est adoptée sur quelques machines européennes et sur nombre de machines américaines. En a même, dans certains cas, fait déborder le cadre au-dessus des roues.

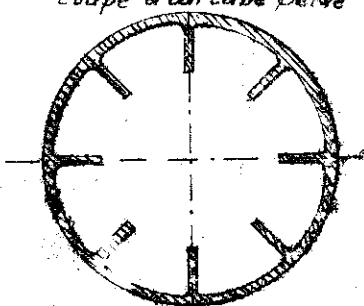
Tubes — Les gaz chauds passent du foyer dans la boîte à fumée en traversant l'eau enfermée dans le corps cylindrique à travers des tubes en laiton ou en acier.

La longueur des tubes dépend de l'écartement des deux plaques : plaque tubulaire et plaque de boîte à fumée, et leur nombre varie avec le diamètre qu'on leur donne. Il y a, dans une certaine mesure, intérêt le nombre de tubes, de façon à augmenter la surface de chauffe ; d'autre part, on ne peut pas trop rapprocher les tubes les uns des autres sans craindre de compromettre la solidité de la plaque tubulaire. Enfin les tubes doivent être de diamètre suffisant pour permettre le passage des gaz et ne pas se boucher trop facilement par la suie qui peut s'y déposer.

Loupe d'un tube ordinaire



Loupe d'un tube Soudé



Jadis, les tubes se faisaient toujours en laiton ; depuis une vingtaine d'années, on a eu tendance à substituer partout les tubes en acier sans souder aux tubes en laiton. Depuis quelques années

on a employé un nouveau type de tubes, appelés tubes Serre qui présentent à l'intérieur des ailettes venues de laminage avec le tube ayant à l'intérieur une saillie de 11 à 12 m/m, on augmente la surface de chauffe en contact avec les gaz chauds. L'expérience a montré que les tubes à ailettes permettent d'obtenir une même production de vapeur que les tubes lisses beaucoup plus longs, et, par conséquent, d'accroître la puissance des machines, sans augmenter sensiblement leur poids. On doit faire le ramonage de ces tubes Serre avec un jet de vapeur, alors qu'on passe simplement une tringle dans les tubes lisses.

Des essais faits sur la Compagnie du Nord ont montré que les tubes Serre donnent, par rapport aux tubes lisses, une augmentation moyenne de vaporisation, par kilogramme de combustible, de 4,5 % avec le tirage naturel, et de 21 %, avec 30 m/m de dépression dans la boîte à fumée.

Le diamètre des tubes lisses varie de 45 à 55 m/m ; le diamètre des tubes Serre a habituellement 65 ou 70 m/m.

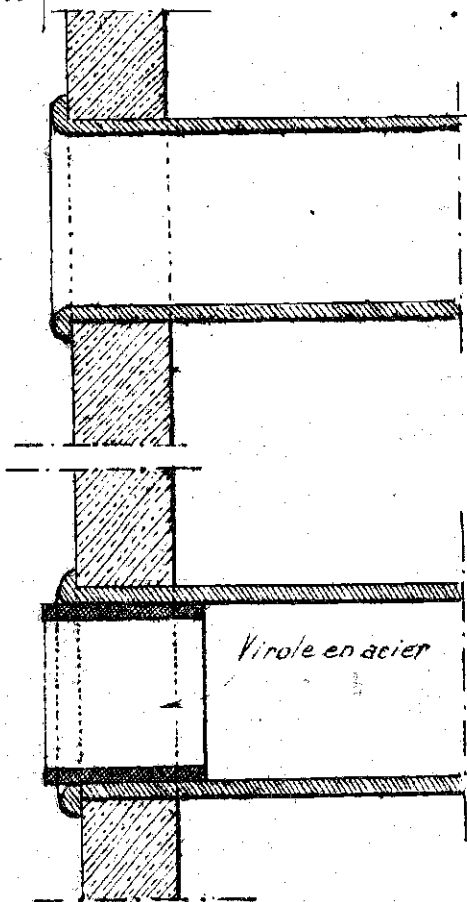
Le nombre des tubes est, proportionnellement, pour les tubes lisses, de 180 à 200, et pour les tubes Serre d'environ 100. Malgré cette réduction du nombre des tubes, la surface de chauffe obtenue avec les tubes Serre est beaucoup plus considérable. On peut citer, à titre d'exemple, les machines à grande vitesse, du Nord sur lesquelles on a fait des essais comparatifs. Les dimensions des tubes et la surface de chauffe sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Machines à grande vitesse (longueur des tubes 3^m 500)

	Tubes lisses	Tubes Serre
Diamètre intérieur	45	70
Nombre	201	96
Surface de chauffe	88,38	129
Section de passage	0,251	0,290
Surface des tubes baignée par l'eau	100	74,23
Surface de la grille	2,31	2,31

Les tubes sont maintenues en place, par simple serrage, dans les trous des plaques tubes tubulaires. Le diamètre des trous de la plaque de boîte à fumées est un peu plus grand que celui des trous de la plaque de foyer en l'extrémité du tube côté foyer est, à cet effet, un peu rétréci.

Quand le tube est mis en place, on effectue un serrage à l'aide d'un "dudgeon", appareil qui appuie la paroi du tube contre la paroi du trou, de façon à les faire bien coller l'un contre l'autre et à éviter le suintement par le joint du tube. Malgré tous les soins apportés à ce travail, il arrive assez fréquemment, en cours de route, qu'un ou plusieurs tubes se lâchent, et qu'il se produise une fuite sur le joint de ces tubes sous l'effet d'une dilatation exagérée; on est alors obligé de les dudgeonner de nouveau. Ces fuites aux tubes sont le plus souvent la conséquence d'une mauvaise conduite du feu et d'un refroidissement brusque de la plaque tubulaire.



Le serrage des tubes dans la plaque, ou mandrinage, ou dudgeonnage demande un peu plus de soins avec les tubes serrés qu'avec les tubes lisses.

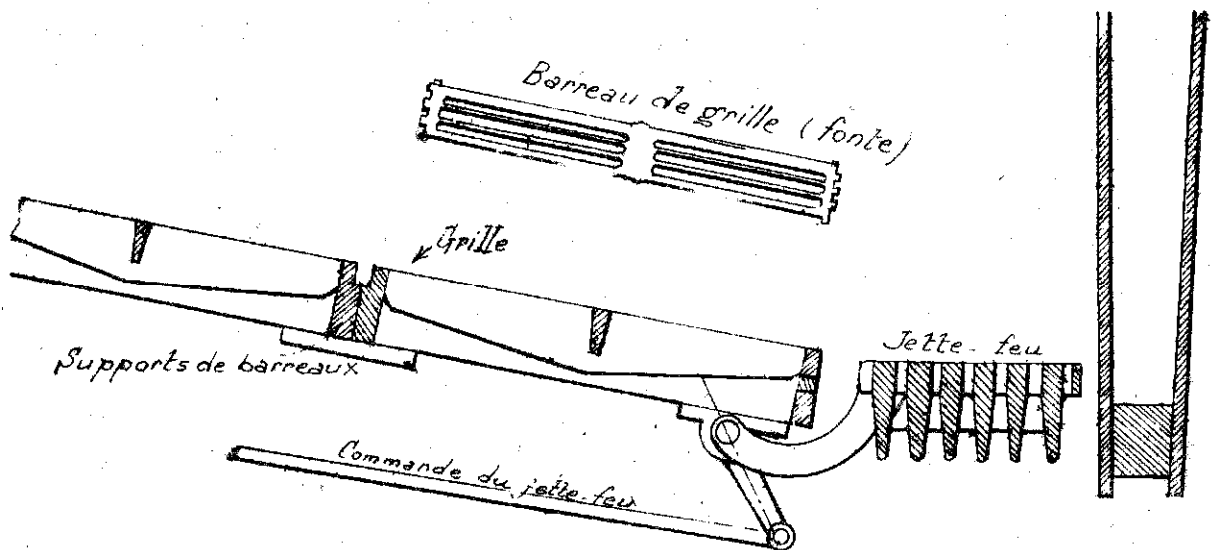
Pour assurer plus complètement leur fixité dans la plaque, on a recours fréquemment au bordage des tubes, cette opération consiste à rabattre le bord extrême du tube, de façon à former un bourrelet circulaire sur la plaque tubulaire.

On emploie aussi quelquefois des viroles en acier de forme légèrement conique, qui sont introduites dans

l'ouverture du tube pour le maintenir, mais elle a l'inconvénient de diminuer la section de passage des gaz.

Grille — La grille est formée par des barreaux en fer ou en acier supportés au moyen de sommiers qui reposent eux-mêmes sur des tasseaux fixés sur la face inférieure du cadre de foyer. La grille peut être horizontale ou légèrement inclinée vers l'avant.

Les barreaux sont posés longitudinalement; toutefois la grille présente vers l'avant une partie mobile appelée *jette-feu*, formée de barreaux transversaux reliés à deux supports à bascule qui permettent, soit de maintenir cette partie de la grille dans



le prolongement des autres barreaux, soit de les faire basculer pour créer une ouverture par laquelle on peut faire tomber le charbon amassé sur la grille.

Le *jette-feu* sert, pour les nettoyages courants de la grille et, dans les cas exceptionnels, pour jeter le feu, lorsqu'on constate un commencement de fusion des briques.

Les dimensions de la grille sont très limitées, surtout en largeur lorsqu'on est obligé de faire descendre le foyer entre les roues et les longerons.

Dans les machines dont la boîte à feu descend entre les

Les essais, la surface de grille peut varier entre $1\text{ m}^2 90$ et $2\text{ m}^2 30$.

Dans les machines où la boîte à feu est placée au-dessus de l'essieu d'arrière, la surface de grille varie entre $2\text{ m}^2 70$ et 3 m^2 .

Enfin, dans les machines où la boîte à feu est au-dessus des roues, la surface de grille peut atteindre 7 à 8 m^2 .

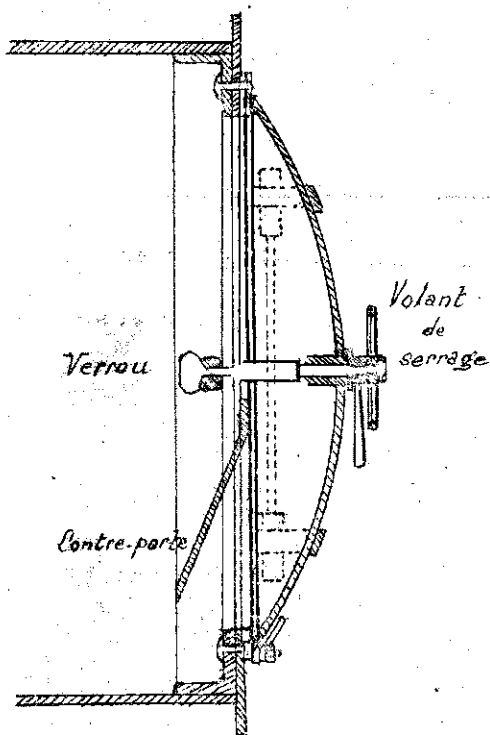
Surface de chauffe. — Une surface de chauffe de 1 m^2 , baignée d'un côté par l'eau de la chaudière et de l'autre côté en contact avec les gaz chauds de la combustion, laisse passer pendant chaque minute une quantité de chaleur limitée et par suite, ne peut vaporiser pendant chaque minute qu'une quantité d'eau limitée qui dépend des températures de l'eau et des gaz. Ainsi, un mètre carré du foyer qui est en contact direct avec les gaz très chauds, vaporise une bien plus grande quantité d'eau qu'un mètre carré pris plus loin dans les tubes, dans une partie où les gaz qui passent sont déjà refroidis.

Des expériences ont été faites sur le Stord, pour mettre ces faits en évidence. La chaudière a été divisée en plusieurs compartiments et on a mesuré pour chacun d'eux la puissance de vaporisation. On a trouvé que pour 100 de vapeur produite, on avait :

45,4 %	pour la surface de chauffe directe ;
32,2 %	pour le 1 ^{er} compartiment ;
13,3 %	» 2 ^e »
7 %	» 3 ^e »
4 %	» 4 ^e »

On appelle surface de chauffe directe, celle du foyer, et surface de chauffe indirecte, celle des tubes.

Boîte à fumée. — Les tubes rejettent les gaz chauds dans la boîte à fumée où ils sont appelés par le tirage naturel de la cheminée ou mieux par l'aspiration énergique due à la vapeur



~~due à la vapeur d'échappement du moteur.~~

La porte de la boîte à fumée doit fermer hermétiquement parce que les rentrées d'air pourraient nuire au tirage en provoquer l'inflammation des escarbilles accumulées dans la boîte. Actuellement, on ferme généralement les boîtes à fumée par une porte ronde à un seul vantail muni d'une vis de serrage qui tend à faire coller cette porte ronde sur tout son pourtour.

En France, toute boîte à fumée doit être munie d'une grille à flammèches dans les barreaux sans séparés

de 10 mm au maximum pour arrêter les fragments de charbon incandescent qui, projetés au dehors de la cheminée, peuvent provoquer des incendies au passage des trains.

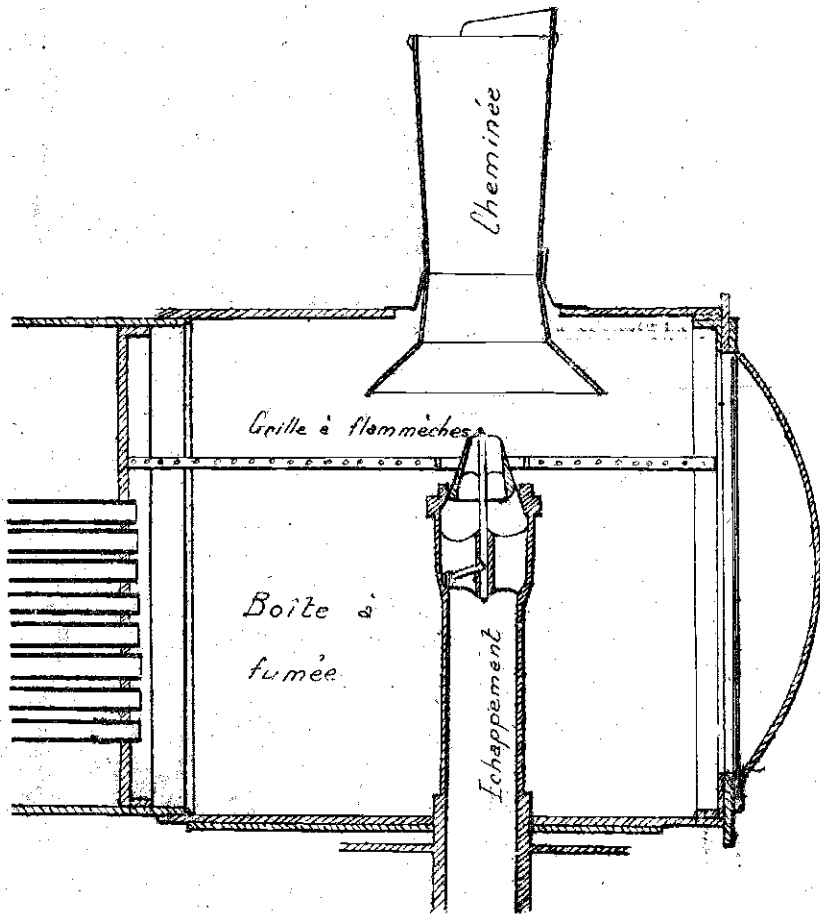
La tendance actuelle est d'augmenter la capacité des boîtes à fumée, de façon à éviter leur encombrement par les escarbilles qui y sont entraînées en cours de route.

Cheminée. — La cheminée de la locomotive est forcément courte, surtout dans les locomotives à chaudière puissante, surélévée, car il faut respecter le gabarit ; c'est un véritable éjecteur servant à produire le tirage par entraînement des gaz sous l'action du jeu de l'échappement.

Les cheminées sont cylindriques ou évasées.

Les avantages comparatifs de ces deux dispositions, de même que le diamètre initial à donner à la base de la cheminée, sont encore imparfaitement déterminés.

Les cheminées se prolongent très souvent à l'intérieur de la boîte à fumée par un tronc de cône dont la grande base est, à la partie inférieure.



S'existence de ce cône sous lequel débouche la tuyère semble favoriser le tirage.
Nature des métaux

Les métaux employés dans la construction des chaudières sont les suivants :

Corps cylindrique, boîte à feu en dôme : fer ou acier doux ;

Foyer : cuivre ou acier ;

Entretôises de foyer : cuivre ou bronze ;

Tirants de ciel, rivets :

fer ou acier ; Tubes : laiton ou acier ; Cadre : fer forgé ou acier moulé.

Jusqu'en 1890, toutes les chaudières étaient en tôle de fer. Depuis cette époque, presque toutes les Compagnies arrivent à employer de préférence les tôles d'acier.

En Amérique, on emploie depuis longtemps l'acier pour les chaudières, on substitue également l'acier au cuivre pour la construction des foyers.

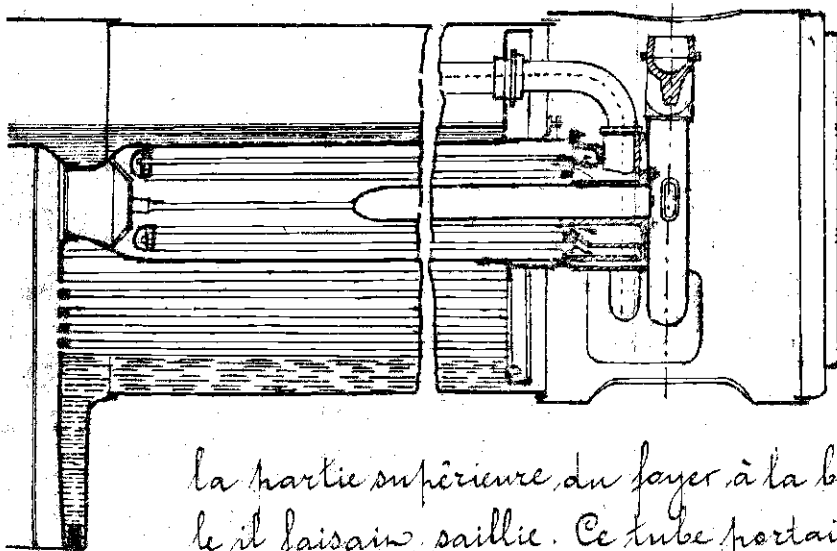
Les foyers en acier, jusqu'ici peu répandus en Europe, sont moins coûteux, mais ils sont plus sensibles à l'action des changements brusques de température en demandant plus de soins dans l'entretien.

Installations complémentaires sur les chaudières

Nous venons de donner la description des parties essentielles de la chaudière, mais l'utilisation des chaudières est complétée par l'addition de différents appareils destinés, soit à améliorer la production, soit à surveiller l'utilisation de la vapeur, soit à alimenter la chaudière.

En premier lieu, il faut citer : les surchauffeurs de vapeur, les voutes installées dans le foyer, l'échappement ou le souffleur ; en second lieu : le régulateur, les soupapes de sûreté, le siffleur, l'indicateur de niveau d'eau ; en troisième lieu, les injecteurs et les pompes.

Surchauffeurs de vapeur. - La surchauffe en transformant la vapeur en une sorte de gaz parfait, contribue à diminuer son coefficient de conductibilité et de transmissibilité de la chaleur aux parois du cylindre. Si elle ne suffit pas à empêcher les condensations, elle les retarde, les diminue en procure ainsi une notable économie de combustible.



Surchauffeur Schmidt (1^{er} type) -
Appliqué en 1898
à 2 locomotives à 4 roues
accouplées, ce surchauf-
feur était logé dans un
gros tube de 0,45 de
diamètre, qui reliait

la partie supérieure du foyer à la boîte à fumée dans laquelle il faisait saillie. Ce tube portait à son extrémité vers la boîte à fumée, 2 collecteurs annulaires, l'un de vapeur saturée alimentée par la chaudière, l'autre de vapeur surchauffée ali-

mentaux les cylindres. Ces 2 collecteurs étaient mis en communication par le surchauffeur proprement dit, constitué par des tubes en U presque aussi longs que le tube enveloppe dans lequel ils étaient placés, de manière à former un faisceau annulaire. Ces tubes étaient formés de parties droites vissées dans une calotte en acier moulé. Un noyau cylindrique placé dans l'axe du faisceau obligeait les gaz chauds à circuler dans le voisinage des éléments surchauffeurs.

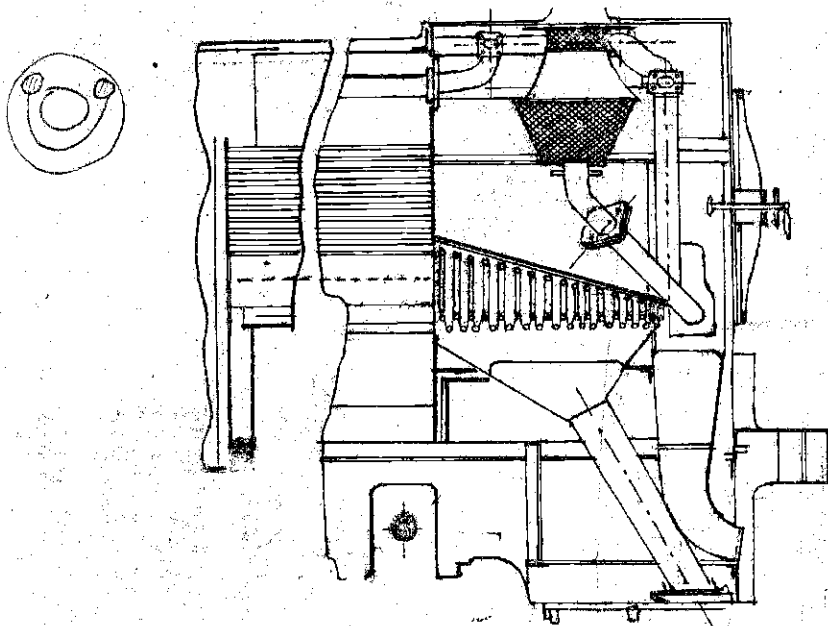
Enfin, ces gaz s'échappaient dans la boîte à fumée par des ouvertures latérales pratiquées dans la partie en paille du gros tube en, qu'un registre annulaire permettait de fermer plus ou moins.

quoique ce gros tube fût d'un plus petit diamètre vers le foyer, l'arrière des éléments surchauffeurs se brûlaient rapidement en les joints des petits tubes dans les calottes laissaient beaucoup à désirer. De plus, l'appareil se remplissait d'escarbilles difficiles à retirer et qui en empêchaient le bon fonctionnement.

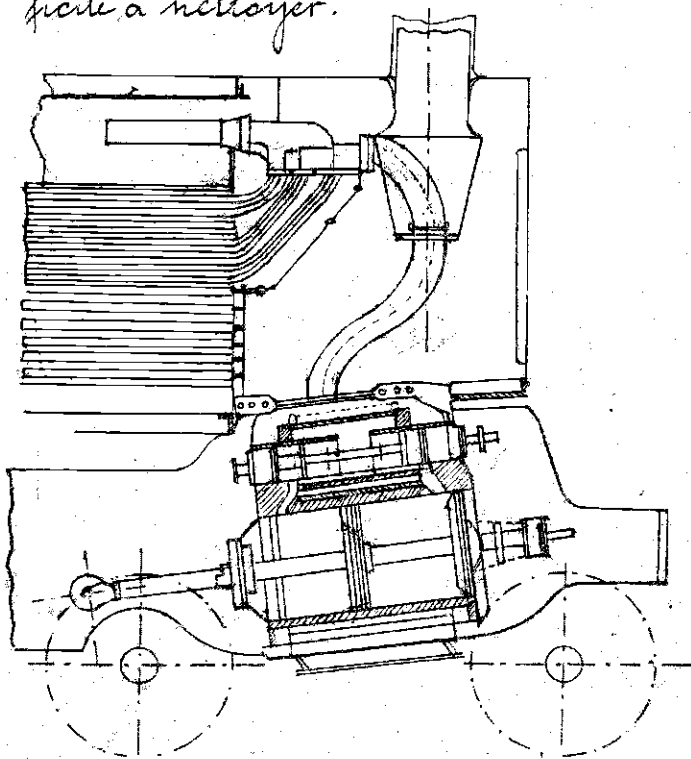
Surchauffeur Schmidt (2^e type). — Pour mettre le sur-

chauffeur à l'abri des coups de feu, St. Schmidt le transporta dans la boîte à fumée. Le gros tube en conservé, mais il en placé à la partie inférieure du corps cylindrique en son diamètre en réduit à 0 m 30, car il ne servait plus qu'à amener les gaz chauds. 2 collecteurs de vapeur de forme allongée, disposés suivant des

généatrices de la boîte à fumée sont placés l'un à gauche, l'autre à droite de la cheminée. Ils sont réunis par une soixantaine de tubes surchauffeurs de 0,30 de diamètre disposés concentriquement à

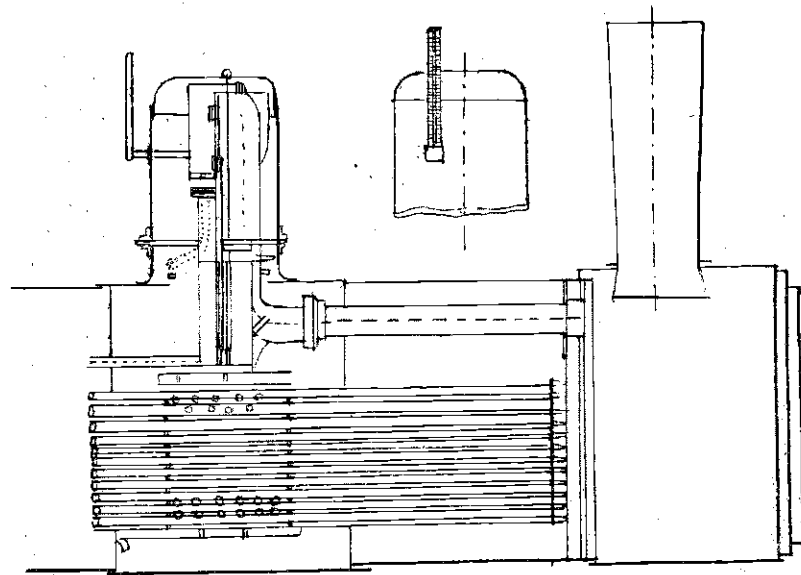


l'enveloppe de la boîte à fumée. L'un des collecteurs est divisé par une cloison transversale médiane en deux compartiments. Celui d'arrière communique avec la chaudière, et l'autre avec les cylindres. La vapeur saturée admise dans le compartiment arrière parcourt d'abord dans un sens la moitié des tubes surchauffeurs pour se rendre dans l'autre collecteur, puis ainsi surchauffée, elle revient dans le compartiment avant du 1^{er} collecteur en parcourant dans l'autre sens la seconde moitié des tubes surchauffeurs. Une enveloppe générale qui recouvre tout le faisceau oblige les gaz amenés par le gros tube à chauffer les petits tubes. Le réglage de la surchauffe est obtenu à l'aide d'un registre permettant d'ouvrir plus ou moins les ouvertures par lesquelles les gaz s'échappent de l'enveloppe générale dans la boîte à fumée. L'emploi de ce surchauffeur est général en Allemagne. Des inconvénients résident dans la difficulté de tenir étanche le joint du tube adducteur avec la plaque tubulaire de foyer et dans les pertes des petits tubes sur les collecteurs. De plus, ce surchauffeur encombre la boîte à fumée dont il masque la plaque tubulaire, et il est difficile à nettoyer.



Surchauffeur Schmidt
(3^e type). — Dans ce 3^e type on est revenu à l'emploi des tubes en U mais en les répartissant dans 20 à 25 tubes à fumée de gros diamètre (127 à 130 mm) formant les 3 rangées supérieures du faisceau tubulaire. Dans chacun de ces tubes, il y a deux tubes en U. Ceux-ci sont tous infléchis à l'avant pour aboutir

à 2 collecteurs l'un de vapeur saturée l'autre de vapeur surchauffée qu'ils font communiquer entre eux. Cette partie inflexible des tubes est enfermée dans une boîte métallique dont le plafond est constitué par les collecteurs et dont la paroi antérieure est formée de persiennes mobiles permettant de régler l'arrivée des gaz chauds par les tubes. Les tubes surchauffeurs sont sensiblement moins longs que les tubes à fumée, ce qui les expose moins aux coups de feu. Avec ce système, on obtient couramment pour la température de la vapeur, 300, à 350°. C'est le type le plus répandu en Belgique. Les surchauffeurs *Kotkin*, *Cole* et *Schneccady* ne sont que trois variantes du précédent **Surchauffeur Gielock**. — C'est un type complètement différent des précédents.



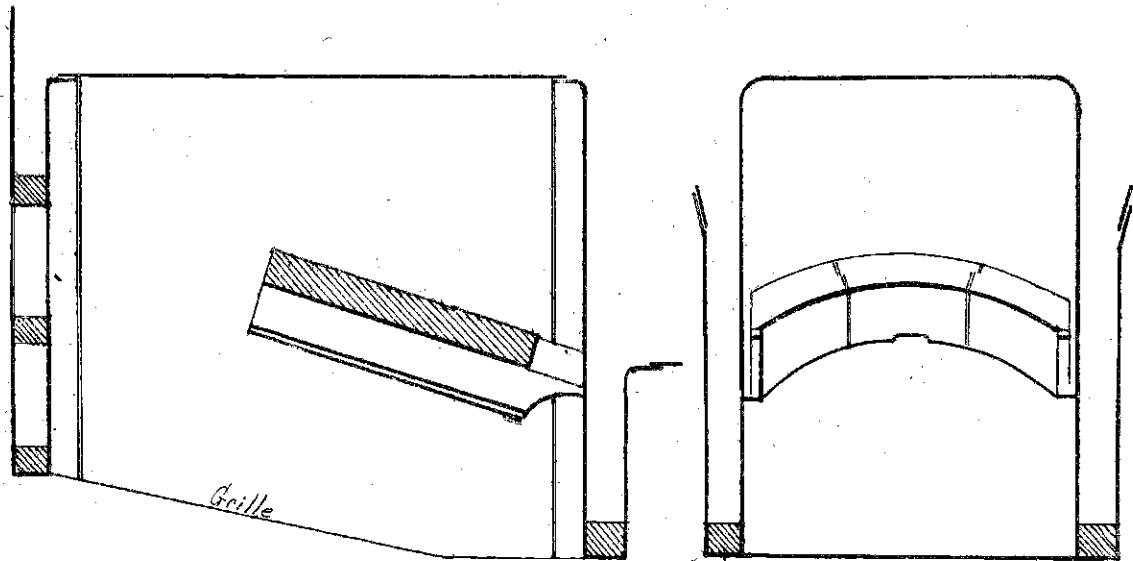
Il se compose d'une caisse étanche placée dans le corps cylindrique. Des faces opposées sont traversées par tout le faisceau tubulaire. Cette caisse est surmontée de 2 tuyaux verticaux dont l'un débouche librement dans le dôme, tandis que l'autre, qui porte le régulateur conduit la vapeur au cylindre. Des chicanes en tôle mince obligent la vapeur à suivre dans le surchauffeur un trajet sinusoïdal.

De nombreux essais ont été faits en Allemagne, en Belgique en Amérique en quelques uns en France. Les résultats sont assez dis

cordants, mais, d'une façon générale, on peut admettre en faveur de la surchauffe, une économie de 15 à 20 % d'eau sur les machines à vapeur saturée, Compound ou non en une économie de charbon qui est d'environ 15 % par rapport aux machines à simple expansion et de 5 % par rapport aux machines Compound. On a de plus observé que les locomotives à vapeur surchauffée se faisaient remarquer par un démarrage plus rapide que celui des Compound et par un fonctionnement plus doux en enfin qu'elles pouvaient donner des coups de collier plus intenses que les locomotives à vapeur saturée.

Grilles — L'usage d'une grille en briques dans les foyers de locomotives, général en Angleterre depuis longtemps, s'est répandu beaucoup en France, depuis plusieurs années déjà.

Cette grille est placée un peu au-dessous du faisceau tubulaire. Elle est inclinée vers l'avant en tenant, au maximum, la moitié



Grille en briques réfractaires

de la longueur du foyer. Elle a pour but d'assurer une meilleure combustion, en permettant à l'air de se mélanger plus intimement au gaz, en une meilleure utilisation de la chaleur, en obligeant les produits gazeux à revenir vers l'arrière, au lieu de s'engager

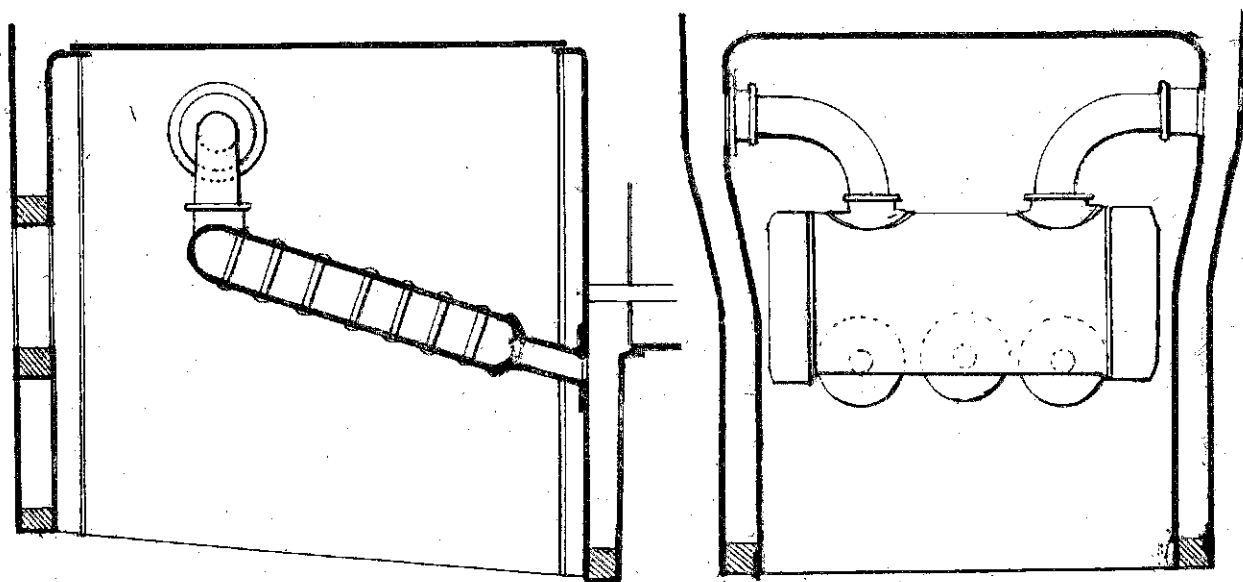
directement dans les tubes.

En outre, la voûte en briques enmagasine de la chaleur et la restitue par rayonnement, elle préserve la plaque tubulaire des coups d'air froid qui provoquent des pertes aux tubes, et elle ralentit le refroidissement lorsqu'on met la machine en stationnement.

Les voûtes se construisent en briques de dimensions courantes, ou mieux en briques spéciales moulées d'après la forme du foyer; l'économie de combustible réalisée par l'addition d'une voûte peut être évaluée à 5 ou 7 %.

Bouilleur Ben Brinck. — Bien avant l'emploi de la voûte en briques, la Compagnie d'Orléans avait généralisé sur ses locomotives, l'usage d'un bouilleur dans le foyer.

Ces bouilleurs tiennent la place d'une voûte en briques, et ont la forme d'une caisse constituée par deux feuilles parallèles en cuivre réunies par des bords emboutis ou par des entretoises. Cette caisse com-

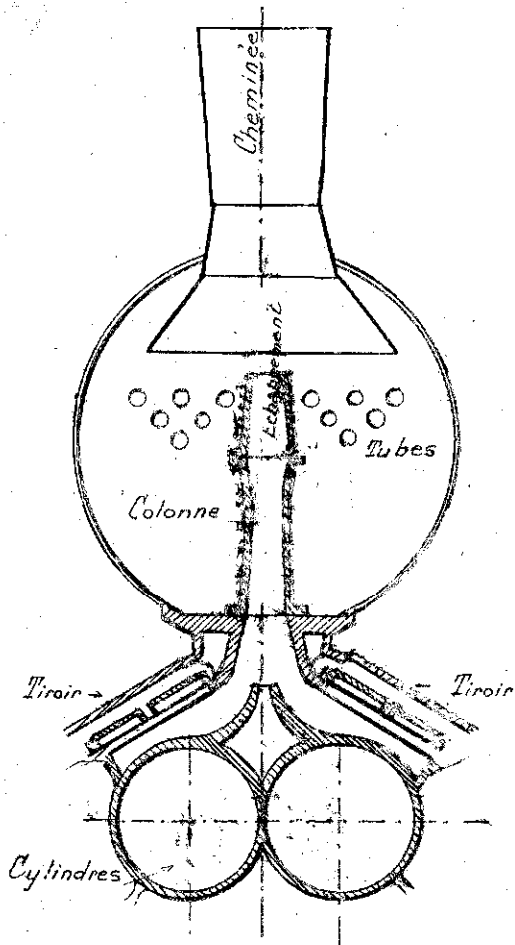


munique avec la chaudière par deux ou trois tubulures inférieures et par deux tubulures supérieures.

L'eau fortement chauffée dans le bouilleur s'élève par les tubulures supérieures; il se produit une circulation active et, d'autre

par le bouilleur produit l'effet d'une soûte, mais d'un poids en d'un prix élevés il nécessite des réparations fréquentes; c'est ce qui en limite la généralisation.

Échappement — On désigne sous le nom d'échappement, l'ensemble des appareils qui servent à faire rejeter, par la cheminée, la vapeur ayant agi dans les cylindres.



L'échappement est habituellement constitué par une colonne en fonte ou en cuivre installée dans la boîte à fumée. A la partie inférieure de cette colonne aboutissent les tubulures d'échappement des cylindres, en la partie supérieure se termine par une tête ou tuyère par laquelle s'échappe la vapeur. Le centre de la tuyère d'échappement doit être exactement sous l'axe de la cheminée; le sommet de la tuyère ne doit pas s'élever trop haut dans la boîte à fumée, il ne doit pas dépasser que très peu le niveau de la rangée supérieure des tubes.

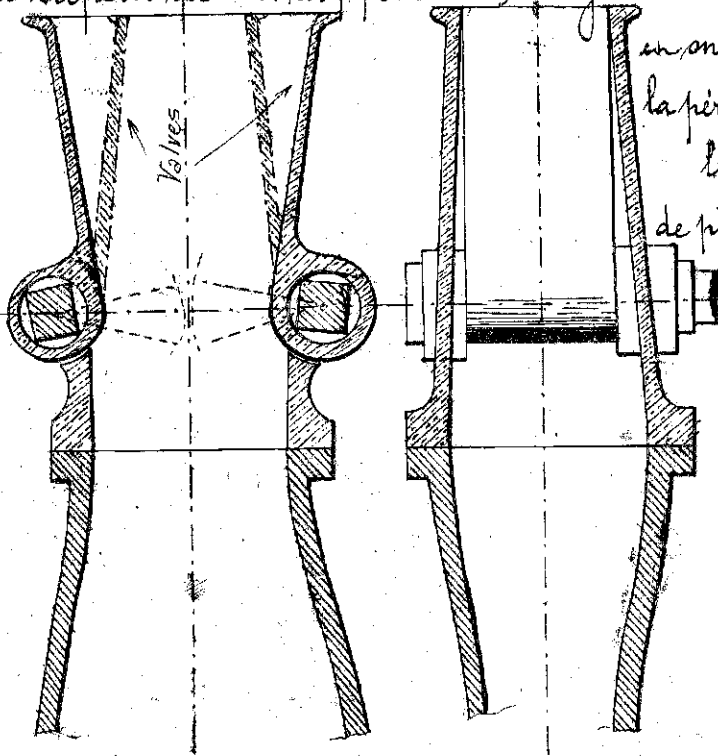
Le but de l'échappement est de créer une dépression dans la boîte à fumée en, par suite, d'activer la combustion du charbon sur la grille. L'échappement sera plus ou moins actif selon, que la quantité de vapeur rejetée par les cylindres à chaque tour de roues, sera plus ou moins grande, en surtout à une plus ou moins haute pression.

D'autre part, pour une même quantité de vapeur à une même pression, l'effet de l'échappement sera plus ou moins grand, suivant

que l'orifice de la tuyère sera plus étroit ou plus large.

En général, plus le travail à demander à la locomotive est considérable, plus la quantité de vapeur dépensée dans les cylindres est grande, en plus l'échappement est actif ; toutefois, cet excès de tirage au moment où la machine doit donner son plus grand effort n'étant pas toujours nécessaire on a recours à différents dispositifs pour réaliser ce que l'on appelle l'échappement variable.

Le type le plus répandu en France présente une tuyère limitée par deux valves mobiles qui s'ouvrent en se fermant symétriquement à la volonté du mécanicien. Ce dernier peut donc activer la combustion en serrant l'échappement, c'est-à-dire en réduisant la section de la tuyère en augmentant la vitesse du jet de vapeur qui entraîne les gaz du foyer. Mais le système comporte un inconvénient. Si l'on réduit trop la section de passage ouverte à la vapeur de l'échappement, on gêne l'expulsion de cette vapeur.



Echappement variable à valve

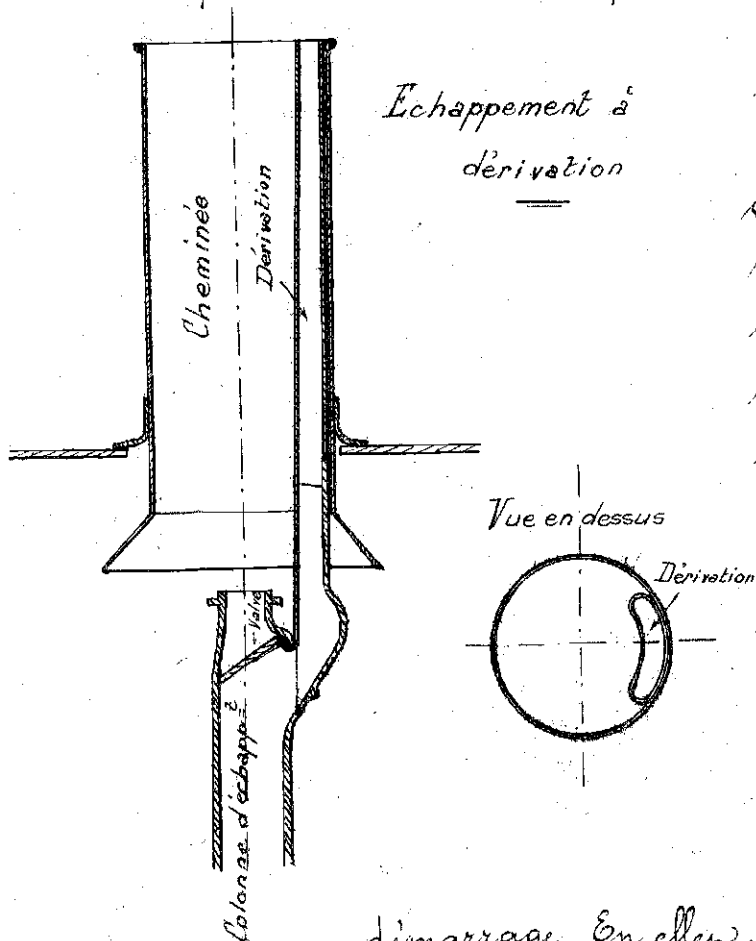
en on augmente la contre pression pendant la période d'échappement, on met ainsi à l'interruption de la vapeur dans les cylindres de plus, on provoque des entraînements de combustible dans la boîte à fumée.

On donne, quelquefois à la tuyère d'échappement une forme annulaire ; la vapeur sort par un anneau compris entre deux tuyères concentriques en les gaz sont aspirés à l'intérieur ou à l'extérieur de la

ques en les gaz sont aspirés à l'intérieur ou à l'extérieur de la

nappe de vapeur.

On emploie quelquefois aussi l'échappement à dérivation; c'est un échappement généralement de forme annulaire, dont on règle l'ouverture pour un tirage énergique, mais en dessous de la tête d'échappement, on fait partir de la colonne d'échappement un tuyau de dérivation qui s'élève à l'intérieur de la cheminée en par lequel, sans l'action d'une valve, on peut faire échapper toute ou partie de la vapeur sans la faire passer par l'ouverture circulaire de la tête d'échappement en par suite sans produire aucun effet pour le tirage.



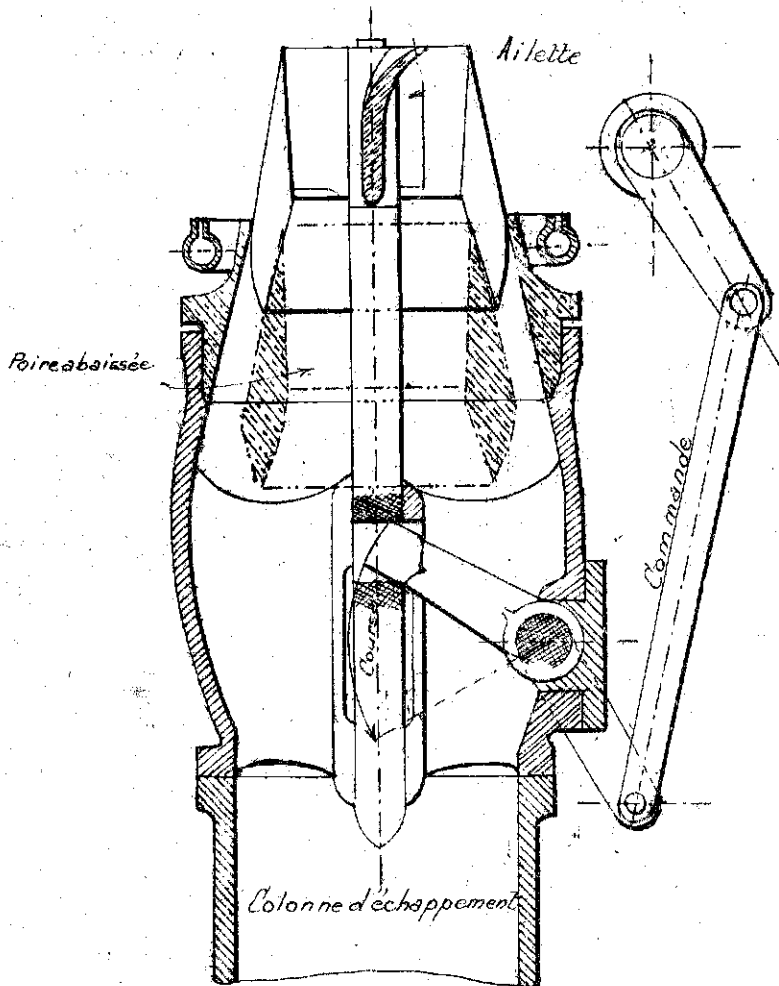
Ces échappements à dérivation constitue donc un véritable échappement variable, ~~(mais l'intensité de l'échappement variable)~~ mais l'intensité de l'échappement est réglée, non plus par les dimensions de la tuyère d'échappement, mais bien par la quantité de vapeur que l'on fait passer par cette tuyère.

L'échappement à dérivation présente un grand avantage au moment du démarrage. En effet, lorsqu'un train démarre, l'admission dans les cylindres étant considérable, la vapeur qui est rejetée par les cylindres produit dans l'échappement un tirage très énergique qui est, à ce moment, presque toujours nuisible à la conduite du feu en produisant un entraînement inutile de com-

buotible à travers les tubes.

On peut citer enfin, l'échappement hélicoïdal ou échappement à poire, employé depuis quelque temps sur les machines du Nord.

C'est un échappement circulaire qui peut être obstrué dans sa partie centrale par une pièce présentant vaguement la



forme d'une poire, en donnant la hauteur dans la colonne d'échappement peut être réglée à la volonté du mécanicien. La poire laisse entre elle et l'orifice de la colonne d'échappement une ouverture annulaire qu'on peut faire varier depuis sa valeur maxima jusqu'à zéro.

Dans sa position la plus élevée, l'ouverture annulaire est, en effet, complètement fermée.

La poire elle-même est

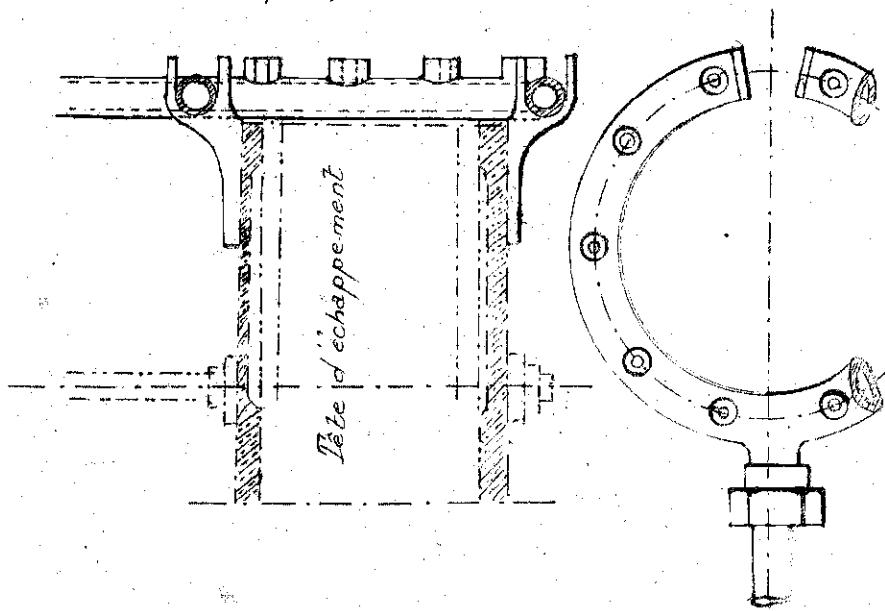
percée d'ouvertures qui livrent passage à la vapeur d'échappement. Quand l'échappement est serré à fond, la vapeur ne passe que par les ouvertures de la poire ; quand, au contraire, l'échappement est desserré, la vapeur passe, en outre, par l'ouverture annulaire.

Mais le point le plus intéressant de cet appareil est la disposition des ouvertures pratiquées dans la poire ; elles sont séparées les unes des autres par des cloisons affectant une forme héli-

caudale. Le passage dans ces ouvertures hélicoïdales imprime au courant de vapeur un mouvement de tourbillon tel, que la vapeur balaie, en quelque sorte, la cheminée sur l'ensemble de la section, ce qui amène une dépression à la fois plus forte et plus uniforme dans la boîte à fumée.

Souffleur. — Si l'échappement est un moyen très efficace pour activer le tirage pendant la marche normale de la machine, son effet est annulé dès que la machine est arrêtée ou même dès que l'admission de vapeur dans les cylindres est interrompue. Or, il est nécessaire de pouvoir activer le feu pendant les stationnements, avant le départ, et aussi lorsque la machine avance, par la gravité, dans les descentes.

Souffleur annulaire



Le souffleur n'est autre chose qu'un tuyau débouchant à la base de la cheminée en permettant d'y envoyer un jet de vapeur pris directement dans la chaudière. Il est habituellement constitué par un anneau

percé de trous placé immédiatement au-dessus de la tuyère d'échappement, dans l'axe de la cheminée.

On emploie aussi des souffleurs qui lancent un jet unique suivant cet axe, mais le souffleur en anneau est préférable, parce qu'il projette une série de petits jets qui produisent un tirage

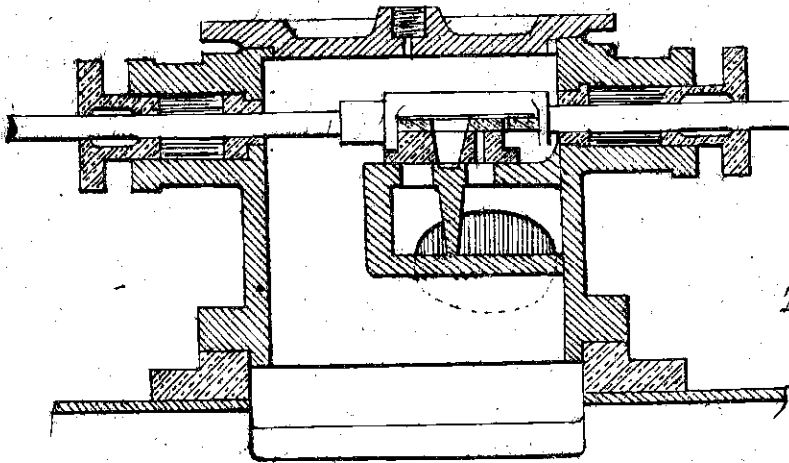
plus régulier et moins bruyant.

Le souffleur est aussi utilisé, dans les stationnements, comme appareil fumivore ; il suffit de l'allumer pour faire disparaître la production de fumée noirâtre qui salit les gares et incommode les voyageurs, pendant le stationnement des machines sous les halles.

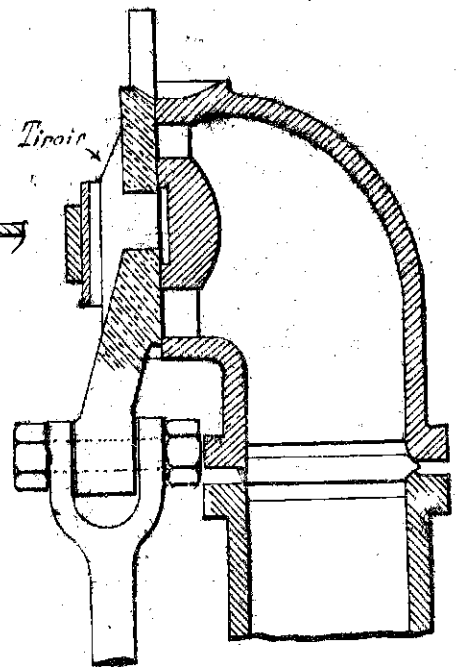
Régulateurs. — L'appareil qui sert à prendre la vapeur dans la chaudière pour l'amener aux cylindres s'appelle régulateur.

Le régulateur est placé généralement à la partie supérieure du corps cylindrique et est destiné à offrir, à la volonté du mécanicien, un passage plus ou moins grand pour la vapeur se rendant aux cylindres par les tuyaux d'admission.

Régulateur à deux tiroirs avec contre-tige



Régulateur à un tiroir placé dans le dôme



Le régulateur est constitué le plus souvent par un tiroir en bronze ; ce tiroir, placé à l'intérieur de la chaudière, peut être déplacé sur une table dans laquelle est pratiquée une lumière de 90 à 100 cm². La pression de la vapeur dans la chaudière fait coller le tiroir sur cette table. Ce tiroir est commandé par une tige en une manette placée sur la plate-forme du mécanicien. Changer la position que l'on fait occuper à la manette, le tiroir ferme

le passage de la vapeur. Si la manette est déplacée, le tiroir se soulève et laisse passer la vapeur. Le tiroir est commandé par une tige en une manette placée sur la plate-forme du mécanicien. Changer la position que l'on fait occuper à la manette, le tiroir ferme

la lumière, en ne laisse pas de passage à la vapeur, ou bien il découvre plus ou moins cette lumière.

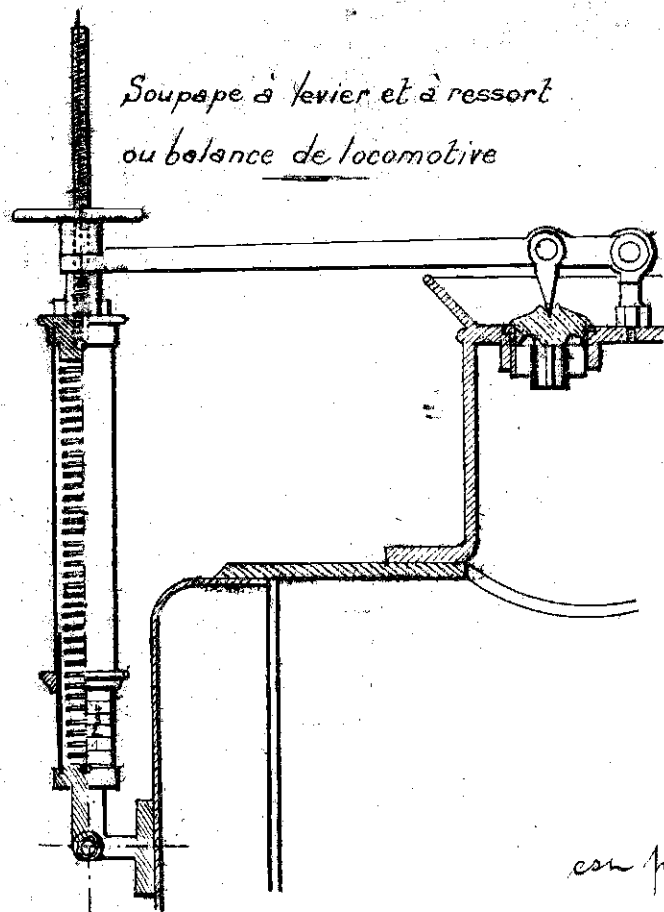
Assez fréquemment le régulateur est composé de deux tiroirs superposés. Quand on manœuvre la manette du régulateur, on déplace d'abord un petit tiroir qui découvre une ouverture de petites dimensions 9 cm au plus ; en continuant la manœuvre, on entraîne le grand tiroir. Cette disposition permet d'éviter les à-coups dans les démarrages et dans les manœuvres.

Les régulateurs peuvent être extérieurs ou intérieurs. Quand ils sont extérieurs, ils sont montés dans une boîte en fonte placée sur la chaudière. Le régulateur est facile à visiter. Cette disposition est commode ; mais on lui reproche de faire passer les tuyaux d'admission de vapeur à l'extérieur de la chaudière ce qui est cause d'une perte de chaleur par condensation.

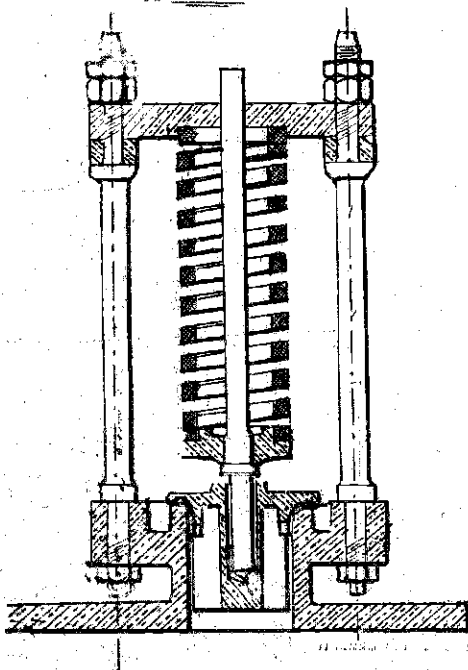
Les régulateurs intérieurs sont placés dans le dôme avec tuyaux à l'intérieur de la chaudière ; ils sont préférables au point de vue de la condensation.

Souppapes de sûreté. — Les soupapes de sûreté sont destinées à se lever dès que la pression effective de la vapeur, par centimètre carré dans la chaudière, dépasse le chiffre indiqué sur le timbre. La soupape repose sur un siège étroit, sur lequel elle doit s'adapter bien exactement, afin de ne pas laisser fuir inutilement la vapeur. Elle est chargée par une force qui est, en kilogrammes, le produit de la multiplication du chiffre du timbre par le chiffre de centimètres carrés représentant la section d'ouverture que ferme la soupape.

Pratiquement, on charge cette soupape par l'intermédiaire d'un ressort à boudin agissant à l'extrémité d'un levier articulé sur un point fixe. Cet appareil est souvent désigné



Soupape Adams



assez réduite

sous le nom de balance. Cette soupape a l'inconvénient de ne se lever que fort peu en la section de passage est souvent insuffisante pour donner l'assurance que la pression ne s'élèvera pas au-dessus du timbre. Le ressort est enfermé dans un tube en laiton gradué dans les divisions correspondantes aux diverses tensions que l'on peut donner au ressort à l'aide de l'écran de réglage.

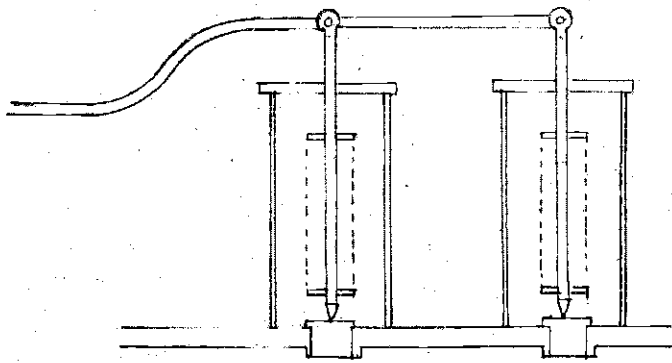
En stationnement prolongé, il est prescrit de desserrer les écrous de façon que les soupapes se lèvent à une pression inférieure à celle du timbre.

On emploie aussi un autre système de soupape appelée soupape Adams ou à charge directe.

Cette soupape est maintenue directement sur son siège par un ressort à boudin; elle présente dans la partie qui repose sur le siège une petite gorge

Dès que la soupape quitte son siège, la vapeur agit sur cette gorge en la soulevant davantage; aussi cette soupape débite-t-elle beaucoup de vapeur, même avec un diamètre

Pour éviter que les soupapes ne puissent être collées par des dépôts de tartre, on en place deux l'une près de l'autre. Les tiges des ressorts de ces deux soupapes sont reliées par une tringle formant lesier et à portée du mécanicien ce qui permet de faire manœuvrer, de temps en temps, ces soupapes à la main afin de s'assurer de leur libre fonctionnement.



Montage de deux soupapes

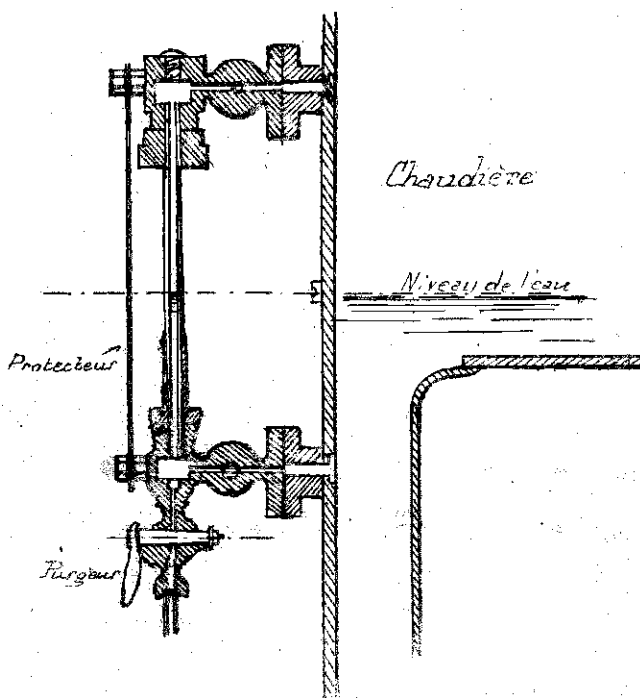
Il est facile de voir d'ailleurs que ce lesier ne peut pas permettre de surcharger les soupapes, car si l'on cherche, en appuyant sur le lesier, à charger l'une des soupapes, on décharge l'autre du même coup.

Sifflet. — Le sifflet est constitué par une cloche en bronze contre laquelle vient se briser un jet de vapeur qui la fait vibrer. Des vibrations se communiquent à l'air et produisent un son rauque et strident, variable suivant les dimensions de la cloche et la pression de la vapeur.

Tube de niveau d'eau. —

C'est un tube de verre emprisonné dans deux cages qui en mettent les deux extrémités en communication avec la chaudière, et qui sert à faire connaître le niveau de l'eau dans cette chaudière.

En cas de rupture du tube, des robinets permettent d'interrompre toute communication avec la chaudière. L'éclatement d'un tube en sous-vent la cause d'accidents sérieux, on tâche



d'en éviter le risque en employant des protège-tubes qui sont formés de plaques de verre très épaisses qui forment une sorte de cage autour du tube à niveau d'eau et destinée à arrêter la projection des éclats au moment de la rupture. En cas de rupture de tube, le mécanicien doit procéder à son remplacement, mais, en attendant, il peut se rendre compte du niveau de l'eau dans sa chaudière à l'aide de 3 robinets de jauge, placés à des niveaux un peu différents ; en les ouvrant, le mécanicien se rend compte s'ils laissent échapper de la vapeur seule ou un mélange d'eau et de vapeur.

Alimentation. — L'introduction de l'eau dans la chaudière, pour en maintenir convenablement le niveau se fait à l'aide de pompes ou d'injecteurs. Ses pompes sont de plus en plus abandonnées, et on emploie presque uniquement les injecteurs. On peut diviser les injecteurs en deux catégories : injecteurs aspirants et injecteurs en charge.

Les premiers aspirent l'eau dans la bûche du tender et la refoulent dans la chaudière, tandis que les seconds reçoivent directement l'eau en charge et ne font que la refouler.

L'eau est amenée du tender à la locomotive par un accouplement flexible qui est, soit une rotule métallique avec garniture en caoutchouc, soit un tuyau en caoutchouc armé d'un fil de fer en hélice. A l'origine des prises d'eau sur le tender, existe une soupape qu'il est prudent de fermer, chaque fois que l'on cesse d'alimenter, pour éviter que le tender ne vide en cas de fuite ou de rupture du tuyau d'accouplement.

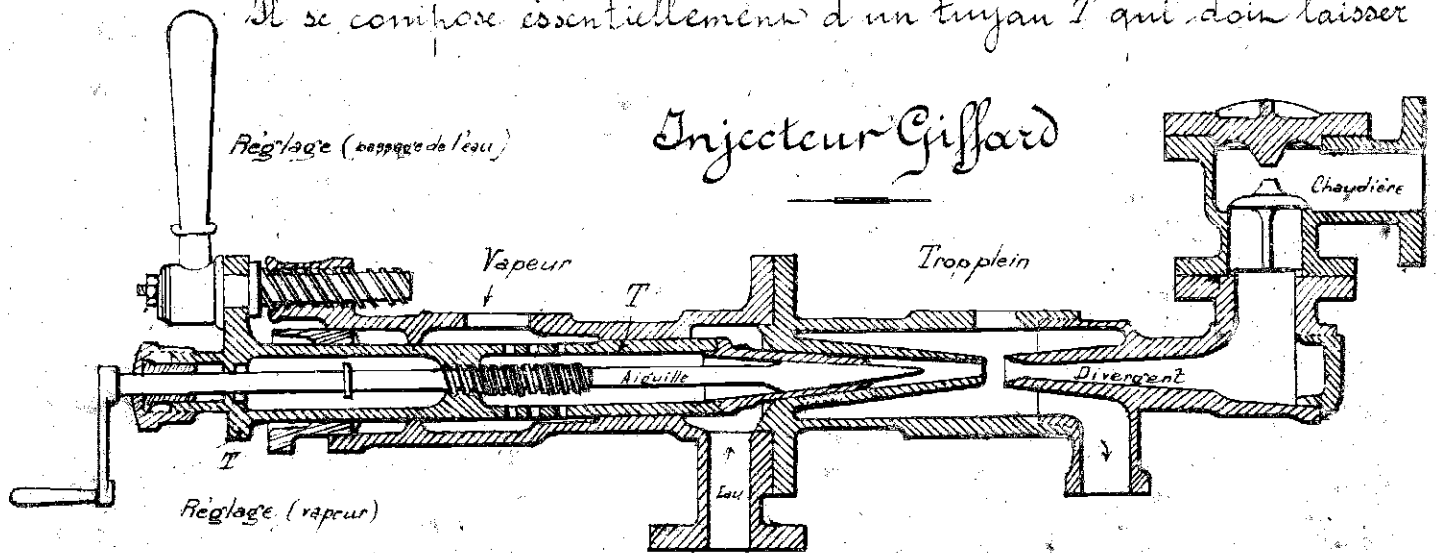
On monte habituellement deux injecteurs placés le plus souvent l'un à droite, l'autre à gauche de la machine.

chaque injecteur reçoit les tuyaux d'arrivée d'eau du tender, le tuyau d'amenée de la vapeur prise dans la chaudière, en enfin le tuyau de refoulement d'eau dans la chaudière. Ce dernier aboutit à une pièce fixée sur la chaudière en qu'on appelle la chapelle de refoulement; cette chapelle doit être munie d'une soupape se fermant d'elle-même. Un robinet permet d'isoler de la chaudière cette soupape automatique.

Le principe des injecteurs a été expliqué dans le cours des machines.

Bien que les types d'injecteurs soient assez différents, la plupart d'entre eux comportent les mêmes organes essentiels. Le type primitif encore très employé est le Giffard.

Il se compose essentiellement d'un tuyau T qui doit laisser

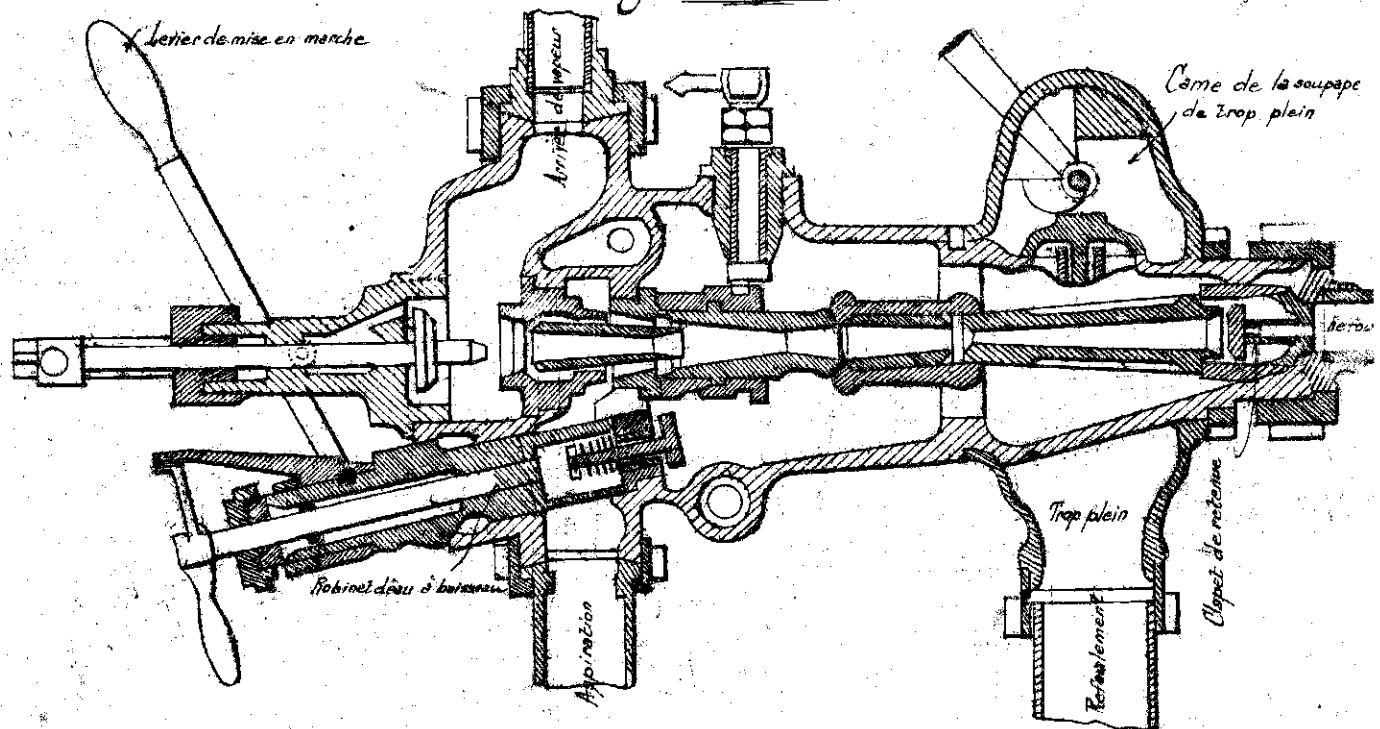


passer, avec une grande vitesse, un jet de vapeur venant de la chaudière; ce jet arrive dans la chambre, ou cheminée, où accède également l'arrivée de l'eau. Le jet d'eau en de vapeur, qui s'échappe de la chambre, traverse le trop plein et pénètre dans le divergent où la vitesse diminue, en même temps que la pression augmente. Une aiguille se déplaçant dans le tuyau T permet de donner à la vapeur un débouché plus ou moins grand.

Pour amorcer, on ouvre le trop plein, l'arrivée d'eau, puis l'arrivée de vapeur. Si l'eau continue à couler par le trop plein,

on agit sur l'aiguille pour régler l'arrivée de la vapeur.

Injecteur Selloers



L'injecteur Selloers a l'avantage de supprimer l'aiguille. L'amorçage de l'injecteur se fait automatiquement. La vapeur sort non seulement par la tuyère, mais forme une petite nappe autour de cette tuyère.

Lorsqu'on commence à manœuvrer le levier, la vapeur de cette petite nappe peut seule passer. Elle produit l'amorçage et l'on peut alors, sans crainte, continuer le mouvement du levier qui ouvre la tuyère.

L'injecteur Friedman et Saezzani a beaucoup d'analogie avec le précédent.

L'injecteur Selloers peut fonctionner jusqu'à la pression de 21 k avec de l'eau à 18° jusqu'à 16 k avec de l'eau à 35° et jusqu'à 12 k avec de l'eau à 43° (résultat d'essais récents publiés en Amérique).

Pour une pression et une température de l'eau données, le débit

des injecteurs peut être réglé au moyen du robinet d'arrivée d'eau en l'écart entre les débits maximum et minimum est d'autant plus grand que la température de l'eau est plus basse. Ainsi, à 14 k de pression et avec de l'eau à 18°, le débit maximum d'un Sellers est de 15.300 l. et le débit minimum de 7000 l. par heure. A la même pression, mais avec de l'eau à 35°, les chiffres deviennent 13.000 & 9000. Au-dessous des limites minima, l'injecteur se désamorce. Cette variation de débit permet d'alimenter la chaudière d'une façon continue pendant de longs parcours, ce qui est à la fois économique et favorable à la conservation des chaudières.

Le rendement mécanique d'un injecteur est mesuré par le rapport du poids d'eau débité au poids de vapeur employée. Ce rendement diminue quand la pression augmente. Avec de l'eau à 18° le débit est par kilogramme de vapeur :

de 6 l. 7	à la pression de 21 k.,
» 10 l. 7	» 14 k.,
» 15 l.	» 7 k.,

Ce débit peut se calculer approximativement par la formule
$$Q = 28,4 d^2 \sqrt{p}$$
 d représente en millimètres le diamètre minimum du cône divergent A' , p la pression de la vapeur en atmosphères et Q le débit en litres par heure.

Les injecteurs en charge, c'est-à-dire placés au-dessous du niveau le plus bas de l'eau dans le tender, sont moins sujets aux ratés en fonctionnant avec de l'eau ayant jusqu'à 70° de température. Entre l'injecteur et la chaudière, il y a deux ^{clapets} automatiques de retenue, l'un à la sortie de l'injecteur, l'autre dans la boîte d'introduction appliquée sur la chaudière. Cette boîte, placée sur le côté du corps cylindrique dans les anciennes machines est maintenant presque toujours appliquée sur la face arrière du foyer afin d'éviter l'arrivée d'eau froide dans le faisceau tubulaire.

Les qualités que l'on recherche pour les injecteurs de locomotives sont :

facilité de manœuvre en sûreté de l'amorçage essentielle pour les chauffeurs; fonctionnement avec de l'eau chaude, ce qui permet de réaliser des économies par le réchauffage.

On doit chercher à avoir un injecteur répondant exactement comme débit à la consommation normale de la machine en rampe; toutefois on installe 2 injecteurs par machine.

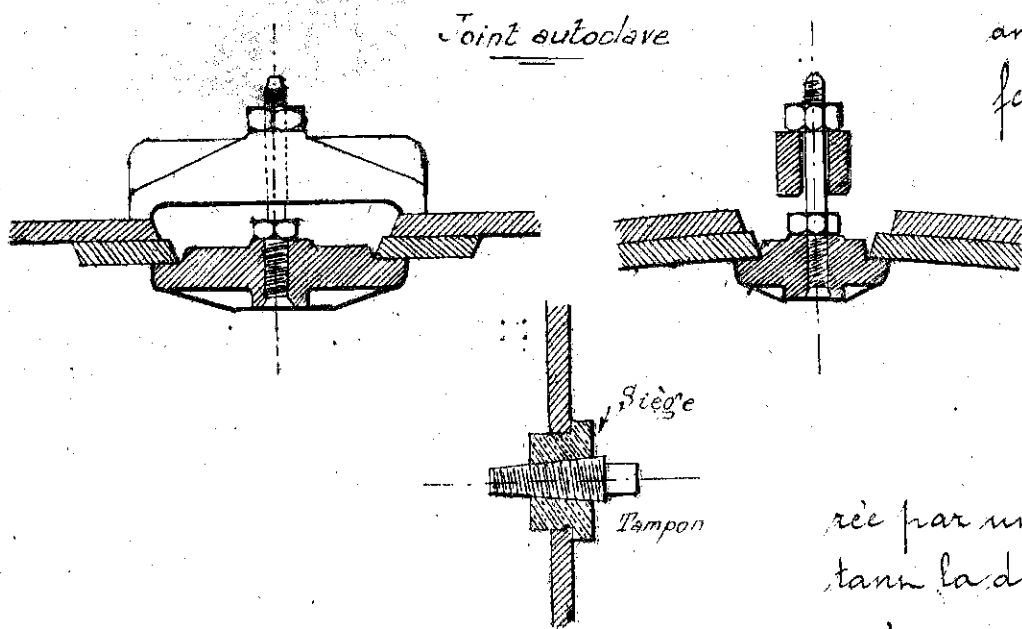
Il y a lieu de noter qu'on en doit toujours amener à fermer et à réamorcer très fréquemment les injecteurs, car l'introduction de l'eau fait baisser la pression. On doit donc supprimer l'injection dans les moments difficiles et au contraire alimenter pendant la marche à régulateur fermé.

Enveloppe des chaudières. — Ses chaudières de locomotives sont exposées à de violentes courants d'air qui peuvent entraîner une déperdition de chaleur assez importante. On les enveloppe habituellement d'une simple tôle mince portée sur une carcasse en fer qui est disposée de façon à laisser, entre l'enveloppe et la chaudière, une couche d'air assez mince, et c'est cette couche d'air qui ralentit la transmission de la chaleur au dehors.

Dans certains cas, on a essayé de protéger les chaudières en intercalant entre elles et leur enveloppe des substances isolantes: bois, feutre, etc... mais ces procédés sont peu employés.

Tampons en joints autoclaves. — On perce dans la chaudière à des endroits convenablement choisis, des ouvertures destinées à en permettre le nettoyage; ces ouvertures se ferment à l'aide de tampons ou de joints autoclaves.

Les tampons sont de simples bouchons qui se vissent sur un siège en bronze vissé à demeure dans les tôles de la chaudière. Ils se placent sous le cadre du foyer et dans les



angles de boîte à feu.

Les joints autoclaves sont des ouvertures plus grandes, pratiquées dans la tôle en obtu-

rée par une pièce présentant la disposition indiquée au croquis ci-dessous.

Le nombre et la disposition de ces tampons autoclaves présentent une grande importance, au point de vue de l'entretien de la chaudière, car il est indispensable d'éviter les accumulations de tartre entre les parois en autour des entretoises et de procéder à des lavages très fréquents de la chaudière.

Les trous de tampons ou joints autoclaves doivent permettre d'atteindre les différents points de l'intérieur de la chaudière soit avec des jets d'eau, soit à l'aide de tringles dont on se sert pour concasser les dépôts de tartre, en faciliter leur entraînement par l'eau.

Attache de la chaudière sur le châssis. — La chaudière repose sur le châssis par la boîte à fumée et par la boîte à feu, en passant aussi par des points intermédiaires.

La boîte à fumée est solidement boulonnée au châssis et passe aussi aux cylindres quand ceux-ci sont intérieurs, c'est-à-dire placés entre les longerons.

Quand la machine est en feu, la chaudière s'allonge sous l'effet de la dilatation. Il faut donc, puisque l'attache de la boîte à fumée est fixe, que l'arrière de la chaudière, c'est-

s'est à dire la boîte à feu, puisse reculer sur les longerons afin d'éviter des tiraillements ou des ruptures de tôles; aussi n'y est-elle pas reliée par des boulons, mais par des agrafes. Celles-ci, tout en baissant à la boîte à feu, la possibilité de glisser de quelques millimètres sur le bâti, maintiennent la chaudière en l'empêchant de se séparer du châssis lors des trépidations dans la marche.

Le corps cylindrique est souvent supporté au milieu de sa longueur par une sorte de sellette faisant partie d'un cadre entretoisant les longerons. La chaudière s'appuie sur ces sellettes par deux agrafes lisses qui permettent la dilatation.

Ce mode de suspension des chaudières est loin d'être parfait, car les surfaces de glissement sur ces supports sont assez difficiles à entretenir; si elles ne sont pas très bien graissées, elles se rouillent; les deux pièces en contact collent l'une sur l'autre, et la dilatation de la chaudière, ou bien ébranle les attaches des cylindres, ou bien, exerçant une poussée considérable sur les longerons, entraîne leur rupture.

On a tendance à chercher d'autres modes de suspension. En Amérique, le foyer est généralement suspendu par quatre bielles articulées, d'une part à des taurillons fixés sur la boîte à feu, et, d'autre part, à des axes fixés sur les longerons.

Châssis, suspension, roues.

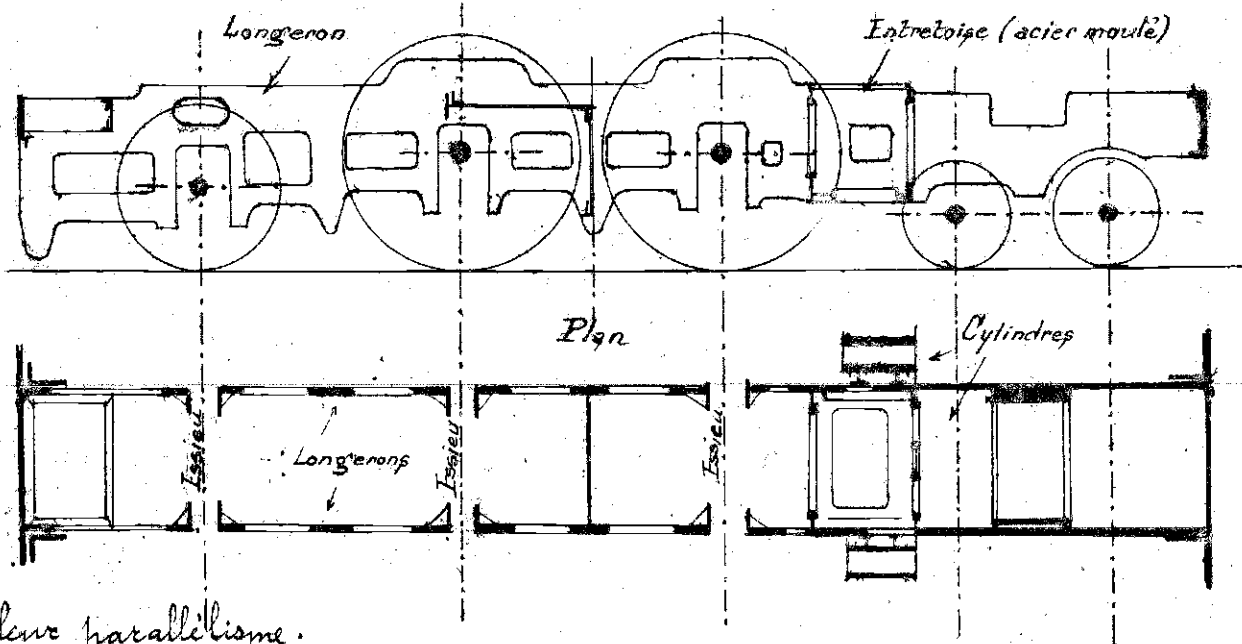
Châssis. — Le châssis est l'ensemble de la construction qui porte la chaudière et les cylindres, et qui repose sur les boîtes des essieux.

Le châssis est constitué de deux longerons, quelquefois trois, et même quatre, parallèles à l'axe de la machine, et reliés entre eux par les traverses extrêmes, ou par des entretoises intermédiaires. Le châssis maintient les cylindres ainsi que les essieux moteurs.

en porteurs; il assure l'invariabilité de la distance des essieux en

Châssis de locomotive

Elevation



leur parallélisme.

Les longerons sont, en intérieurs ou extérieurs aux roues. Ils doivent être rigoureusement parallèles. Ils se composent chacun d'une tôle de fer ou d'acier de 25, 30, 32 m/m d'épaisseur. On découpe dans les longerons les ouvertures nécessaires pour le logement des boîtes à huile, en d'autres évidements qui ont pour but de les alléger.

En Amérique, les longerons sont souvent constitués par des barres de section rectangulaire; le mécanisme en plus accessible, mais ces longerons sont moins rigides.

Les entretoises sont formées de tôle en cornières, rivées au boutonnées aux longerons; quelquefois, elles sont en acier moulé, ce qui donne plus de rigidité au châssis.

Les traverses d'avant ou d'arrière sont en tôle en cornières; elles sont solidement reliées aux longerons en supportant la plateforme du mécanicien, ou le tablier de la machine.

Quand les longerons sont intérieurs, leur écartement est habituellement de 1 m 200; quand les longerons sont extérieurs, ce qui permet de donner plus de longueur aux fûets d'essieu, leur écartement atteint 1 m 700 à 1 m 800.

Dans les châssis à quatre longerons, les roues passent entre deux longerons parallèles.

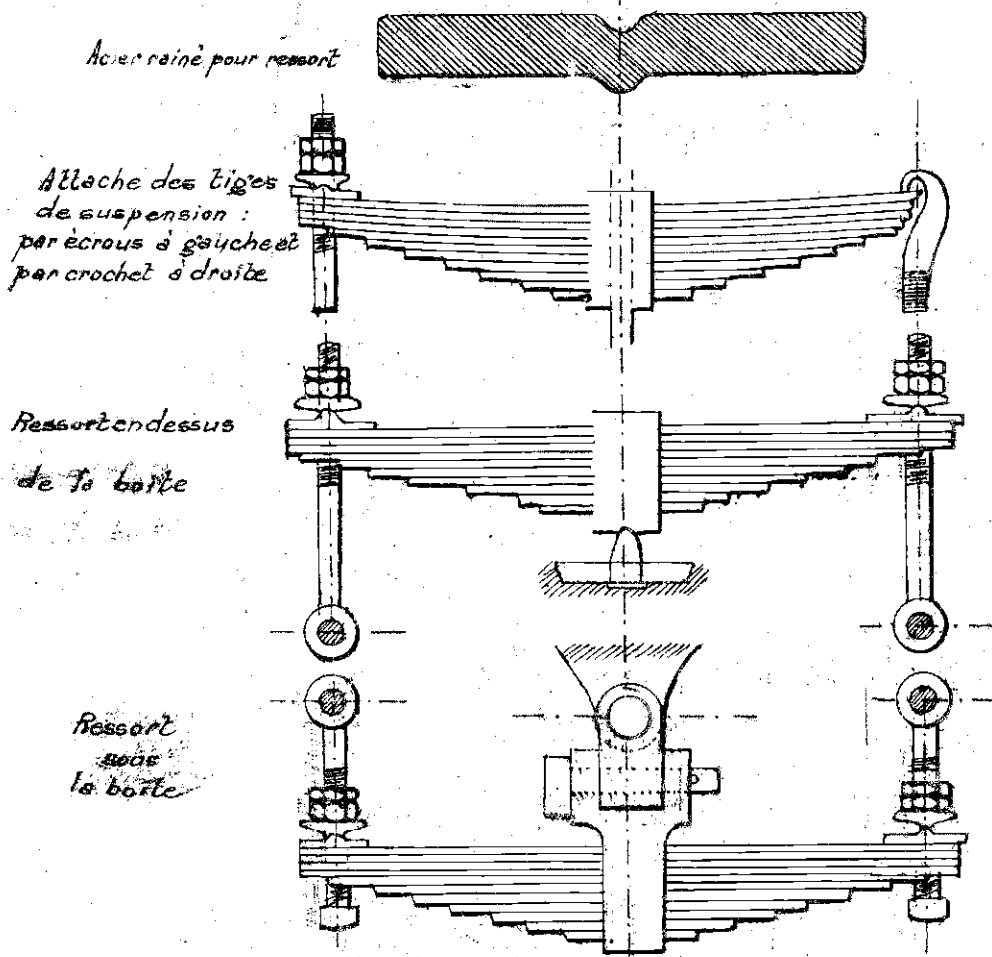
Suspension. - Le châssis de la locomotive en tous les organes qui y sont fixés reposent sur les boîtes à huile par l'intermédiaire de ressorts qui servent à atténuer l'action des chocs dus aux inégalités de la voie.

Les ressorts de locomotives doivent être peu flexibles afin que le déplacement des boîtes dans les glissières des plaques de garde reste toujours très limité; s'il en était autrement, le centre de l'essieu moteur s'écarterait par trop de l'axe des cylindres et il en résulterait un dérèglement préjudiciable à la distribution. De même, les essieux accouplés ne doivent pas subir de déplacement vertical trop grand à cause de l'obliquité que prendraient alors les bielles. C'est seulement grâce au jeu laissé aux boîtes dans leurs glissières et aux têtes de bielles d'accouplement sur leurs boulons que ce déplacement en que cette obliquité sont possibles, mais ils doivent rester faibles, sans peine d'entraîner des coincements et même des ruptures de bielles.

Ressorts. - Les ressorts de suspension de locomotives sont constitués d'une série de lames d'acier, attachées en superposées, emboîtées à l'aide de nervures en U de gorges, dans la longueur décroissant depuis la feuille supérieure appelée feuille maîtresse, en qui sont fortement serrées les unes sur les autres, par un étrier appelé bride que l'on pose à chaud.

Le poids de la machine se transmet sur les extrémités

des feuilles-maitresses par des tiges de suspension



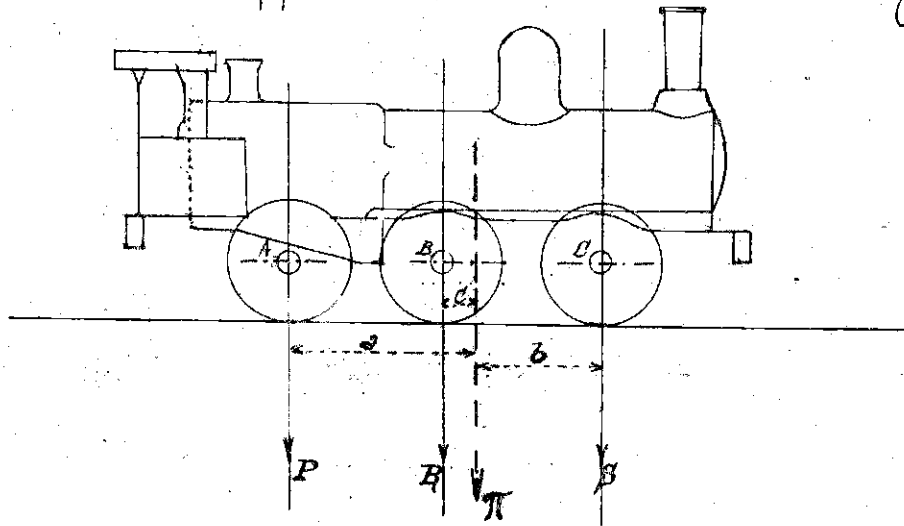
S'attache^{des tiges} de suspension, à la maitresse-
feuille se fait, de
diverses manières.

La tige de suspension traverse un œil
ovalisé percé dans
les lames en les écrous
de serrage s'appuient
alors sur une sellette,
ou bien elle se ter-
mine par un cro-
chen qui saisi
un boudin ménagé
à l'extrémité de
la maitresse-feuille.

Suivant le
type de machine, le ressort est au-dessous de la boîte de l'essieu ;
la charge s'applique alors directement sur le dessus de la boîte,
ou bien, pour les commodités de son installation, il est placé sous
la boîte à laquelle il se rattache par une pièce articulée ; les
tiges de suspension agissent alors par pression.

Un ressort non monté présente une certaine flèche de
fabrication ; si on le charge, la flèche diminue ; cette diminution
est constante pour une charge déterminée, 5 à 12 mm par
tonne, suivant les types de ressorts. Si le poids peut être assez
grand pour obtenir l'aplatissement complet, on atteint la
charge limite ; au-delà, le ressort se cambrera en sens inverse
en perdant tout ou partie de son élasticité.

Répartition du poids suspendu. — Supposons une machine à 3 essieux, les essieux sont également chargés, le châssis est alors assimilable à une poutre horizontale reposant sur trois points A, B, C. Si nous déchargeons l'essieu du milieu, les essieux extrêmes A et C supporteront l'excédent de la charge, la



poutre se déformera.

Si, au contraire, l'un des essieux extrêmes, A par exemple, est complètement déchargé, le châssis s'inclinera vers l'arrière et le poids total reposera sur les deux essieux B et C. En desserrant les écrous de tige de suspension d'un ressort, on diminue la tension de ce ressort, et on réduit la charge sur l'essieu correspondant; celle des deux autres essieux se trouve augmentée.

On peut donc faire varier, entre des limites assez éloignées, soit en serrant, soit en desserrant les écrous des tiges, le poids que supporte chacun des essieux.

Soit π le poids total de la machine; P, R, S , le poids appliqué sur chacun des trois essieux; a, b, c , la distance horizontale des essieux au centre de gravité de la machine; on a les deux relations suivantes:

$$P + R + S = \pi$$

$$Pa + Rc - Sb = 0$$

Si nous supposons $R = 0$, nous aurons $P' + S' = \pi$ et

$P'a - S'b = 0$, d'où $P' = \frac{b\pi}{a+b}$ en $S' = \frac{a\pi}{a+b}$; ce sont les valeurs limites de P et de S .

D'autre part, supposons $P=0$, nous aurons :

$$R'' + S'' = \pi \text{ en } R''c - S''b = 0, \text{ d'où } R'' = \frac{b\pi}{b+c} \text{ en } S'' = \frac{c\pi}{b+c}.$$

R'' et S'' sont les charges extrêmes de l'essieu du milieu en avant, quand le poids est nul à l'arrière.

Si nous revenons aux deux premières équations, nous constatons que nous avons deux équations à 3 inconnues d'où une indétermination.

Pour les résoudre, on est amené à faire une hypothèse; or, dans la répartition du poids d'une machine, on s'en fixe d'avance le poids adhérent des roues motrices; par exemple, on aura fixé à 15 tonnes, celui de l'essieu moteur R .

R étant connu, ainsi que la position du centre de gravité G , on en déduira la valeur de P et de S .

Réglage de la répartition à l'aide de bascules. — Les charges que l'on doit avoir sur chaque essieu étant déterminées comme ci-dessus, on effectue la répartition des poids à l'aide de bascules. Dans ce but, on place la machine de telle sorte que chaque paire de roues se trouve sur un plateau mobile que l'on équilibre par des poids. On desserre alors ou on serre les écrous de chacun des groupes de ressorts, de manière à obtenir sur chaque essieu le poids fixé par les calculs.

Cette répartition se modifie peu à peu au bout de peu de temps à la suite de l'affaiblissement des ressorts ou des déformations successives du châssis; aussi, est-il bon de remettre assez fréquemment les machines sur les bascules pour vérifier à nouveau la répartition.

Il ne suffit pas que la charge soit bien répartie entre les essieux, il faut encore que la machine soit placée d'abord de niveau, c'est-à-dire de façon que l'axe de la chaudière soit horizontal en outre à hauteur convenable, c'est-à-dire de façon que les boîtes à graisse occupent dans leurs glissières une position moyenne.

On doit laisser entre le dessus des boîtes et le longeron, un jeu d'au moins 15 à 20 mm ; on laissera également un jeu suffisant entre le dessous de la boîte et l'entretoise de plaque de garde afin qu'en marche, par suite des oscillations de la machine ou de la position inclinée qu'elle peut prendre, les boîtes ne viennent pas à toucher soit le longeron, soit les entretoises de plaque de garde.

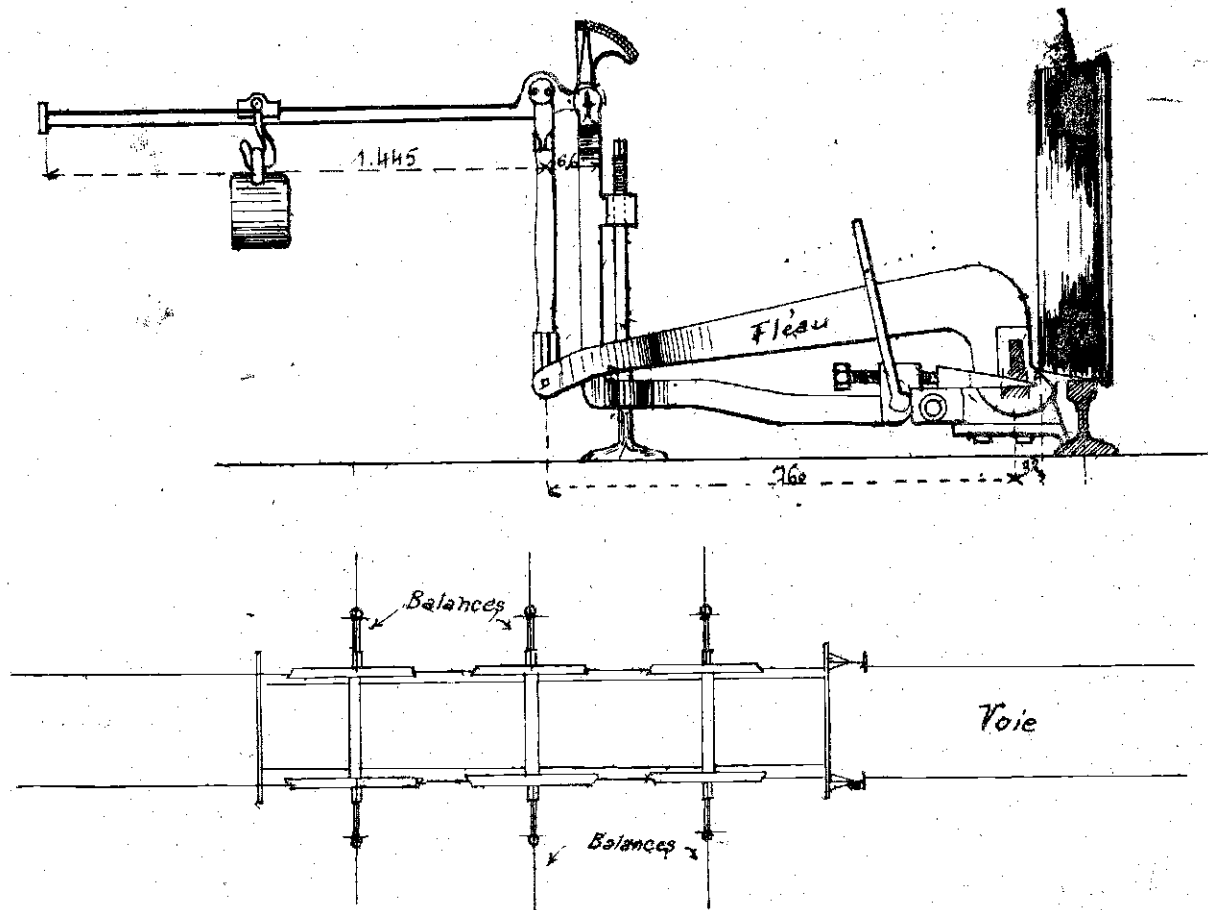
Les balances qui servent à régler la répartition du poids pensent être des balances à plateaux, mais, depuis quelque temps, on emploie souvent, en particulier dans les dépôts de la Compagnie du Nord des balances du type "Ehrhach" qui sont très commodes en d'une installation plus facile que les balances à plateaux.

Le principe en est le suivant :

Il suffit d'amener la machine sur une partie de voie bien droite et bien horizontale ; on place en face de chaque roue, une balance formée essentiellement d'un fléau dont une des extrémités vient se placer sous le bandage de la roue. Le petit bras du levier a 32 mm seulement et le grand bras 760 mm. L'extrémité du grand bras est reliée à un fléau supérieur qui porte à son autre extrémité les poids. Ces poids sont réglés de façon à compenser toute la charge qui porte sur la roue au point de contact avec le rail.

Lorsque les poids des balances affectées à chacune des roues sont réglés, la machine se trouve en quelque sorte suspendue.

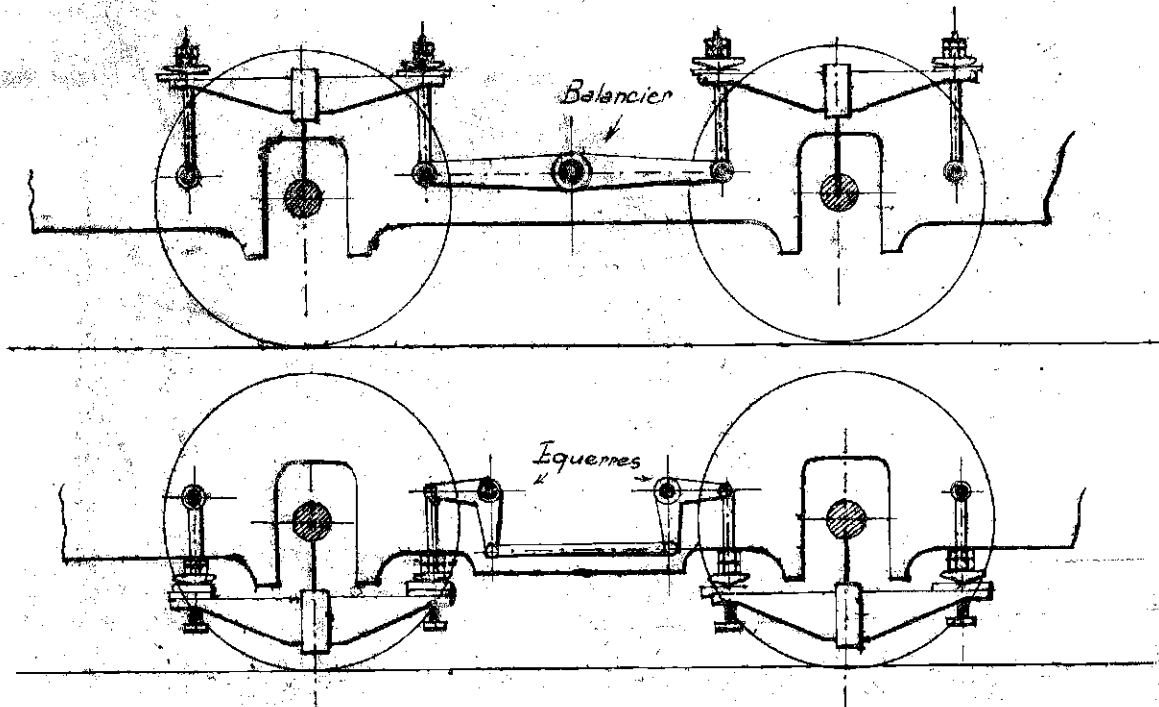
Balance Ehrhard



sur les extrémités des fléaux ; la lecture de la graduation à chaque balance, donne la répartition du poids.

Balanciers - compensateurs - La répartition du poids sur les essieux se modifie à chaque instant pendant la marche, suivant les inégalités de la voie ; il en résulte une surcharge de certains essieux aux dépens des autres qui se trouvent momentanément déchargés.

Pour obvier à ces inconvénients, on relie fréquemment les ressorts de suspension de deux essieux consécutifs par des balanciers. Le balancier est une sorte de fléau de balance mobile autour d'un axe fixé au longeron et supportant à chacune de ses extrémités la tige de suspension de l'un des ressorts entre lesquels doit s'établir

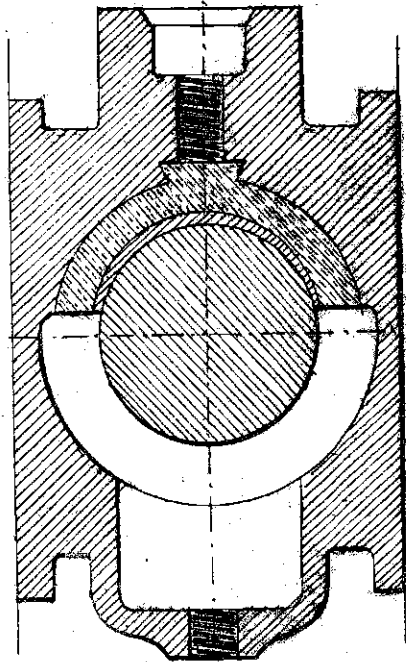
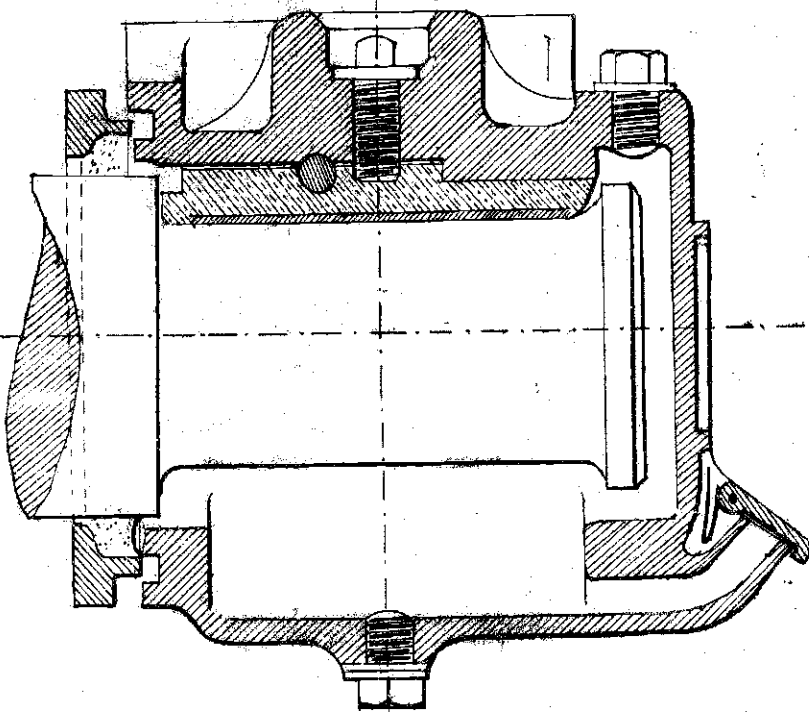


la compensation; toute les fois que la charge de l'une des extrémités du balancier varie d'une certaine quantité, celle de l'autre extrémité varie d'une quantité proportionnelle. La modification du poids supporté par l'un des ressorts entraîne donc celle de l'autre ressort. Pour que la répartition s'effectue exactement suivant les valeurs calculées, il faut que les articulations des balanciers en des tiges de suspension soient parfaitement libres; si ces articulations ne sont pas graissées, elles se grippent en s'usent, et, dans ces conditions, le balancier ne remplit pas son but, et devient même nuisible. Aussi, emploie-t-on couramment des balanciers reposant sur un coussin en acier.

On fait souvent, au lieu de balanciers, usage d'équerres affectant la disposition du croquis.

Boîtes :— Les essieux tournent dans des boîtes appelées boîtes à graisse, bien qu'actuellement l'emploi de l'huile pour le graissage soit généralisé. La boîte reçoit la pression du ressort et la transmet directement à la fusée par l'intermédiaire d'un coussinet en bronze souvent garni de métal blanc, donne la com-

position est habituellement : cuivre 10, étain 80, antimoine 10. Ce



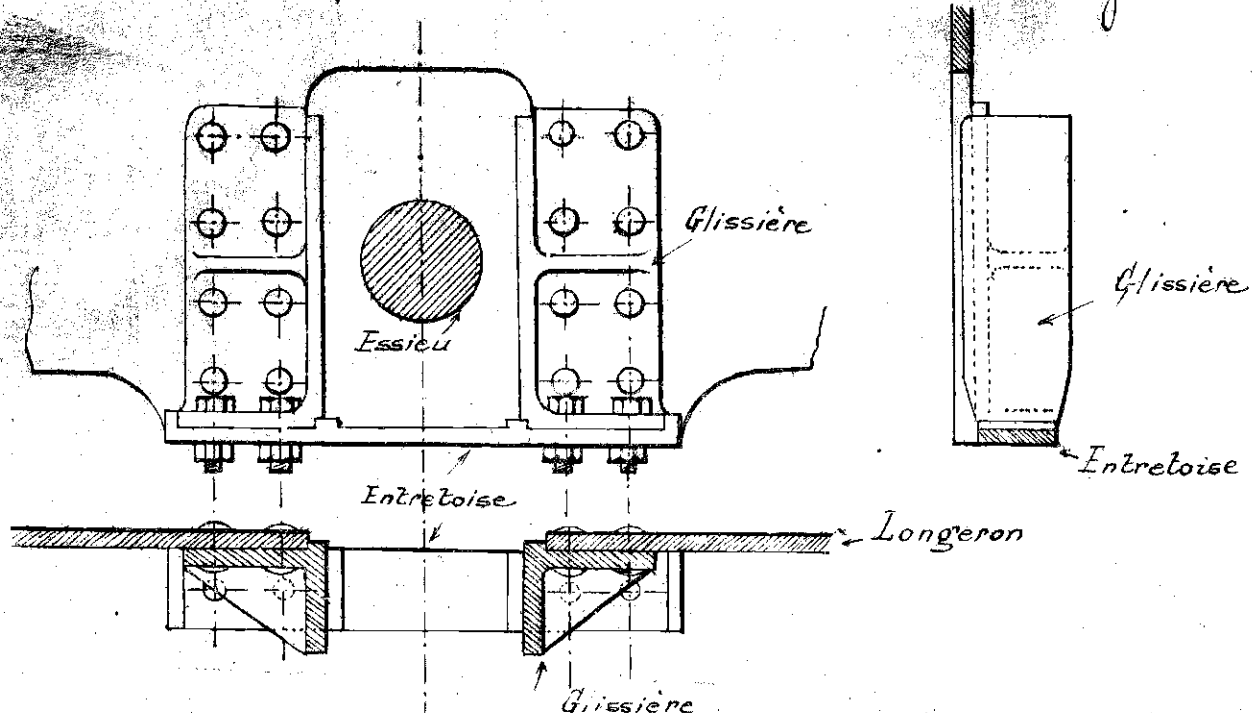
métal blanc, a pour but de diminuer le coefficient de frottement.

Indépendamment de la charge verticale qu'ils transmettent les coussinets des essieux moteurs sont soumis à des efforts horizontaux provenant de la pression des bielles motrices ou de celle des bielles d'accouplement. La résultante de ces efforts tendrait à les faire tourner. Pour éviter ce mouvement, on garnit les boîtes d'un contre-coussinet en fonte.

Les boîtes sont intérieures ou extérieures suivant la disposition du châssis. Dans le premier cas elles sont forcément ouvertes de deux côtés ; dans le second, elles peuvent être ouvertes de deux côtés ou fermées à l'une de leurs extrémités, comme le sont d'ailleurs les boîtes des wagons et des voitures.

Les boîtes sont maintenues entre deux glissières verticales fixées sur le longeron ; une entretroise réunit la partie inférieure des glissières une fois la boîte mise en place.

Les boîtes peuvent monter ou descendre dans les glissières ;



il faut laisser entre les glissières et la boîte le moins de jeu possible. Les joues latérales des boîtes s'opposent au déplacement transversal de l'essieu. Quand on veut laisser la possibilité d'un léger déplacement, on donne à la boîte un peu de jeu transversal sur les glissières, en général un millimètre en on laisse, d'autre part, au coussinet, un léger jeu d'environ 2 mm, de façon qu'il puisse se déplacer transversalement sur la fusée.

Les boîtes sont en fer cémenté en trempé, quelquefois en acier moulé, le graissage se fait à l'aide de mèches ou de tampons graisseurs placés dans le dessous de la boîte.

Chasse-pierres. — Le chasse-pierres est une pièce de fer placée à l'avant des roues pour rejeter hors les rails les obstacles qui peuvent se présenter inopinément. Ils doivent affleurer assez près des rails pour être efficaces, mais suffisamment éloignés cependant pour ne jamais venir les toucher, quelle que soit l'usure des bandages, celle des coussinets, ou l'affaiblissement des ressorts. Ils doivent se rapprocher le plus possible des roues d'avant de façon à toujours les précéder au-dessus du rail, même dans les courbes.

Dispositions propres à faciliter le passage dans les courbes

Une locomotive à essieux rigides en, à 3 ou 4 essieux s'inscrit difficilement dans les courbes, en, étant, donnée sa position en tête du train, aurait tendance à dérailler si l'on n'employait des dispositions spéciales pour permettre un déplacement des essieux les uns par rapport aux autres.

Si tous les essieux de la machine sont rigides en parallèles entre eux, l'inscription ne peut se faire que par suite des jeux laissés intentionnellement pour permettre un déplacement transversal des essieux, ou encore des jeux résultant de l'imperfection de la construction, ou enfin de l'usure. Cette inscription est facilitée par le déplacement que peut permettre la flexibilité des longerons. Mais dès que l'empattement, c'est-à-dire la distance entre les points de contact des roues extrêmes, dépasse une certaine valeur, ou dès que le rayon de la courbe descend au-dessous d'une certaine limite, les jeux laissés en l'élasticité ne suffisent plus et l'on doit recourir à différents dispositifs spéciaux.

On peut d'abord chercher à réduire le plus possible l'empattement total de la machine, en rapprochant les uns des autres les différents essieux ; mais on diminue ainsi la stabilité de la machine en augmentant le porte-à-faux, soit à l'avant, soit à l'arrière.

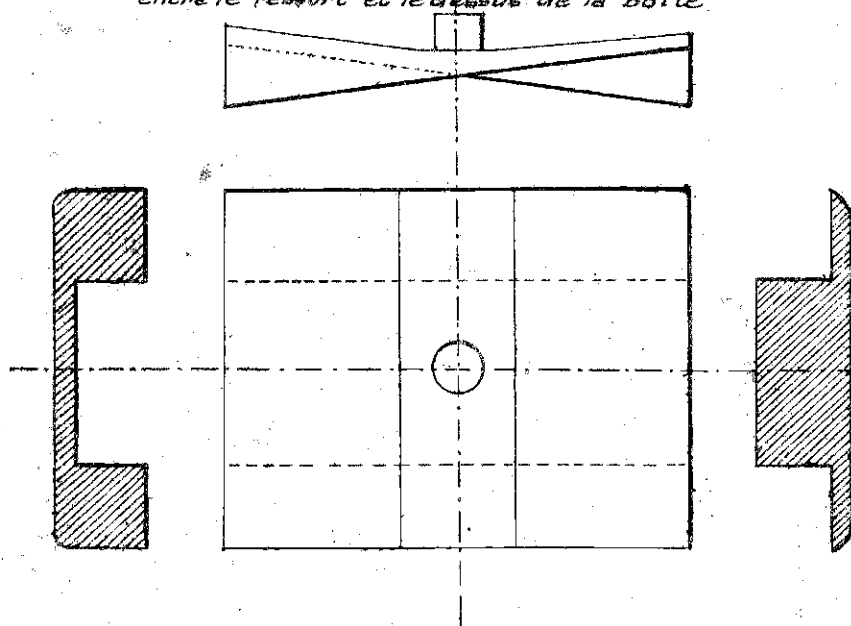
Pour donner plus de jeu dans la voie, on réduit parfois notablement l'épaisseur du boudin des roues du milieu. La suppression totale du boudin aurait l'inconvénient d'aggraver les conséquences d'un déraillement du premier essieu.

On peut donner aux essieux extrêmes, en spécialement à

l'essieu, d'avoir un certain jeu transversal ; pour cela on peut avoir recours comme nous l'avons dit à trois dispositions : jeu des fusées dans leurs coussinets ; jeu des coussinets dans leurs boîtes ; jeu des boîtes dans les glissières. On arrive ainsi, à donner aux boîtes dites radiales un jeu atteignant jusqu'à 40 mm. Mais, dès que le jeu total transversal à l'essieu, d'avoir prend une certaine importance, dès qu'il dépasse 10 mm environ, on est obligé d'employer des dispositifs, dits de rappel, qui ont pour but de ramener automatiquement le système dans l'axe de la machine, lorsque celle-ci en sortie de la courbe.

Un dispositif de rappel assez employé, consiste à faire poser les ressorts sur les boîtes par l'intermédiaire d'une pièce formée de deux plans inclinés. Si l'essieu se déplace dans le sens transversal, il soulève le ressort par l'intermédiaire du plan incliné

Plan incliné pour régler le déplacement transversal d'un essieu, pièce intermédiaire placée entre le ressort et le dessus de la boîte.



en, de ce fait, en augmente la tension. La charge tendra à le ramener dans sa position moyenne, dès que l'effort du rail extérieur de la courbe sur le boudin aura cessé de porter l'essieu vers l'intérieur de la courbe ; l'essieu reprendra

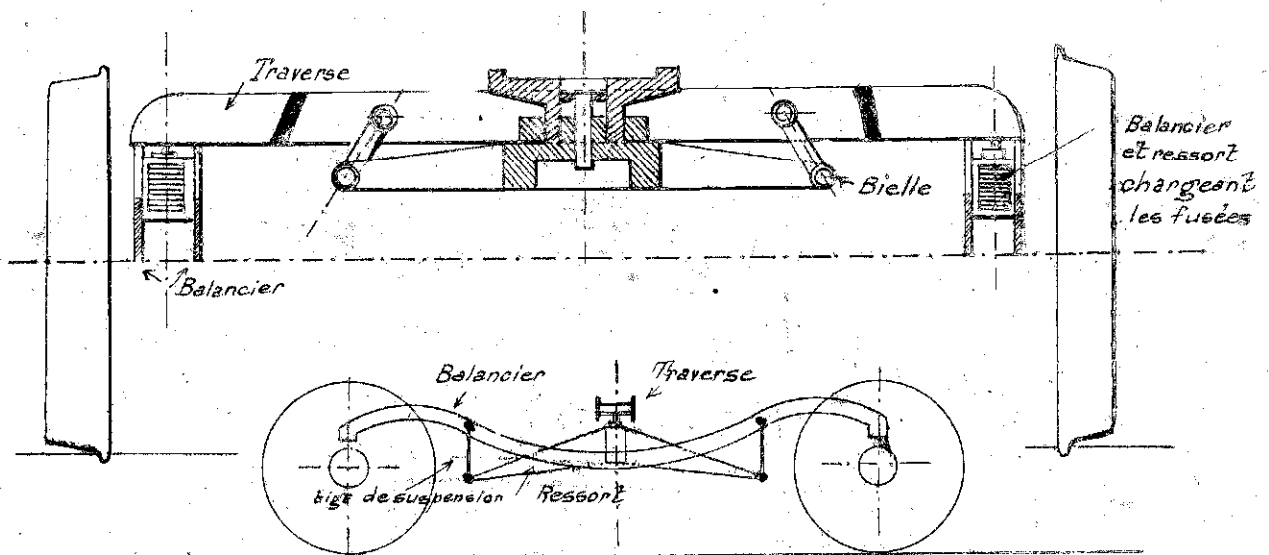
dans sa position normale dès qu'on sera parti de la courbe.

Ces plans inclinés ont une inclinaison de 10 à 20 % ; il est essentiel qu'ils soient parfaitement graissés, sans quoi ils n-

fonctionnent pas. Leur emploi est aujourd'hui moins fréquent qu'autrefois en l'en adopte de préférence des dispositifs qui permettent à l'essieu d'avancer, non seulement de prendre un déplacement latéral, mais encore de prendre par rapport aux essieux de la machine, une position convergente; c'est le principe du train articulé de bissel dont nous avons parlé dans le chapitre consacré au matériel roulant.

On a attribué aux appareils bissel placés à l'avant des machines la cause de déraillements, ce qui fait qu'en Europe on tend de plus en plus à généraliser à l'avant des machines l'emploi des bogies.

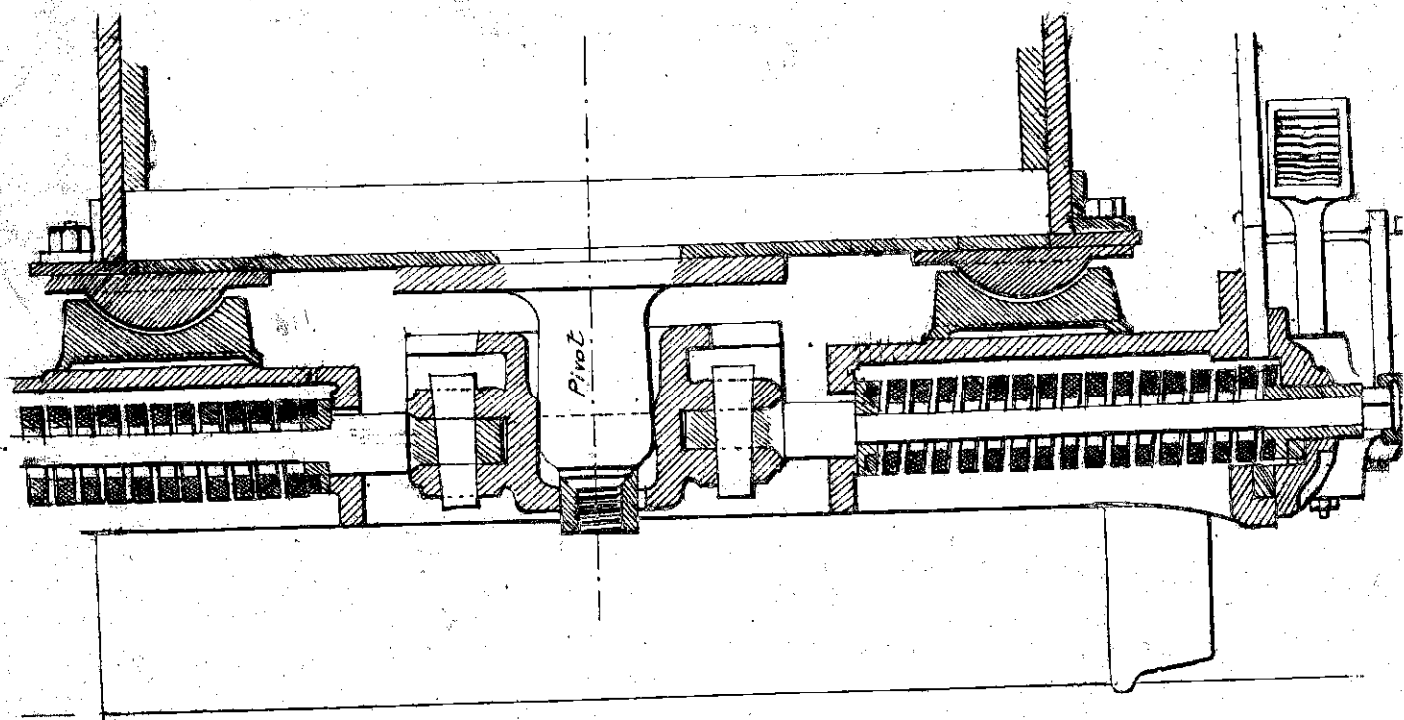
Dans les wagons en voitures à 2 bogies, il suffit que les 2 bogies



restent l'un en l'autre sur la ligne médiane de la voie, mais il n'en est pas de même pour les locomotives, dont l'arrière est porté sur un train rigide à deux ou trois essieux de sorte qu'à l'avant, le plan médian de la locomotive s'écarte de la ligne médiane de la voie. Il faut donc, pour obtenir la flexibilité désirée dans le sens transversal, non seulement que le bogie tourne autour de son pivot, mais encore que le pivot puisse se déplacer transversalement en se maintenant autant que possible sur la ligne médiane de la voie.

Pour tout bogie ayant un déplacement latéral, il est nécessaire de prévoir un dispositif de rappel qui ramène le bogie à sa position moyenne dès que l'on revient en alignement droit.

En Amérique, on emploie beaucoup le bogie à suspension par bielles inclinées ou minottes ; le pivot sur lequel repose le poids de l'avant de la machine est suspendu par ces petites bielles inclinées à des traverses appartenant au châssis du bogie. Cette suspension par



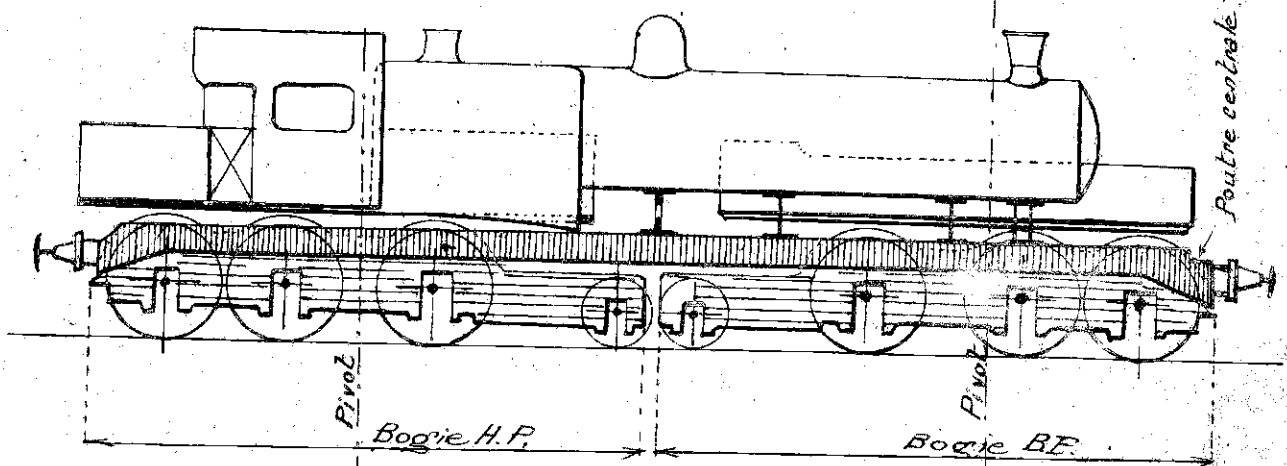
bielles permettent les déplacements transversaux, en le système a tendance à revenir toujours dans la position moyenne.

En France, le rappel du bogie est généralement obtenu par des ressorts horizontaux pressant fortement contre la pièce porte-pivot.

La locomotive peut reposer sur le bogie, soit par une pièce sphérique, soit par une sorte de plateau annulaire : ces dispositions varient d'ailleurs suivant les Compagnies en suivant le poids que doit supporter le bogie.

Le bogie a l'inconvénient de limiter le poids adhérent de la machine, puisque tout le poids de la machine qui porte sur le bogie ne peut être utilisé pour l'adhérence. On a cherché cependant des dispositifs permettant de rendre adhérents les essieux des bogies.

La disposition la plus heureuse et la plus complète qui ait été adoptée dans ce sens est celle des machines à deux bogies moteurs, mises en service depuis peu de temps sur la Compagnie du Nord. Dans cette machine, toute la chaudière repose sur une poutre

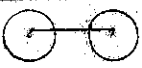
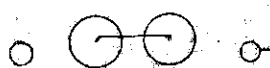
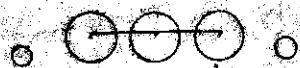


unique dirigée suivant l'axe de la voie en reposant sur les pivots de deux bogies. Avec cette disposition qui est toujours appliquée pour les wagons à deux trains, les bogies n'ont pas besoin de se déplacer latéralement puisque les pivots restent toujours dans l'axe de la voie; chaque bogie comporte trois essieux moteurs en un essieu porteur en s'inscrivant dans les courbes dans des conditions analogues à celles d'une machine à 4 essieux; la machine peut passer dans des courbes de 90 mètres de rayon.

On a résolu ainsi le problème de construire une machine de très grandes dimensions ayant un poids adhérent considérable (88 tonnes 900), mais ce poids se trouve réparti sur six essieux, de sorte que le poids adhérent par essieu ne dépasse pas le maximum 16 tonnes (charge maxima admise jusqu'à sur le Nord).

La difficulté du problème consistait à établir la liaison nécessaire entre la chaudière portée sur la pontre fixe et les cylindres portés sur les bogies ; les bogies étant articulés par rapport à la pontre, il fallait nécessairement que les tuyaux amenant la vapeur de la chaudière aux cylindres ou des cylindres à l'échappement fussent articulés. On a trouvé, pour répondre à ce problème, des solutions très heureuses, et ces machines fonctionnent sur le Nord depuis quel que temps déjà et donnent les résultats les plus satisfaisants. Elles ont remorqué avec facilité des trains de marchandises de 1000 tonnes sur des profils très accidentés.

Pour terminer l'étude du véhicule, il peut être intéressant de donner ici la notation employée par les Américains pour désigner d'un seul mot leurs types usuels de locomotives : celles-ci se distinguent principalement par les caractéristiques du véhicule. Ces termes, en particulier ceux d'Atlantic, Pacific, Decapod, Consolidation en Allemagne sont maintenant communément utilisés en France en Europe.

Notation	Disposition des roues	Observations
Americaain.....		2 essieux accouplés, bogie à l'avant.
X Atlantic.....		2 essieux accouplés, bogie à l'avant, essieu porteur à l'arrière.
Mogul.....		3 essieux accouplés, essieu porteur à l'avant.
Prairie.....		3 essieux accouplés, essieu porteur à l'avant en à l'arrière.
Ten Wheel.....		3 essieux accouplés bogie à l'avant.

Notation	Disposition des roues	Observations
x Pacific.....		{ 3 essieux accouplés bogie à l'avant essieu porteur à l'arrière
x Consolidation.....		{ 4 essieux accouplés essieu porteur à l'avant
Mikado.....		{ 4 essieux accouplés essieu porteur à l'avant et à l'arrière
Mastodon.....		{ 4 essieux accouplés bogie à l'avant
x Decapod.....		{ 5 essieux accouplés essieu porteur à l'avant
Santa-Fé.....		{ 5 essieux accouplés essieu porteur à l'avant et à l'arrière
x Mallet.....		{ 2 groupes de 3 essieux accouplés (*)

x (*) à ne pas confondre avec le type Standard à 2 bogies moteurs qui a en plus 2 essieux porteurs :



Mécanisme



Tous les éléments constituant la machine à vapeur ont été décrits dans le cours des machines. Nous nous contenterons donc, tout en rappelant, au besoin, quelques principes, de signaler les dispositions adoptées le plus souvent pour les machines locomotives.

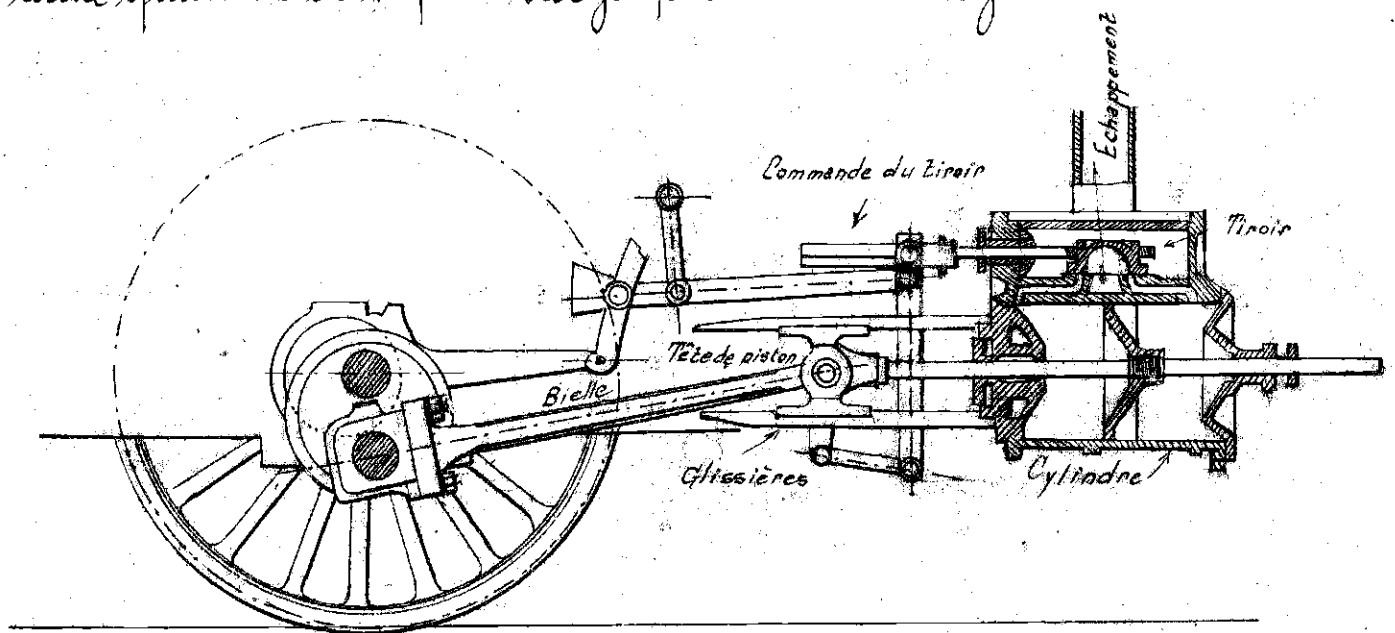
La locomotive comporte, en général, deux machines distinctes :

l'une attaquant les roues côté droit, l'autre les roues côté gauche.

Dans la très grande majorité des locomotives, la distribution est faite par tiroirs. C'est le cas que nous supposons dans l'étude qui va suivre.

Lorsque le régulateur est ouvert, la vapeur produite par la chaudière passe dans les tuyaux d'admission, et pénètre dans les boîtes à vapeur des cylindres.

Le tiroir en se déplaçant sur la table des lumières met en communication le cylindre avec la boîte à vapeur; la vapeur admise, par exemple, dans la partie arrière du cylindre, chasse le piston vers l'avant, mais quand ce dernier a parcouru une partie de sa course, le tiroir ferme la lumière d'admission en emprisonnant, dans le cylindre, un certain volume de vapeur qui se détend en continuant à pousser le piston. Quand ce dernier est arrivé à peu près au fond du cylindre, la vapeur qui vient d'agir sur lui s'échappe dans l'atmosphère, par l'échappement, tandis que, en raison du mouvement du tiroir une certaine quantité de vapeur vierge pénètre dans le cylindre sur la



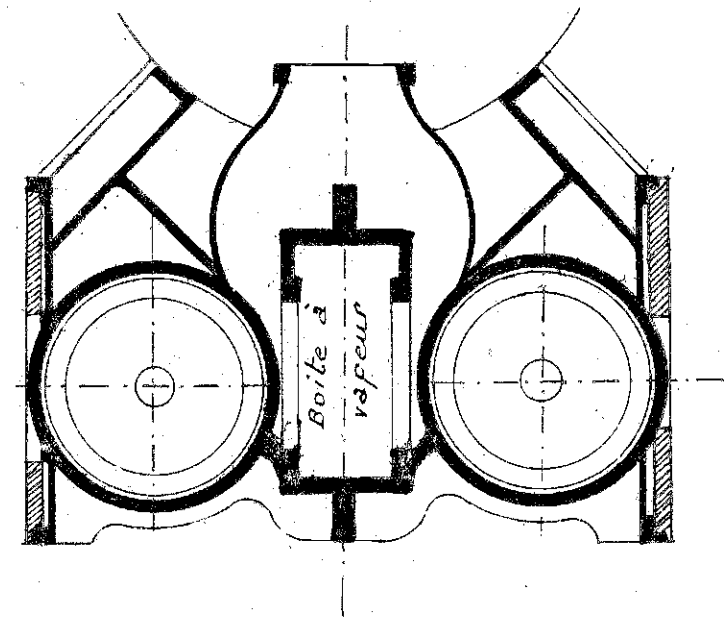
face opposée du piston pour le pousser vers l'arrière pendant la seconde moitié du tour de roue.

Le piston est muni d'une tige en acier qui sort du cylindre à travers une garniture ne laissant pas fuir la vapeur. Cette tige se meut en ligne droite comme le cylindre, en son mouvement se transmet à la bielle matrice reliée d'autre part aux boutons-tourillon de manivelle. Le mouvement se communique ainsi de la tige du piston à l'essieu moteur en ensuite aux essieux accouplés par l'intermédiaire des bielles d'accouplement.

Cylindres. — Les cylindres sont en fonte en formant généralement une seule pièce avec leur boîte à vapeur; ils sont fermés à l'avant et à l'arrière par un plateau également en fonte. Le plateau arrière est disposé de façon à laisser passer dans son centre la tige du piston dans une garniture étanche en chancre ou plus souvent une garniture métallique. Le plateau d'avant est quelquefois également percé d'une ouverture pour laisser passer une contre-tige afin de soutenir davantage le piston et de diminuer l'usure que

produit le frottement de ce dernier sur la partie inférieure du cylindre.

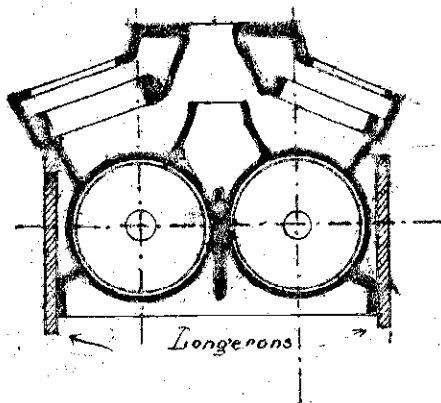
Les cylindres sont intérieurs ou extérieurs aux longerons. Quand ils sont intérieurs, ils sont, en général accouplés l'un à l'autre et les boîtes à vapeur sont verticales; le plus souvent les deux cy-



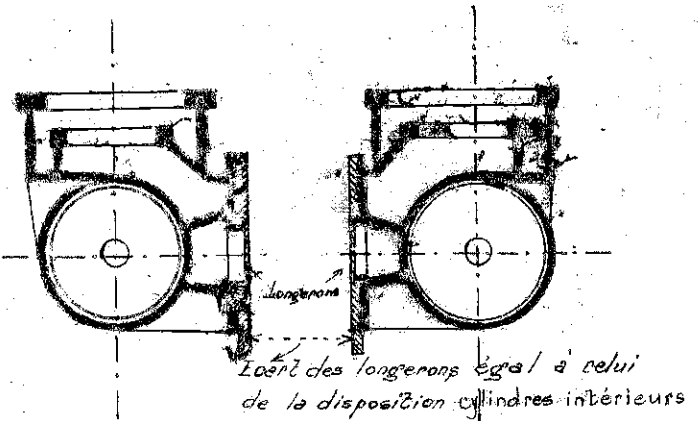
lindres n'ont qu'une seule boîte à vapeur dans laquelle se meuvent

les deux tiroirs. Le diamètre des cylindres intérieurs est limité par l'écartement des longerons ; souvent les tables de tiroirs sont verticales et les deux tiroirs se meuvent dans la boîte à vapeur comprise entre les deux cylindres. On peut, pour obtenir un diamètre plus grand des cylindres, mettre les boîtes horizontales au-dessus des cylindres ou encore inclinées à 45° . S'inconséquent des cylindres intérieurs est d'obliger à avoir des essieux moteurs condés.

Cylindres intérieurs



Cylindres extérieurs



Lorsque les cylindres sont extérieurs la boîte à vapeur est généralement au-dessus du cylindre et disposée de manière que la table du tiroir soit horizontale ou encore inclinée à 45° environ.

Quelquefois, tout en laissant le cylindre à l'extérieur, on met la boîte à l'intérieur des longerons.

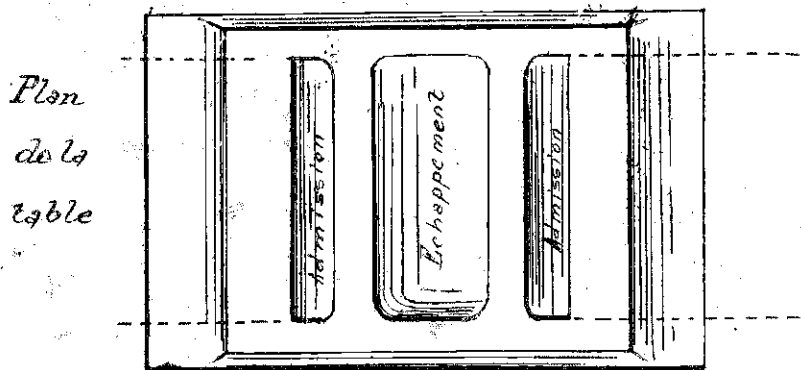
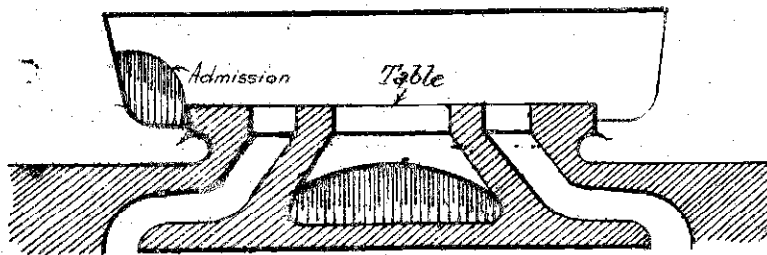
Dans l'étude de la disposition des tiroirs par rapport aux cylindres, il ne faut pas perdre de vue qu'il est très intéressant de pouvoir visiter aisément les tiroirs et les tables.

Pour plus de simplicité dans les explications qui vont suivre, nous supposons le cylindre horizontal et la table du tiroir au-dessus du cylindre également horizontale.

Pistons. — Le piston doit glisser librement dans le cylindre, mais sans laisser fuir la vapeur ; on les garnit donc de segments, en

général deux, quelquefois trois. L'usure et la rupture des segments sont une cause fréquente de mauvais fonctionnement des machines. On s'en aperçoit aisément par un dérèglement de l'échappement et l'on doit faire de fréquentes visites pour remplacer les segments usés.

Le tiroir présente une face plane de forme rectangulaire glissant sur une table qui fait partie du cylindre. La table présente trois lumières rectangulaires qui sont les débouchés de trois conduits; les deux lumières latérales correspondent aux conduites aboutissant aux extrémités du cylindre; la lumière ^{du milieu} communique avec l'extérieur par l'échappement.



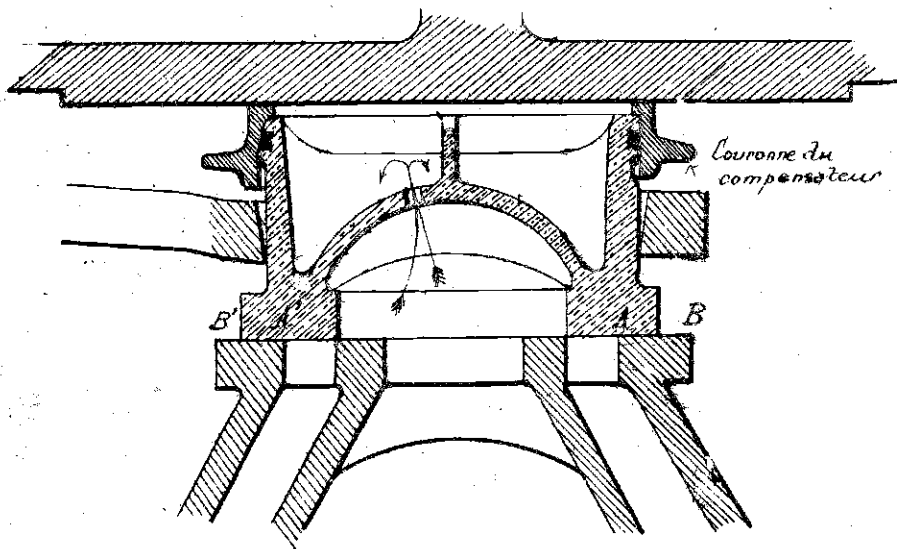
Le tiroir est animé d'un mouvement de va et vient dans le sens perpendiculaire à la direction des lumières. Il est facile de voir qu'en écartant le tiroir de sa position moyenne, on peut mettre en communication alternativement l'avant ou l'arrière du cylindre, soit avec la

boîte à vapeur, c'est-à-dire avec la chaudière, soit avec l'échappement.

Dans sa position moyenne, le tiroir couvre les deux lumières d'admission, en dépassant de part et d'autre d'une certaine longueur $AB, A'B'$ qu'on appelle le recouvrement extérieur. Si dans la même position, les bords intérieurs du tiroir dépassent

les bords intérieurs de la lumière, il y a recouvrement intérieur, mais, dans bien des cas, ce recouvrement intérieur est nul ou même négatif.

Dans les locomotives, les tiroirs qu'on avait primitivement faits en fonte se font maintenant presque uniquement en bronze; toutefois, pour rendre le frottement plus doux, la surface de frottement est souvent garnie de barrettes ou de macarons en métal blanc; il est d'ailleurs préférable que ce soit le tiroir en bronze qui s'use plutôt que la table de tiroir qui est en fonte, car le tiroir est facile à remplacer, tandis que la table faisant corps avec le cylindre serait d'un remplacement plus onéreux.



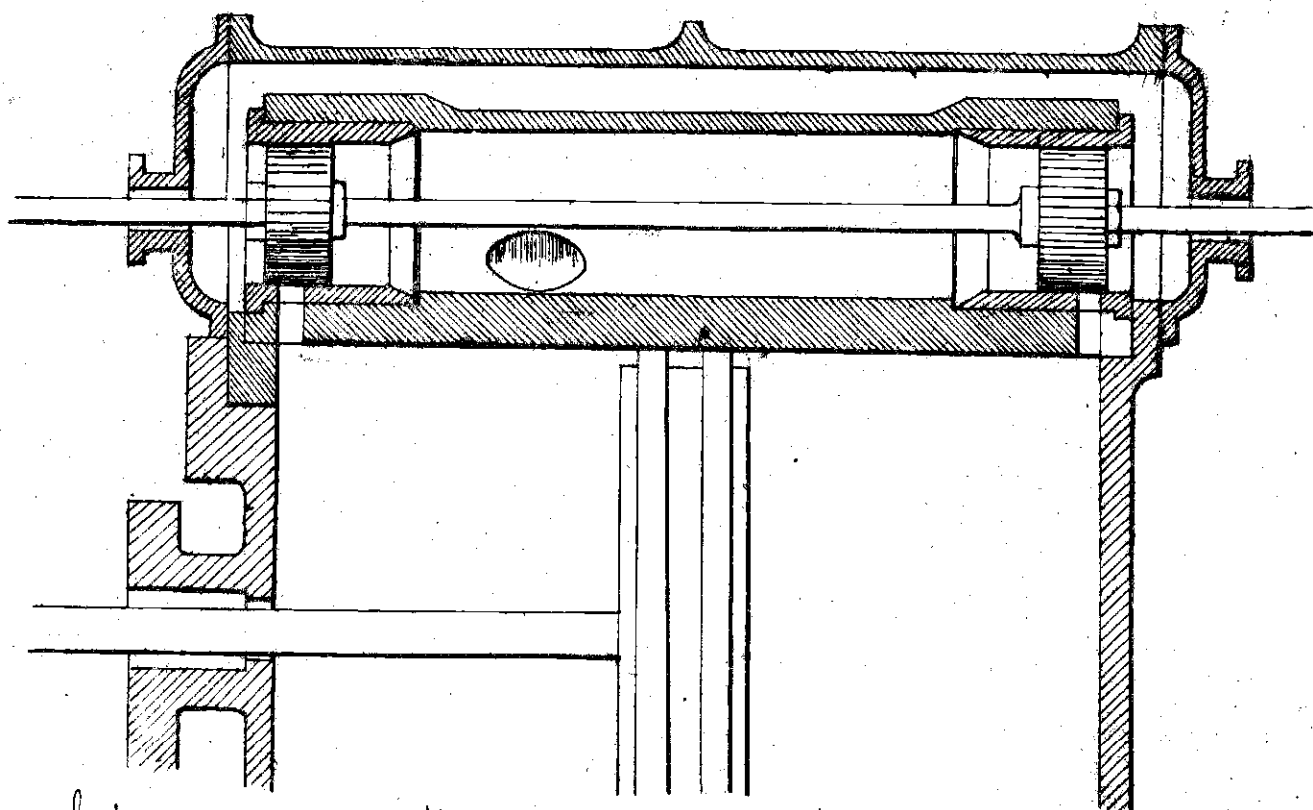
Pour diminuer la pression qui agit sur les tiroirs et, par suite, pour diminuer la rapidité d'usure, on peut avoir recours à des compensateurs. On appelle ainsi un appareil

monté sur le dessus du tiroir, pourvu d'une garniture étanche en frottant sur une autre glace parallèle à celle des lumières, qui n'est autre que la face intérieure du plateau fermant la boîte à vapeur.

Le compensateur supprime l'effet de la pression de la vapeur sur une portion déterminée de la surface du tiroir.

On peut citer, comme cas particuliers de tiroirs équilibrés, les tiroirs cylindriques qui sont employés sur quelques types de

locomotives, en particulier sur l'État Français. Un tiroir cylindrique est composé simplement de deux pistons de même diamètre



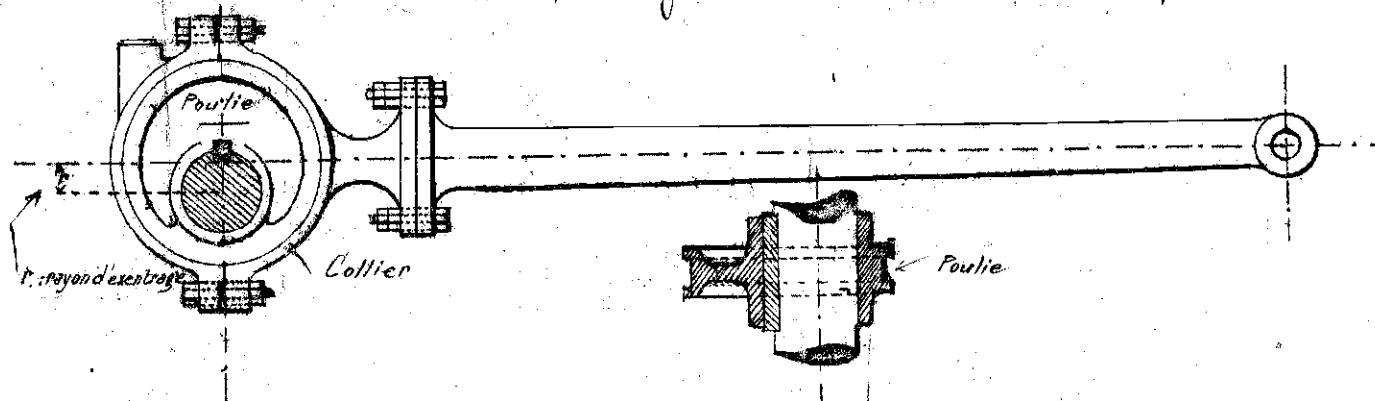
fixés sur une même tige en se mouvant dans un petit cylindre parallèle au cylindre à vapeur en constituant la boîte à tiroir. L'intérieur de ce petit cylindre est formé d'une chemise en fonte dure que l'on remplace facilement après usure ; son usure est d'ailleurs beaucoup moins rapide que celle des tables des tiroirs plans.

Sans être obligé de donner aux cylindres des tiroirs un grand diamètre, on arrive facilement à avoir des ouvertures dont le développement est plus long que celui des lumières des tiroirs plans, on réduit donc, à la fois, les pertes par frottement et les pertes dues au laminage de la vapeur.

Distribution. — Revenons au cas de la distribution par tiroirs plans, en supposons le cylindre horizontal et la table du tiroir également horizontale. Le piston est animé d'un mou-

vement de va en vien, donne l'amplitude en égale à peu près à la longueur du cylindre, en à deux fois la longueur de la manivelle motrice. Le tiroir est également animé d'un mouvement de va en vien dans le même sens que le piston, mais l'amplitude de ce mouvement est beaucoup plus faible que celle du mouvement du piston. Le mouvement du tiroir ne suit d'ailleurs pas celui du piston en son, au contraire, réglé de façon que le tiroir soit sensiblement au milieu de sa course, lorsque le piston est à fond de course, en réciproquement.

La commande du tiroir peut être faite par une manivelle, mais, en réalité, elle est presque toujours faite par un ~~excentrique~~ ~~excentrique~~.



L'~~excentrique~~ n'est pas, en principe, un mécanisme différent de la manivelle; il ne s'en distingue que par le mode de construction qui ne modifie nullement la loi du mouvement. L'~~excentrique~~ n'est autre chose qu'une manivelle ordinaire, dont le tourillon est grossi jusqu'à venir enfermer l'essieu; alors on monte ce bouton de manivelle grossi sur le corps de l'essieu, sans être obligé de le cauder. Cela forme une sorte de disque appelé 'poulie d'~~excentrique~~ que' qui est entraînée par le mouvement de l'essieu, en donne le centre décrit, autour de l'axe de l'essieu une circonférence; le rayon r de cette circonférence est appelé rayon d'~~excentrage~~.

La poulie d'~~excentrique~~ est entourée d'un collier qui glisse sur

elle en auquel est fixée la barre d'excentrique ; l'autre extrémité de cette barre est reliée à l'extrémité de la tige de tiroir qui est guidée en ligne droite et donne elle commande le mouvement.

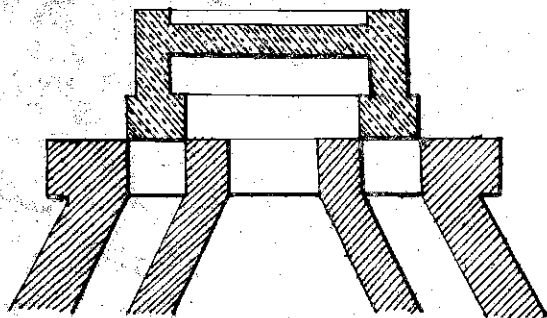
L'amplitude du mouvement rectiligne du tiroir est égal à 2 r.

Si la machine devait toujours tourner dans le même sens, un seul excentrique suffirait pour chaque tiroir, mais nous irons plus loin que, pour permettre à la machine de marcher dans les deux sens, on établit, pour chaque tiroir, deux excentriques dont l'un fonctionne pour la marche avant, et l'autre pour la marche arrière.

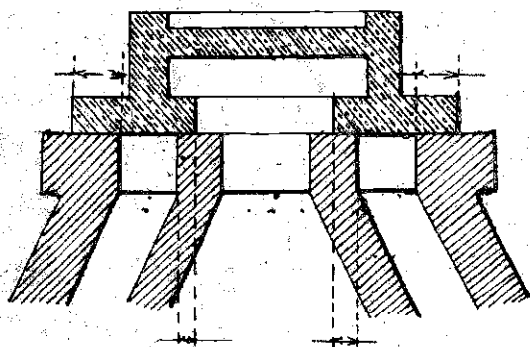
Dans entrer dans le détail de l'étude de la distribution, nous en rappellerons les différentes phases, qu'il est facile de suivre en examinant, à chaque instant, la position relative du piston et du tiroir en les communications qui sont établies, pour chacune de ces positions, entre la partie avant et la partie arrière du cylindre d'une part, et l'admission et l'échappement, d'autre part. Supposons, tout d'abord, un tiroir ne présentant aucun recouvrement ; les pattes du tiroir ayant exactement la largeur des lumières d'admission. Dans sa position moyenne, le tiroir fermerait exactement ces lumières, mais, dès que ce tiroir serait écarté, soit vers l'avant, soit vers l'arrière, de sa position moyenne, il ouvrirait les deux lumières d'admission, pour mettre en communication l'une d'elles avec la boîte à vapeur, et l'autre avec l'échappement ; ce serait le cas d'une distribution sans détente. Dans ce cas, la position moyenne du tiroir devrait correspondre exactement à la position du fond de course du piston, soit à l'avant, soit à l'arrière ; la manivelle commandant le tiroir devrait être montée exactement à 90° sur la manivelle motrice.

Avec un tiroir de ce type, nous voyons que la partie arrière du cylindre est, dès que le piston quitte le fond de course, en communication avec la boîte à vapeur, il y a admission

Tiroir sans recouvrements



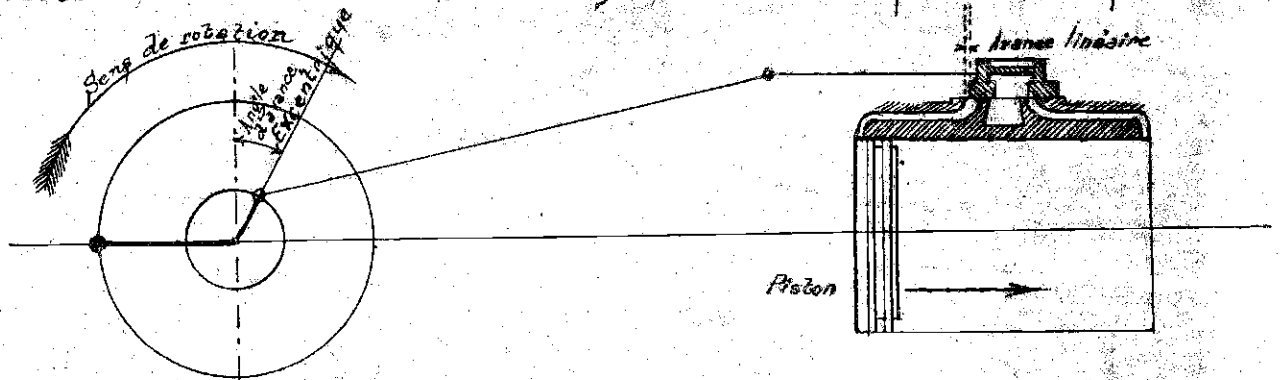
Tiroir avec recouvrements



sion sur la face arrière du piston. L'admission continue jusqu'à ce que le tiroir après avoir fait sa course en avant soit revenu à sa position médiane, mais dès qu'il a dépassé cette position vers l'arrière, l'admission cesse et la partie arrière du cylindre est mise immédiatement en communication avec l'échappement. Nous aurions donc, avec un semblable tiroir, admission pendant toute

la course avant du piston, puis, brusquement, échappement pendant toute la course arrière. Ce serait, pour une locomotive, une marche tout à fait mauvaise et, en pratique, les tiroirs ont toujours des recouvrements, donc l'importance est plus ou moins grande, suivant que l'on veut avoir une période de détente plus ou moins longue. La longueur de la détente est, en effet, fixée par le temps pendant lequel la patte du tiroir ferme complètement la lumière d'admission, c'est-à-dire par le temps qui s'écoule entre le moment où le bord extérieur du tiroir atteint le bord extérieur de la lumière et le moment où le bord intérieur du tiroir découvre le bord intérieur de la lumière pour mettre celle-ci en communication avec l'échappement.

Angle de calage. — Supposons que la manivelle du tiroir soit calée exactement à 90° sur celle du piston ; la position

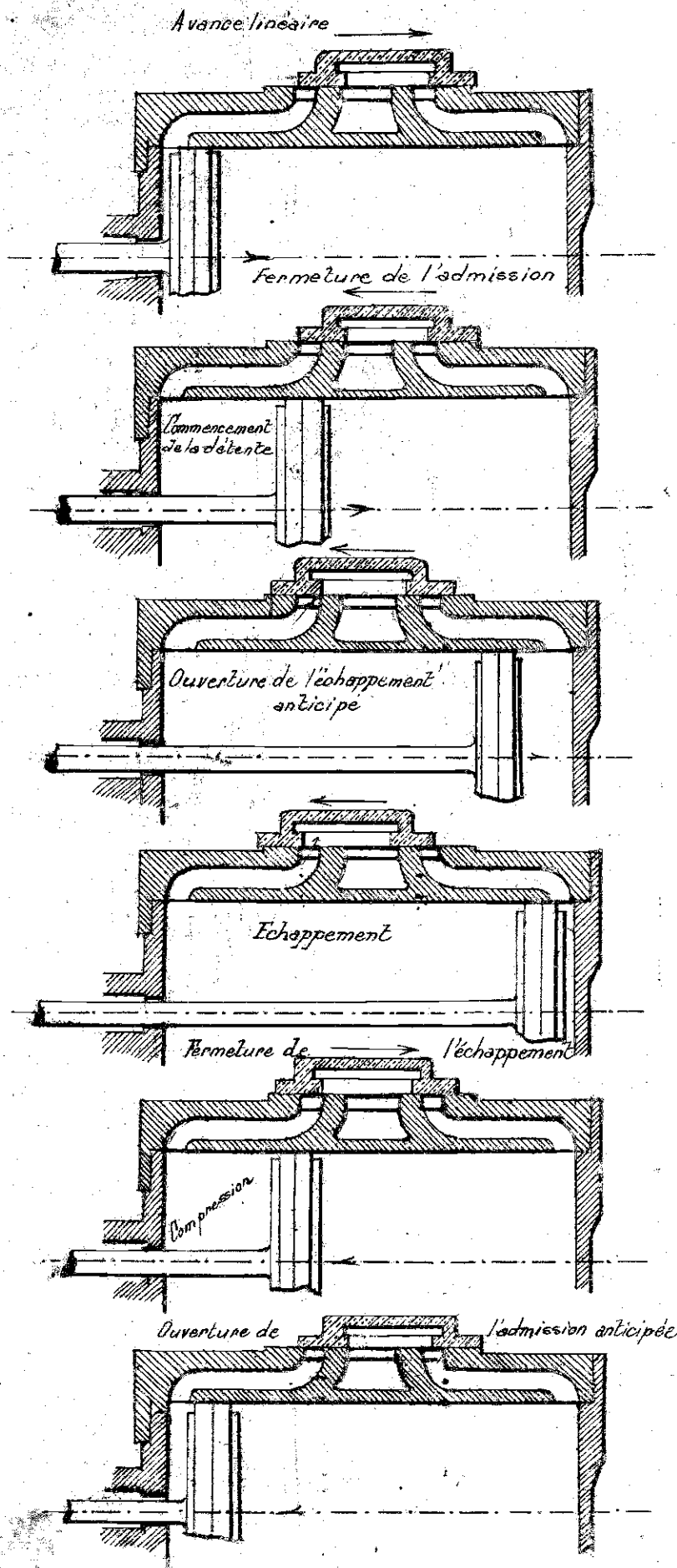


du fond de course du piston correspondrait à la position médiane du tiroir, or, pour que le piston quitte sa position de fond de course en qu'il y ait mouvement de ce piston vers l'avant, il faut qu'il y ait admission par la lumière d'arrière, il faut que l'orifice d'admission d'arrière commence à se démasquer, au plus tard lorsque le piston est à fond de course en que, pour la position de fond de course des pistons, le tiroir occupe, non sa position médiane, mais une position qui soit, sur sa position médiane, en avance d'une longueur égale à celle du recouvrement extérieur.

Pour donner au tiroir cette avance, il faut caler la manivelle de façon qu'elle fasse avec la manivelle du piston un angle supérieur à 90° .

On calcule même pratiquement cet angle de façon qu'à la position du tiroir correspondant au fond de course du piston, l'orifice soit légèrement ouvert pour l'introduction de la vapeur. La quantité dont l'orifice est ouvert à cet instant s'appelle avance linéaire à l'admission.

Supposons que le piston quittant le fond de course arrière, se déplace vers l'avant ; pendant la première période de cette course, le tiroir qui avait déjà, à l'origine, découvert la lumière



de gauche d'une longueur égale à l'avance linéaire à l'admission, continue à avancer en découvrant de plus en plus la lumière d'arrière; le tiroir passe par son point mort avançant, puis revient à l'arrière en ferme la lumière. A ce moment, finit la période d'admission en commence la période de détente; pendant cette seconde période qui dure pendant tout le temps où la patte du tiroir passe sur la lumière arrière, la vapeur, se détendant, pousse le piston, avec une pression, décroissante; à ce moment commence la troisième période, dite période d'échappement anticipée. La lumière d'arrière est mise en communication avec l'échappement

en, cependant le piston continue encore sa marche vers l'avant ; cette période est appelée échappement anticipé parce que cet échappement se produit avant que le piston ait commencé sa marche rétrograde. Il semble donc au premier abord qu'il commence trop tôt.

Lorsque le piston est arrivé à bout de course avant, la partie arrière du cylindre continue à être en communication avec l'échappement. La période d'échappement dure pendant tout le temps où le tiroir continue son mouvement vers l'arrière, dépasse son point mort arrière et venant ensuite en avant, commence à fermer de nouveau la lumière. A ce moment commence la période de compression qui dure pendant tout le temps où la patte du tiroir obstrue la lumière. Pendant cette période, la vapeur enfermée dans la partie arrière du cylindre ne pouvant s'échapper, est comprimée par le piston qui continue à se rapprocher du fond de course arrière. Cette période dure jusqu'au moment où le bord arrière du tiroir atteint le bord extérieur de la lumière. A ce moment, commence l'admission anticipée, c'est-à-dire la période pendant laquelle la partie arrière du cylindre se trouve en communication avec l'admission bien que le piston ne soit pas encore arrivé à son fond de course arrière. Cette admission anticipée correspond à l'avance linéaire dont nous avons parlé tout à l'heure.

En résumé, si on considère un seul côté du piston pour une course aller et retour, la distribution comporte les six phases suivantes :

Aller du piston	{	Admission
		Détente
		Echappement anticipé.

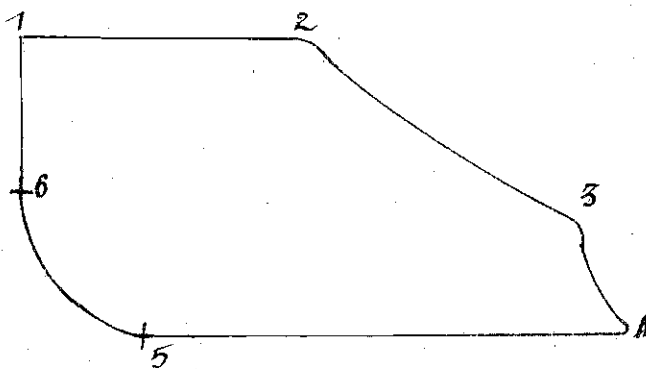
Retour du piston } Échappement
 Compression
 Admission anticipée

Si l'on considère l'autre face du piston, on trouve six phases analogues.

L'échappement anticipé et l'admission anticipée sont l'un et l'autre très utiles. L'échappement anticipé permet d'avoir, au moment où le piston repart de son fond de course, l'ouverture complète de la lumière d'échappement. L'admission anticipée a pour avantage d'exercer sur le piston, avant qu'il arrive à fond de course, une compression qui atténue les chocs, et, par suite, la fatigue du mécanisme.

Pour se rendre compte de la distribution d'une machine, on relève fréquemment des diagrammes à l'aide d'appareils dont la description a d'ailleurs été faite dans le cours des machines. Le diagramme indique la pression, dans l'une des deux parties du cylindre, pendant la course aller et retour du piston.

Quand on veut se rendre compte de la distribution dans un cylindre, on relève deux diagrammes, l'un pour la partie avant, l'autre pour la partie arrière du cylindre.

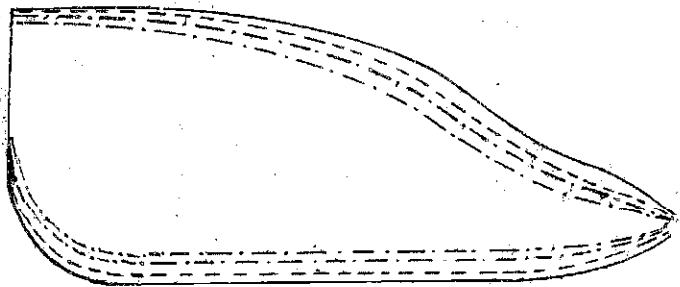


Dans le diagramme figuré ci-contre, la partie 1-2 correspond à l'admission; 2-3 à la détente; 3-4 à l'échappement anticipé; 4-5 à l'échappement;

5-6 à la compression; 6-1 à l'admission anticipée.

À très faible vitesse, la période d'admission correspond à une ligne horizontale, mais dès que la vitesse augmente, le

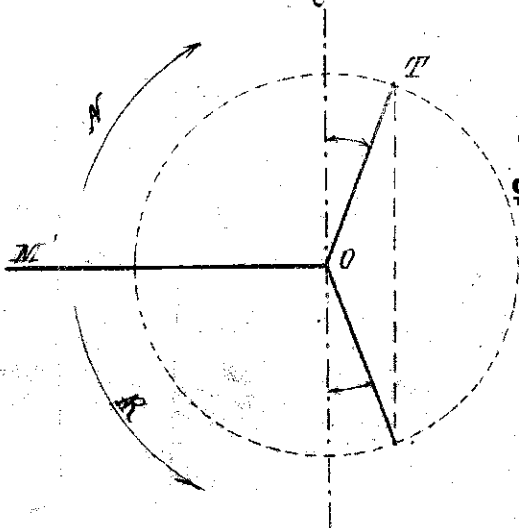
diagramme se trouve déformé par le fait du laminage de la vapeur. Pour que la pression même de la chaudière s'établisse dans le cylindre pendant toute l'admission, il faudrait que les conduits laissant le passage à la vapeur fussent suffisamment ouverts en que la marche du piston fût suffisamment lente. Pratiquement, lorsque le tiroir vient d'ouvrir, on se ferme la lumière, il ne démasque qu'une fente étroite. D'autre part, le piston marche souvent très vite; la vapeur n'entre pas alors dans le cylindre en quantité suffisante pour y prendre la même pression que dans la boîte à tiroir, on dit qu'elle se lamine. De même, au moment où le tiroir ouvre l'échappement, la



vapeur ne peut sortir instantanément du cylindre et la pression ne devient pas tout de suite égale à celle de l'atmosphère.

— Diagrammes à diverses vitesses —

Plus la vitesse augmente, plus le laminage de la vapeur a de l'importance; il en résulte que pour une même distribution, à mesure que la vitesse augmente le diagramme se déforme, sa surface se contracte de plus en plus, le travail par coup de piston se trouve donc réduit. Ci-contre quelques exemples de diagrammes à différentes vitesses.



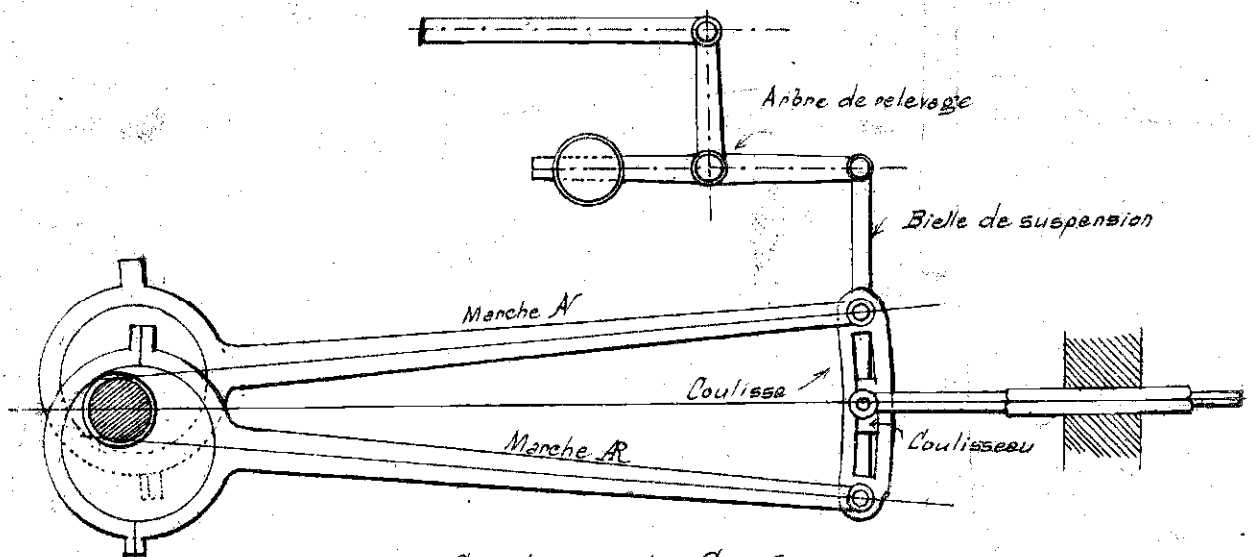
Marche arrière. — Pour avoir une machine tournant en arrière il faut faire caler l'excentrique dans une position symétrique de celle occupée par l'excentrique pour la marche avant.

Si OT représente le rayon d'excentrique

CVISION
TECHNOLOGIES

trique de marche avant, OT' symétrique de OT par rapport à la position de la manivelle OM donnera la direction du rayon d'excentrique de marche arrière.

Supposons que les deux excentriques OT et OT' existent en soient calés sur le même essieu moteur ; si nous pouvons à volonté relier la tige de commande du tiroir à l'un ou l'autre de ces deux excentriques, nous aurons réalisé la condition de pousser marcher soit à l'avant, soit à l'arrière. C'est ce qu'on a obtenu avec la coulisse de Stephenson. Cette coulisse réunit les extrémités



— Coulisse de Stephenson —

des deux barres d'excentrique en le coulisseau articulé sur la tige du tiroir se déplace dans la coulisse et communique son mouvement au tiroir. La coulisse est suspendue en son milieu à une bielle commandée par un arbre de relevage.

Si nous plaçons la coulisse de façon que le coulisseau occupe la partie supérieure de la coulisse, il coïncidera avec l'extrémité de la barre d'excentrique de marche avant et le tiroir sera conduit par cette barre. Si, au contraire, on fait remonter la coulisse de façon à amener le coulisseau à la partie inférieure,

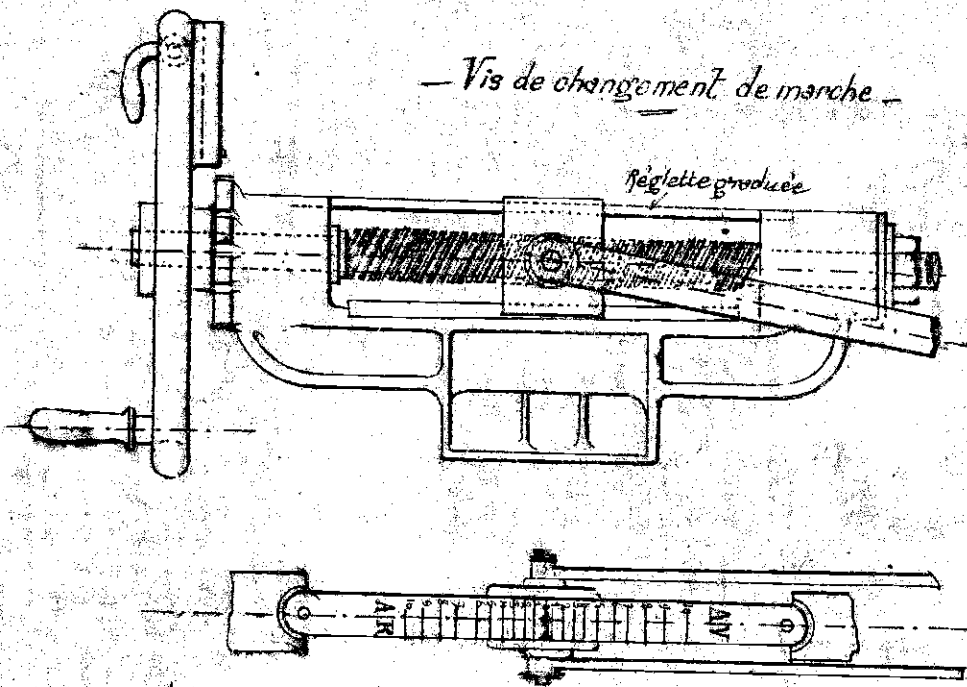
le tiroir sera commandé par la barre d'excentrique arrière.

La coulisse de Stephenson ne peut pas seulement comme appareil de changement de marche ; si au lieu de placer l'arbre de relevage dans les positions extrêmes, on le fixe de façon à arrêter le coulisseau en un point intermédiaire de la coulisse, le tiroir prend un mouvement bien déterminé qui n'est ni celui de l'excentrique marche arrière, ni celui de l'excentrique marche avant, en, pour chacune des positions du coulisseau, le mouvement du tiroir est sensiblement celui que lui donnerait un excentrique intermédiaire d'angle de calage et de rayon déterminés ; c'est ce qu'on appelle l'excentrique fictif du tiroir.

Plus le coulisseau se rapproche du centre de la coulisse, plus le rayon d'excentrique fictif diminue et plus son angle d'avance augmente. Comme conséquence, à mesure que le coulisseau se rapproche du milieu de la coulisse, il donne des distributions dont la période d'admission est plus courte, en donne les périodes d'échappement anticipé et de compression sont plus longues. On réalise ^{ainsi} la condition d'avoir une distribution avec admission variable.

La coulisse de Stephenson donne des avances linéaires variables avec la position du coulisseau dans la coulisse. On s'en rend compte aisément, en mettant la manivelle au point mort en agissant sur le changement de marche pour déplacer la coulisse, on voit le tiroir se déplacer légèrement sur la table en augmentant la petite ouverture de la lumière, on avance linéaire, à mesure que le coulisseau se rapproche du centre de la coulisse.

Le mécanisme qui permet au mécanicien de changer la marche en de fixer l'arbre de relevage dans chacune de ses positions, comprend le plus souvent un volant qui commande une vis de

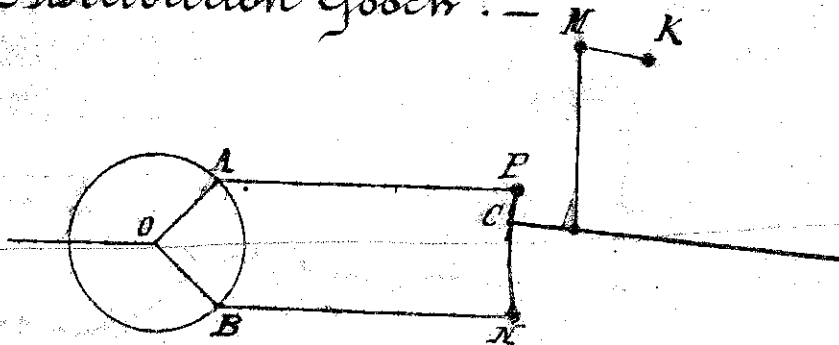


changements de marche sur laquelle se déplace un écrou, un levier s'adapte sur cet écrou et se relie au levier calé sur l'arbre de relevage. L'écrou porte un index qui se déplace sur une règle

graduée donne les indications renseignent le mécanicien sur la position du coulisseau, le sens de la marche et le degré d'admission. Les graduations de la règle sont le plus souvent en centièmes de la course du piston.

On emploie sur les locomotives d'autres systèmes de coulisse que la coulisse Stephenson. On peut citer la coulisse de Gooch, celle d'Allan, et enfin la distribution Walschaerts.

Distribution Gooch. —



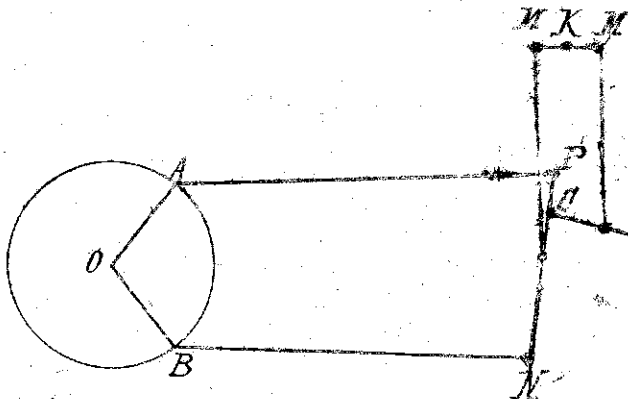
Dans la distribution Gooch, contrairement à ce qui se passe dans la distribution Stephenson, la coulisse est fixe et tourne

sa concavité vers le tiroir. Le coulisseau est mobile et reçoit son mouvement d'une bielle suspendue à l'arbre de relevage. Le rayon de la coulisse est égal à la longueur de la bielle du coulisseau. Il en résulte que lorsque la manivelle motrice est au point mort, le déplacement de la coulisse sur le coulisseau ne modifie pas la

position du tiroir en que l'avance linéaire est la même pour tous les crans de marche. Cette distribution a l'inconvénient de se loger difficilement à l'intérieur des longerons.

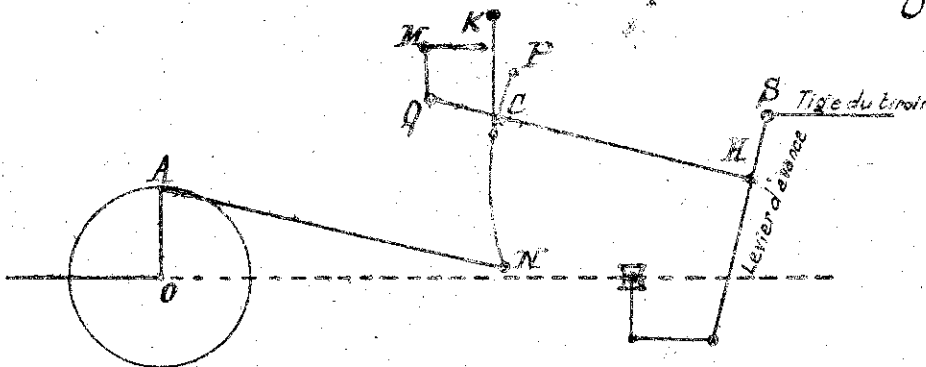
Distribution Allan.

C'est une combinaison de deux distributions Stephenson en Gesch. La coulisse en le coulisseau se déplace simultanément en à l'opposé par rotation autour de l'arbre de relevage K, ce qui permet d'avoir une



coulisse rectiligne de construction plus facile que les précédentes. L'arbre de relevage est à peu près équilibré en l'amplitude de sa rotation est diminuée de moitié. Cette distribution ne peut qu'être se placer qu'à l'extérieur des longerons. Bien qu'elle ne réalise pas complètement la constance des avances, elle permet de s'en approcher cependant plus qu'avec la coulisse Stephenson.

Distribution Walschaert ou Heusinger von Waldegg.



Dans cette distribution, le mouvement du tiroir est obtenu, d'une part par un excentrique calé à 90° en avant ou

en arrière de la manivelle motrice en actionnant une coulisse suspendue par son milieu à un point fixe, d'autre part par un levier appelé levier d'avance, dont l'extrémité inférieure participe au mouvement de la croix du piston. Ce levier d'avance, qui est

lui-même actionné par la coulisse au moyen du levier PH , conduisant le tiroir par son extrémité supérieure S . La bielle du coulisseau est suspendue à l'arbre de relevage K par la bielle MQ . Le changement de marche s'obtient en plaçant le coulisseau sur la moitié inférieure ou supérieure de la coulisse. On obtient des avances constantes à tous les crans de marche en prenant pour rayon de la coulisse la longueur HC . Les avantages de cette distribution sont la simplicité et le faible poids des pièces qui la composent. Elle est évidemment toute indiquée lorsque la boîte à vapeur est placée au-dessous du cylindre. L'excentrique unique de cette distribution peut être remplacé par un bouton de manivelle dans le cas où elle est placée extérieurement.

Distributions spéciales. — Toutes les distributions donnent lieu d'être question, présentent à divers degrés, certains inconvénients : laminage de la vapeur, augmentation des périodes d'échappement anticipé et de compression quand on veut détente davantage la vapeur, frottement important des tiroirs non équilibrés, manque d'étanchéité des tiroirs équilibrés, etc...

Pour atténuer ces inconvénients, on a essayé sur les locomotives les distributions perfectionnées employées dans l'industrie, mais leur emploi ne s'en est pas généralisé à cause de leur assez grande complication. Et l'on a cependant, on a appliqué à certaines machines la distribution Bonnefond qui, comporte pour l'admission deux tiroirs plans séparés en placés à la partie supérieure du cylindre, pour l'échappement un tiroir cylindrique à deux pistons placés à la partie inférieure. Les tiroirs d'admission fonctionnent par un déclat produit au moyen de cliquets venant rencontrer des hélices de déclenchement portées par une tige spéciale dont la rotation fait varier le degré d'admission. La compression est toujours la même pour tous les trains.

de marche : 10 % de la course du piston.

À l'Orléans d'autre part, on a essayé la distribution Ours - Sansonnet qui comporte des distributeurs genre Corliss : deux pour l'admission, deux pour l'échappement. Ils sont actionnés par une coulisse de Gosh à 2 coulisseaux, l'un pour la commande des distributeurs d'admission, l'autre pour celle des distributeurs d'échappement. Enfin, on essaie depuis quelques années la distribution Lenz qui comporte 4 soupapes à double siège placées verticalement dans une même boîte à vapeur : au milieu 2 pour l'admission, aux extrémités 2 pour l'échappement. Ces soupapes sont chargées par des ressorts de rappel en portant des galets roulant sur une tige à cames susceptible d'être conduite par une distribution quelconque à excentriques, mais qui est effectivement conduite par un système spécial dû, aussi, à M. Lenz.

Action du régulateur en du changement de marche.
Ainsi que nous l'avons dit, on peut à l'aide du changement de marche, réduire la période d'admission ; en effet, plus on rapproche le changement de marche du zéro, c'est-à-dire du cran correspondant à la position du coulisseau au centre de la coulisse, plus on diminue la position de parcours du piston pendant laquelle se produit l'admission. Si, par exemple, dans sa position extrême le changement de marche donne une admission de 80 % du parcours du piston, on réduit cette admission à 70, 60, 50, etc... en ramenant le changement vers son point mort ; on peut donc régler cette admission de façon à obtenir un travail déterminé pour chaque coup de piston. Mais la variation de la période d'admission n'est pas la seule conséquence de cette manœuvre, les périodes d'échappement anticipé et de compression augmentent à mesure que la période d'admission diminue. En se reportant au diagramme, on voit que l'accroissement

s'ajoute à la diminution de l'admission pour réduire le travail par coup de piston.

On bien d'agir sur le changement de marche, on peut diminuer le travail de la vapeur par coup de piston en agissant sur le régulateur; si on n'ouvre à la vapeur de la chaudière qu'une étroite issue, on la lamine en la pression dans la boîte à vapeur est plus faible que dans la chaudière. Plus on ferme le régulateur, plus on lamine la vapeur en plus on réduit le travail moteur par coup de piston mais, dans ce cas, on n'agit pas sur l'échappement anticipé ni sur la compression.

Dans quelle mesure doit-on, pour réduire le travail par coup de piston, agir sur le changement de marche ou sur le régulateur? C'est là, affaire d'expérience, en il est difficile de donner une règle théorique. D'une des positions la plus convenable du changement de marche est celle qui donne l'admission pendant 80% de la course. Avec une plus forte admission, la période de détente est trop courte, en la vapeur n'est pas bien utilisée, mais, avec une admission plus faible on fait commencer trop tôt l'échappement anticipé et on produit une trop forte compression. En général, on se servira des deux procédés à la fois, en, en marche normale, on n'ouvrira pas le régulateur tout-à-fait en grand et on réglera le changement de marche de façon à produire une détente suffisante dans les cylindres.

Mise en marche. - La mise en marche d'une locomotive peut présenter, parfois d'assez grandes difficultés.

Si la machine n'a qu'un seul cylindre, il y aurait un grand nombre de positions où elle ne pourrait pas démarrer, soit parce que la manivelle serait voisine du point mort, soit parce que les deux lumières d'admission seraient couvertes par le tiroir. Il est donc indispensable d'avoir deux cylindres

donc les manivelles sont calées à 90° l'une par rapport à l'autre.

Au démarrage, si les deux cylindres reçoivent de la vapeur, les efforts qu'ils produisent s'ajoutent, mais, dans certains cas, un seul cylindre agit. L'effort le plus faible se produit lorsque l'une des manivelles vient de passer la position où le tiroir interrompt l'admission; dans ce cas, un seul cylindre est moteur et sa manivelle n'est pas encore bien éloignée du point mort. Il arrive alors que la machine ne puisse pas démarrer; on change le sens de la marche et, presque toujours, les conditions sont meilleures pour la marche arrière; on fait donc faire à la machine un léger mouvement à l'arrière et on se trouve ensuite dans de meilleures conditions pour démarrer en avant. Quoiqu'il en soit, pour que le démarrage ait le plus de chance de se produire, il y a intérêt à remettre dans le cas de l'admission la plus longue possible et, par conséquent, à démarrer avec le changement de marche à fond de course.

Marche à régulateur fermé. — Lorsqu'on ferme le régulateur, la machine continue à avancer, et si on se trouve, par exemple, sur une pente, on peut marcher longtemps. Le mouvement du piston et du tiroir se fait dans les mêmes conditions que si on admettait de la vapeur. Mais le mouvement du piston aspire les gaz qui se trouvent dans la boîte à vapeur et tend à les rejeter dans l'échappement; il y a alors tendance à soulèvement du tiroir et le résultat est de faire passer, dans le cylindre, des gaz pris par l'échappement dans la boîte à fumée.

Pendant la période correspondant à la détente, ces gaz se dilatent par suite de l'accroissement du volume; au contraire, pendant la période de compression, ils s'échauffent, et dans ce cas, ils brûlent les matières de graissage, et risquent de déte-

riser le cylindre. D'autre part, leur compression produit une résistance qui tend à arrêter la machine. Pour toutes ces raisons, il y a tout intérêt, en marche à régulateur fermé, à mettre le changement de marche à bon de course, de façon à réduire le plus possible la période de détente en celle de compression.

Machines Compound. - En raison de l'augmentation de la charge des trains, en du désir d'obtenir toujours plus de vitesse, on a été amené pour avoir des machines plus puissantes à en élever progressivement le timbre. Mais, dès que le timbre dépasse 10 kilos, il semble qu'on ait avantage à utiliser des machines à double expansion, c'est-à-dire à faire agir en détente la vapeur successivement dans deux cylindres. La disposition la plus employée est celle de la machine Compound.

La vapeur venant de la chaudière est admise directement dans le cylindre à haute pression ou petit cylindre ; elle se détend, mais en s'échappant de ce cylindre, au lieu de passer directement dans l'atmosphère, elle passe dans un réservoir intermédiaire. C'est dans ce réservoir intermédiaire que le second cylindre, dit cylindre à basse pression ou encore grand cylindre, prend sa vapeur ; cette vapeur se détend à nouveau dans ce cylindre pour être rejetée enfin au dehors par l'échappement.

Les deux parties de la machine Compound, envisagées séparément, ne diffèrent ni l'une ni l'autre d'une machine à un seul cylindre, mais c'est la même vapeur qui les traverse successivement, c'est-à-dire que pendant le même temps (celui d'un tour de roue), elles reçoivent chacune le même poids de vapeur.

La pression de vapeur dans le réservoir intermédiaire doit toujours être un peu plus petite que dans le petit cylindre en un peu plus forte que dans le grand cylindre, puisqu'il doit y avoir écoulement du petit cylindre dans le réservoir en du

réserve dans le grand cylindre ; c'est cette condition qui doit régler la durée de l'admission dans le grand cylindre.

Si l'on néglige la condensation qui se produit à l'admission au grand et au petit cylindre, en d'autres termes les effets se compensent à peu près, on arrive à cette conclusion que le volume offert à l'admission, dans le grand cylindre, doit être sensiblement le volume du petit cylindre. Une fois admise dans le grand cylindre, la vapeur doit ensuite s'y détendre de manière à doubler au moins le volume d'admission, ce qui conduira finalement à donner au grand cylindre un volume égal à deux fois ou deux fois en demi celui du petit.

Si l'on voulait trop augmenter la période d'admission dans le grand cylindre, on abaisserait la pression dans le réservoir intermédiaire ; on diminuerait le travail de la vapeur sur le grand piston en malgré l'augmentation de travail qui en résulterait pour le petit piston, le travail total se trouverait réduit.

On peut se demander quels sont les avantages que présente le système Compound sur le système à simple expansion.

Supposons une machine ayant pour cylindre unique, le cylindre à basse pression d'une Compound. Si on introduit dans ce cylindre le même volume de vapeur pris à la chaudière, on trouvera, au moment de l'échappement, la vapeur aussi détendue dans ce cylindre unique que dans l'ensemble des deux cylindres de la Compound. Par la même détente du même volume de vapeur, on recueillera le même travail ; il semble donc qu'il y ait concordance entre les deux systèmes, en cependant la consommation de vapeur est moindre dans la Compound que dans la machine à simple expansion.

Les machines Compound ont, en effet, plusieurs avantages particuliers :

Pour obtenir dans le cylindre unique une grande détente de la vapeur, il faut augmenter fortement les périodes d'échappement anticipé en de compression en laminant la vapeur à l'admission, par suite de la faible ouverture des lumières. D'autre part, les espaces libres des cylindres doivent être, à chaque course, remplis de vapeur à la pression d'admission. Quand la pression à l'admission est élevée, on dépense ainsi beaucoup de vapeur. Dans la Compound, l'espace libre en relation avec la chaudière est beaucoup plus petit, parce que c'est celui du petit cylindre. Enfin la dépense de vapeur due aux condensations y est beaucoup plus faible que dans les machines à un seul cylindre. L'importance de la condensation est, en effet, fonction de la différence des températures auxquelles est portée la paroi des cylindres pendant la période d'admission et pendant la période d'échappement. Or, dans une Compound, la vapeur à 10 kil. par exemple entre dans le petit cylindre à 183° . Si elle en sort à 3 ou 4 kilos, la température sera, au moment de l'échappement, d'environ 110° , soit une chute de 73° . Dans le grand cylindre, la température subira également une chute de 70° . Si la vapeur passait dans un cylindre unique, les parois de ce cylindre subirait une chute de 183 à 100° .

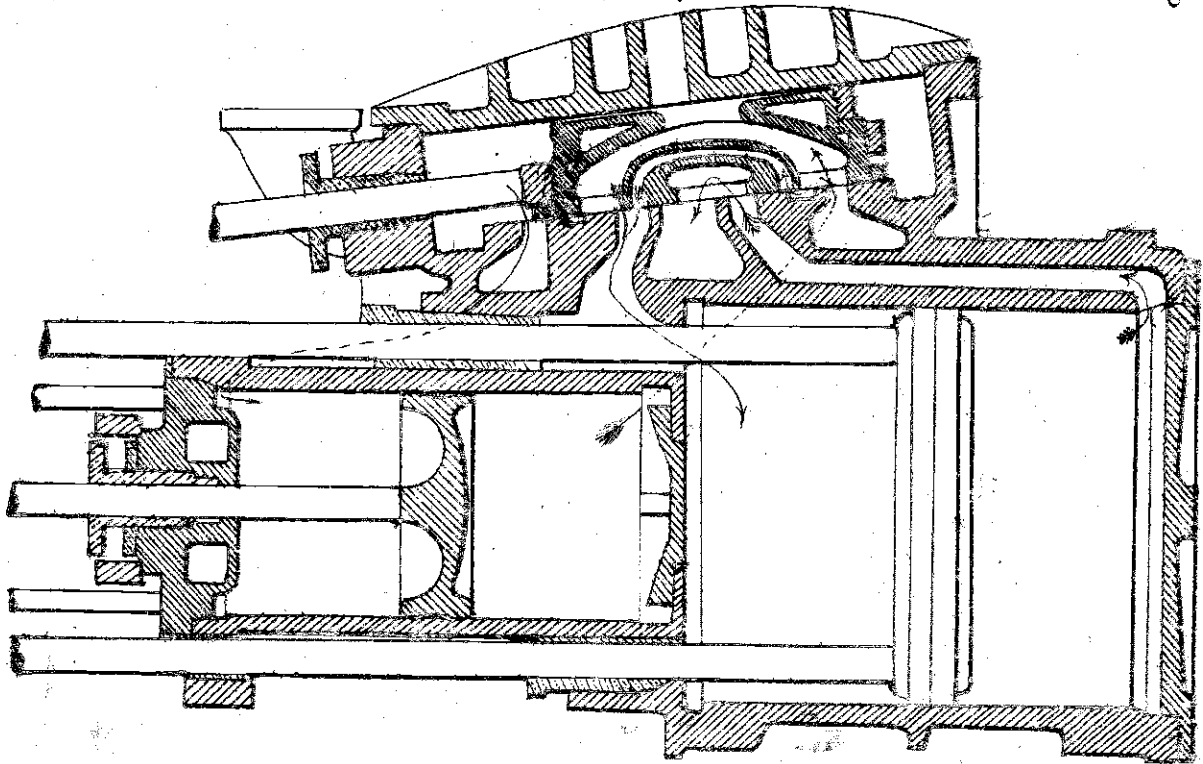
Enfin, dans les Compound, on a le grand avantage d'éviter la fatigue du mécanisme. Les fortes pressions causent un frottement considérable des tiroirs et, par suite, une usure rapide. Or, la pression qui s'exerce sur les tiroirs n'est que la différence entre la pression de la chaudière et celle du réservoir intermédiaire. D'autre part, dans chaque cylindre la détente est moins considérable que dans une machine à un seul cylindre. La variation de la pression, par suite de la force qui pousse le piston, est donc moindre pendant la période d'une

cours ; les pièces de la machine sont moins fatiguées en l'employant en plus régulier.

Différents types de locomotives Compound. - C'est en 1876 que M. Stallen fit construire la première machine Compound ; depuis cette époque, on en a construit un nombre considérable en de types assez différents.

La locomotive Compound peut n'avoir que deux cylindres, le cylindre à basse pression ayant un volume au moins double du cylindre à haute pression ; pour éviter un trop gros cylindre, souvent assez difficile à placer sur la locomotive, on peut diviser en deux le gros cylindre, en avoir une machine à trois cylindres, un cylindre à haute pression en deux cylindres à basse pression s'alimentant au même réservoir intermédiaire. Mais le plus souvent, les machines Compound sont à 4 cylindres formant deux groupes de deux cylindres, l'un à haute pression, l'autre à basse pression, chaque groupe attaquant un côté de la machine.

Une disposition particulière connue sous le nom de système Woolf, consiste à faire, de chaque groupe, d'un petit et d'un grand



cylindres, une pièce unique commandée par un seul tiroir qui fait passer directement la vapeur du petit cylindre dans le grand, les 2 pistons sont commandés par la même tige. C'est le système Compound, mais le réservoir intermédiaire ne se compose que du conduit d'échappement du petit cylindre et de la boîte à vapeur du grand. Les deux cylindres sont généralement placés en tandem, on ne forme qu'une seule pièce avec une seule grande boîte à vapeur dans laquelle se déplace le tiroir unique.

L'inconvénient de ce système est, d'une part, le poids considérable du groupe de deux cylindres, et, d'autre part, les dimensions forcément restreintes du réservoir intermédiaire.

La disposition la plus employée consiste à avoir 4 cylindres avec distribution indépendante; souvent on place à l'intérieur des longerons les deux cylindres haute pression et à l'extérieur, les deux cylindres basse pression. Le plus souvent, les deux cylindres à haute pression attaquent un essieu moteur et les deux cylindres basse pression attaquent un second essieu moteur; ces deux essieux moteurs sont reliés entre eux par des bielles d'accouplement. Dans presque toutes ces machines, on a conservé la distribution par tiroir avec coulisse Stephenson ou la distribution Walschaerts. L'admission dans le cylindre haute pression ne descend guère au-dessous de 30% et dans le cylindre basse pression au-dessous de 45 à 50%.

Malgré ces admissions assez fortes auxquelles correspondent des périodes de compression assez courtes, la compression est souvent forte dans les cylindres à haute pression, puisque c'est la vapeur du réservoir intermédiaire qui est comprimée dans le petit cylindre; de plus, comme ces machines marchent à grande vitesse, les laminages de vapeur augmentent encore les compressions.

Pour les diminuer, on emploie souvent des tiroirs avec recouvrement intérieur négatif.

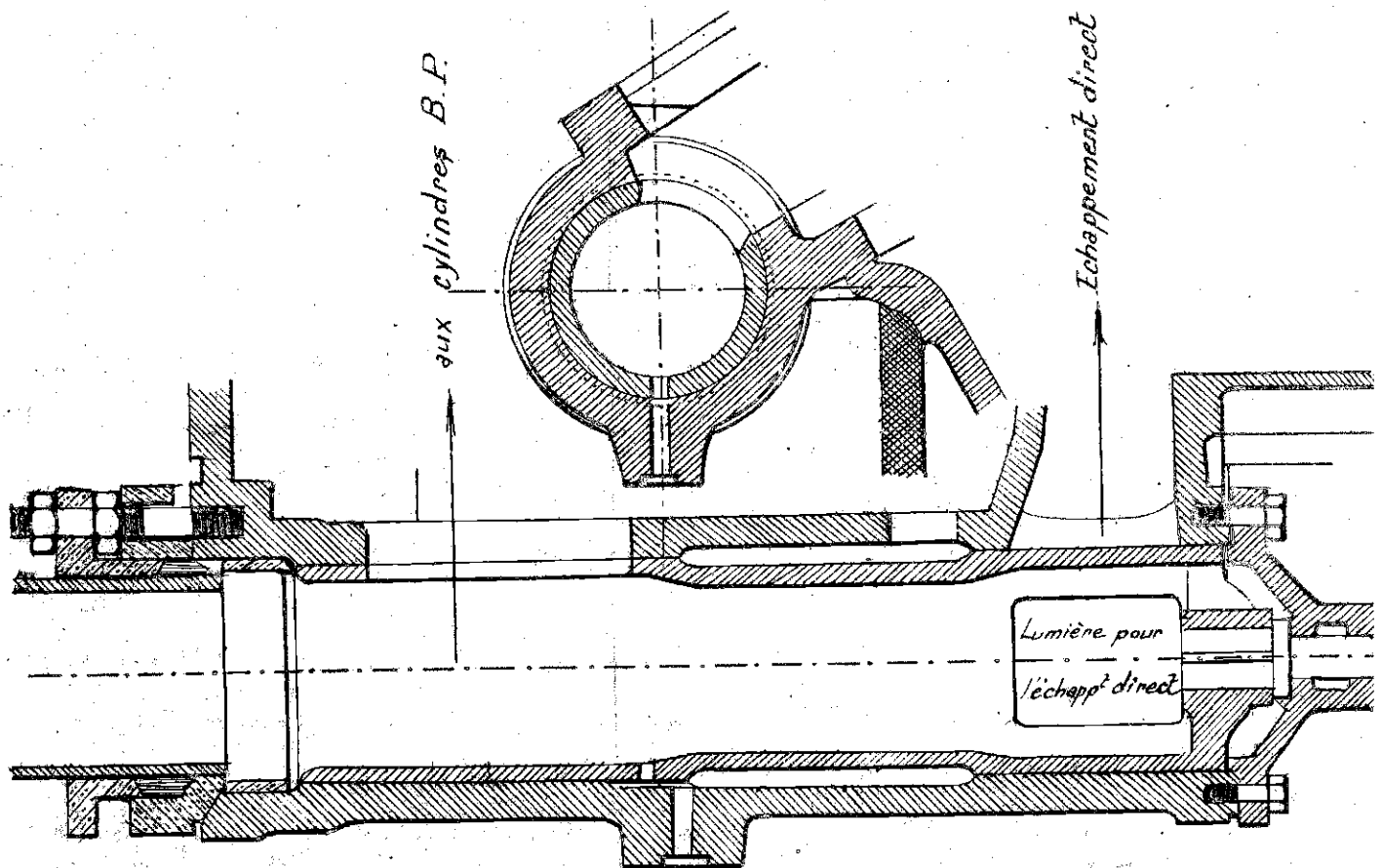
En principe, les distributions des cylindres à haute en à basse pression d'une locomotive Compound doivent être commandées par des mécanismes de relevage différents. En effet, l'admission ne doit guère varier dans les cylindres à basse pression, on doit seulement pouvoir l'augmenter un peu aux grandes vitesses pour compenser l'effet des laminages. Au contraire, aux cylindres haute pression, il y a intérêt à faire varier souvent la durée de la période d'admission, suivant le travail que l'on veut obtenir. Il faut donc que les deux relevages puissent être manœuvrés indépendamment en, d'autre part, il peut être intéressant, pour changer rapidement de marche, de les manœuvrer simultanément dans certains cas. On a donc cherché des appareils combinant les mécanismes de manière à permettre à volonté la manœuvre simultanée ou la manœuvre indépendante.

L'application du système Compound amène à employer certaines dispositions spéciales pour le démarrage. Cette mesure est indispensable pour les Compound à deux cylindres, car si la machine se trouve dans une mauvaise position, en ce qui concerne le cylindre à haute pression, le démarrage ne pourra d'aucune façon se produire. Les dispositifs employés consistent à séparer, au moment du démarrage, les deux cylindres en ouvrant un échappement auxiliaire au cylindre à haute pression, en envoyant directement au grand cylindre de la vapeur prise à la chaudière. Les deux cylindres peuvent fonctionner ainsi comme des cylindres à simple expansion, lors du démarrage, par exemple,

Le même dispositif est d'ailleurs employé pour la plupart

des machines à 4 cylindres. Il a le grand avantage d'éviter les démarrages manqués, en, en permettant de laisser fonctionner séparément les 4 cylindres, comme des machines à simple expansion, il permet de produire un effort considérable qui augmente beaucoup la rapidité de mise en marche des trains, en peut quelquefois même être utile pour le franchissement d'une partie de voie en rampe, dans des conditions spécialement difficiles.

La séparation des cylindres est obtenue par différentes dispositions; sur les locomotives Compound du Chemin de fer du Nord, par exemple, c'est un robinet d'isolement cylindrique figuré sur le croquis ci-après en qui peut tourner d'un $\frac{1}{4}$ de tour sur son axe pour l'effet d'un petit servo-moteur.



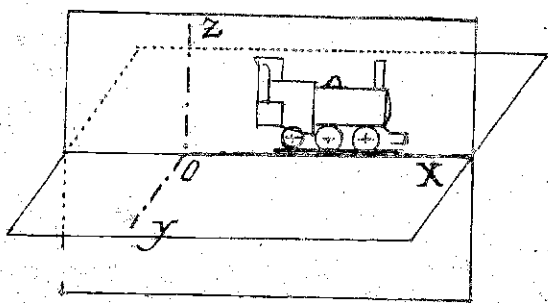
Suivant la position occupée par ce robinet, la vapeur sortant

du cylindre à haute pression se rend directement dans la tuyère d'échappement ou bien, le robinet fermant au échappement direct, ouvre la communication avec la boîte à vapeur du grand cylindre.

La manœuvre du robinet se fait à l'aide d'un petit servomoteur à vapeur ou à air comprimé. Comme elle sert à séparer les cylindres, il faut qu'elle soit complétée par l'ouverture de la prise de vapeur d'admission directe qui permet d'envoyer directement de la vapeur de la chaudière dans le réservoir intermédiaire d'où elle passe dans le grand cylindre. Toutefois, on fait passer la vapeur de la chaudière par un détendeur qui limite la pression à 6 kilos, pour ne pas produire un effort trop considérable sur la face du grand piston.

Mouvements parasites, contrepoids

Le mouvement d'un véhicule circulant à vitesse uniforme devrait consister en une translation parallèle à la voie, mais plusieurs causes interviennent pour troubler ce mouvement, et ces causes influent plus particulièrement sur la locomotive :
1° parce que, comme premier véhicule, elle reçoit plus directement les réactions de la voie, et, 2° parce qu'elle est soumise à des causes particulières de perturbation provenant de l'action de la vapeur et de l'inertie des pièces du mécanisme animées de mouvements rapides.



Ses divers mouvements qui troublent le mouvement de translation s'appellent les mouvements parasites ; ils peuvent être rapportés à trois axes rectangulaires :

- OX parallèle au rail ;
 OY horizontal en perpendiculaire au rail ;
 OZ vertical.

On peut classer ces mouvements de la manière suivante :

- 1^{er} Mouvement rectiligne alternatif suivant OX , appelé tangage ou recul ;
- 2^{er} Mouvement oscillatoire ou de rotation alternatif autour de OZ , appelé lacet ;
- 3^{er} Mouvement oscillatoire autour d'un parallèle à OX , appelé roulis ;
- 4^{er} Mouvement oscillatoire autour d'un parallèle à OY , appelé galop ;
- 5^{er} Mouvement rectiligne vertical suivant OZ , donnant un abaissement ou un soulèvement successifs de la partie suspendue.

Ces mouvements peuvent exister simultanément ou séparément. Ils modifient peu la position du centre de gravité de la machine, à cause de sa vitesse ou de sa masse ; cependant ils peuvent devenir dangereux si la périodicité des causes qui les produisent coïncide avec leur période d'oscillation, ce qui en accroît progressivement les effets. Dans tous les cas, ils sont nuisibles à la conservation de la voie et de la machine et au bon roulement du train et il faut chercher à les atténuer.

Ces mouvements parasites sont dus à différentes causes de perturbation que nous allons passer rapidement en revue.

- 1^{er} Perturbations dues à l'état de la voie. — Même sur une voie bien entretenue, il existe toujours quelques défauts : inégalité du bourrage des traverses, compressibilité de la plateforme, etc.. Par suite du fléchissement qui se produit ainsi en certains points et des dénivellations qui peuvent exister, la réaction des rails sur les roues variera d'intensité ; les diverses roues seront exposées à des réactions discordantes,

les ressorts fléchiront de façon différente en, de ce fait, la masse suspendue pourra prendre des mouvements de roulis, de galop, en d'oscillation verticale.

Parmi les particularités de la voie qui peuvent produire ces mouvements, on peut en citer qui sont absolument régulières, même avec une voie en parfait état : flexion des rails entre les traverses, affaissement à chaque joint des rails, passage des aiguilles, raccordement des courbes, etc...

2^e Perturbations dues à la construction ou à l'usure de pièces de la machine. — Il faut veiller à ce que le centre de gravité de la machine soit dans le plan médian, à ce qu'il soit à une hauteur convenable, en enfin à ce qu'il occupe une position longitudinale telle que l'on puisse obtenir une répartition judicieuse du poids ; si, par exemple l'essieu d'avant est trop chargé, on a des mouvements de galop et de lacet très accentués.

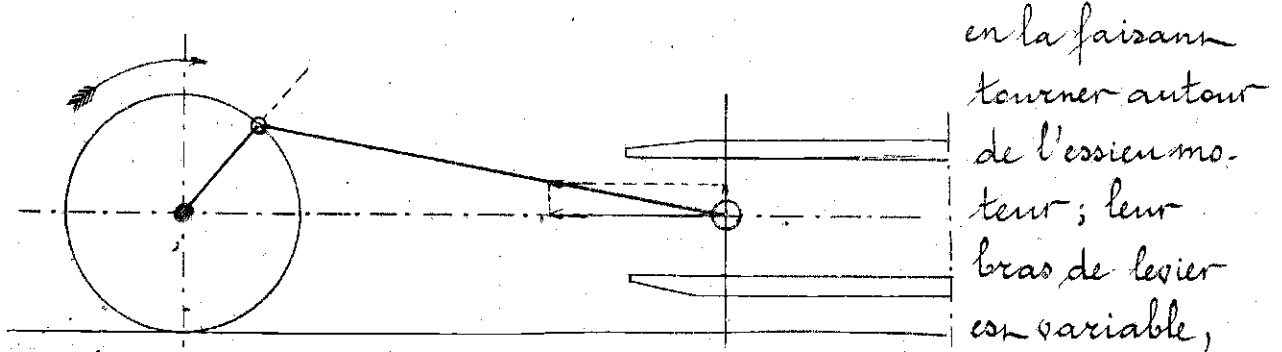
Certains défauts de montage : imperfection dans le parallélisme des longerons et des essieux, inégalité de flexibilité des ressorts, donneront lieu à des mouvements parasites ; l'usure inégale des bandages de roues d'un même essieu donnera lieu à des mouvements de lacet, etc...

3^e Perturbations dues à l'action de la vapeur. — Ces perturbations sont dues principalement à l'inclinaison des cylindres et à l'obliquité des bielles. Si les cylindres sont inclinés, la vapeur exerce sur leurs fonds en, par suite, sur le corps de la machine, une pression qui tend tantôt à élever, tantôt à abaisser l'avant de la machine, ce qui occasionne un mouvement de galop d'autant plus accentué que l'inclinaison est plus grande. De plus, ces pressions étant inégales dans les deux cylindres, à chaque instant considéré, il en résulte un mouvement

de roulis. On a donc intérêt à avoir des cylindres horizontaux.

L'obliquité de la bielle occasionne une réaction de la crosse du piston sur les glissières, généralement dirigée vers le haut dans la marche avant, vers le bas dans la marche arrière.

Ces forces verticales tendent à soulever l'avant de la machine



en la faisant tourner autour de l'essieu moteur; leur bras de levier est variable,

car il correspond à la distance de la crosse à l'axe de l'essieu. La variabilité de l'intensité des forces et de leur bras de levier produisent un mouvement de galop de grande importance.

Pour remédier à cette perturbation, on peut : 1° allonger la bielle de façon à diminuer le maximum de réaction verticale sur les glissières ;

2° rapprocher si possible, les glissières du centre de gravité de la machine pour transformer le mouvement de galop en mouvement vertical alternatif ;

4° Perturbations dues à l'inertie des pièces du mécanisme. — On peut dans une machine distinguer :

1° les pièces qui ne sont animées que d'un mouvement de translation ;

2° les pièces qui sont animées d'un mouvement de rotation : roues, manivelles motrices et d'accouplement ;

3° les pièces animées d'un mouvement rectiligne alternatif, telles que le piston et sa crosse.

Il n'y a rien à faire pour les pièces animées d'un mouvement de translation.

Pour équilibrer les pièces tournantes, telles que les bantons de manivelles ou têtes de bielles, il suffit de placer un contre-poids au point diamétralement opposé au bantou de manivelle considéré. Il faudrait, en principe, ajouter une masse égale à la même distance de l'axe de l'essieu. On peut aussi mettre une masse plus faible à une distance plus grande. Il faut simplement que le produit PXR soit égal dans les deux cas.

L'établissement de contre-poids pour équilibrer les pièces tournantes ne présente donc pas de difficulté.

L'équilibre des pièces animées d'un mouvement rectiligne alternatif est beaucoup plus difficile à réaliser.

Les pistons et les bielles motrices tendent à faire osciller la machine en long parallèlement aux rails. Si l'on avait un seul cylindre installé dans l'axe de la machine, le mouvement alternatif du piston tendrait à donner à cette machine, un mouvement de recul ou de tangage, mais comme il existe deux cylindres, dont les manivelles sont calées à 90° l'une sur l'autre, les mouvements imprimés par les pistons à droite et à gauche de la machine ne concordent pas, et il en résulte un mouvement de lacet; plus les cylindres sont écartés de l'axe de la machine, plus le lacet sera accentué. On a donc intérêt, pour diminuer ce lacet, à adopter des cylindres intérieurs.

On peut aussi diminuer le mouvement de lacet en faisant, entre la machine et le tender, un attelage aussi rigide que possible.

Les perturbations dues au mouvement alternatif des pistons peuvent être compensées au moins en partie par l'addition de contre-poids sur les roues motrices.

Ces roues portent déjà un contrepoids pour équilibrer les pièces tournantes, en ajoutant un second contrepoids, on peut créer des efforts horizontaux qui détruisent ceux résultant du mouvement du piston. Pratiquement, d'ailleurs, on établit un seul contrepoids représentant la somme des deux contrepoids calculés, tant pour les pièces tournantes que pour les pièces à mouvements alternatifs.

Mais, si l'on donnait à ce contrepoids la valeur qu'il devrait avoir pour compenser exactement l'effort horizontal dû au mouvement du piston, on créerait un défaut presque aussi grave que celui qu'on a voulu supprimer. En effet, la force centrifuge due à ce nouveau contrepoids donne des composantes verticales qui ne sont pas équilibrées; il en résulte des réactions qui, sans agir sur la masse suspendue, altéreront la charge qui pèse sur la voie, c'est-à-dire qu'à chaque tour de roue, il y aura alternativement un accroissement et une diminution de la charge sur le rail.

On est donc amené à adopter une solution mixte en à choisir judicieusement une solution intermédiaire entre le contrepoids qui équilibrerait seulement les pièces tournantes et celui qui réaliserait également l'équilibre horizontal des pièces en mouvement.

Tender

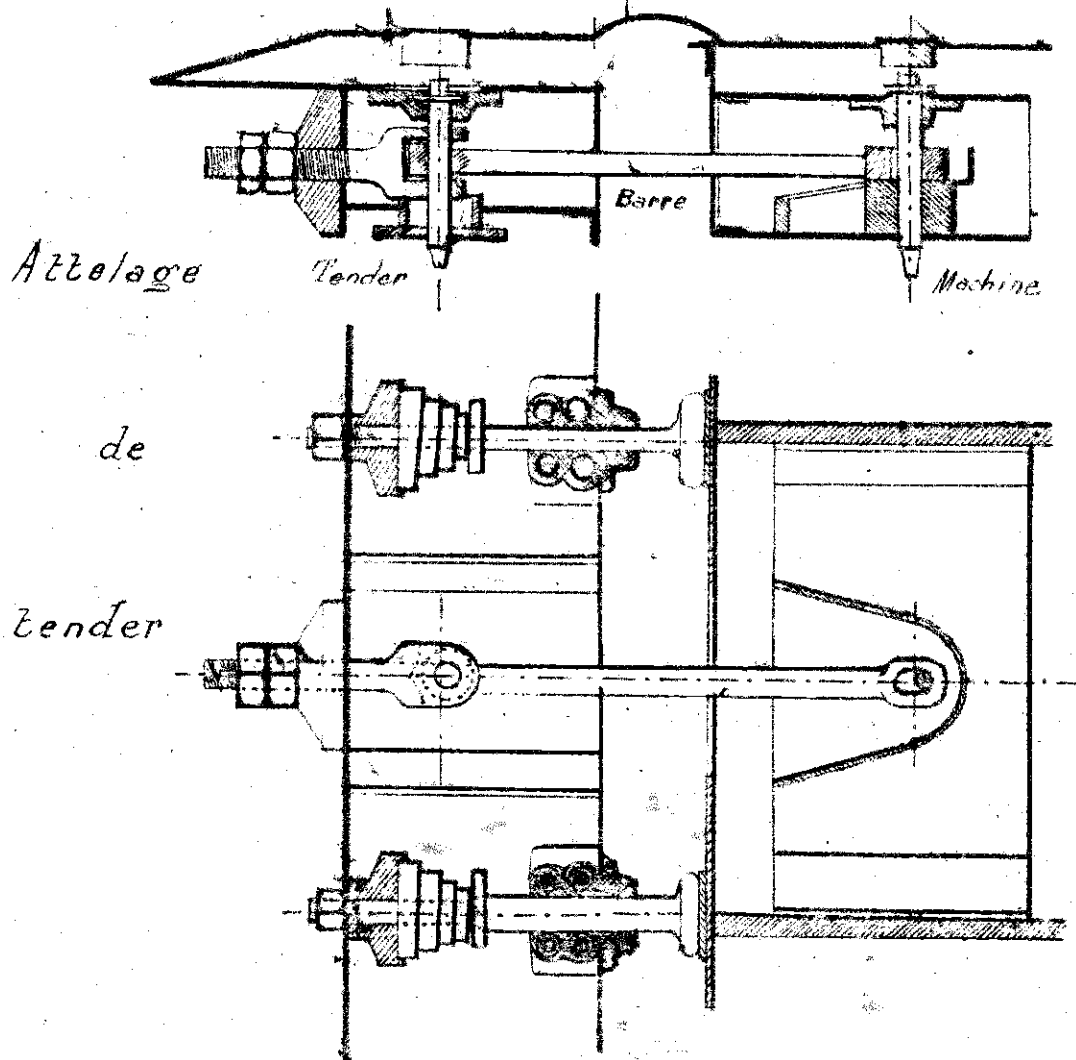
Les machines doivent emporter avec elles un approvisionnement d'eau et de charbon.

Pour les machines destinées à remorquer des trains de

voyageurs ou des trains directs de marchandises, il est essentiel de disposer d'un approvisionnement d'eau suffisant pour ne pas obliger à des arrêts trop fréquents pour renouveler l'approvisionnement.

Une telle machine consomme facilement 100 à 150 litres d'eau par kilomètre ; si l'on veut pouvoir faire des parcours importants, supérieurs par exemple à 100 kilomètres, sans arrêt, on est donc amené à emporter des approvisionnements d'eau de 12, 15 ou même parfois 20 mètres cubes.

L'approvisionnement de charbon doit être calculé de façon que la machine puisse faire à peu près une journée de service sans en charger de nouveau, car si l'eau peut être prise dans un assez grand nombre de gares de passage, le charbon ne peut être, en général, chargé que dans les dépôts où la machine a un stationnement de plusieurs heures.

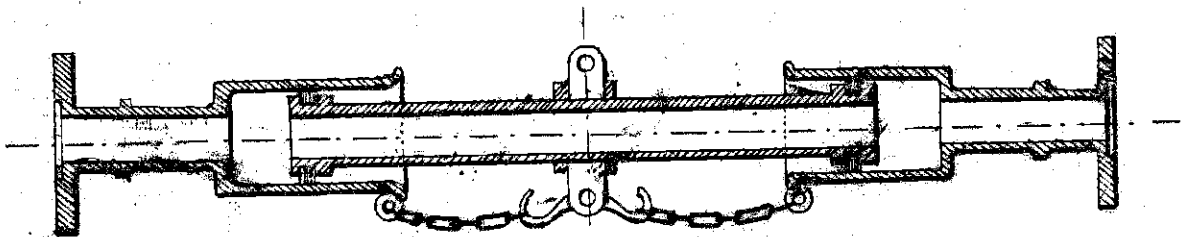


On se trouve donc obligé pour toutes les machines de tram direct d'avoir un véhicule spécial destiné à transporter les approvisionnements ; ce véhicule s'appelle tender.

Le tender porte des caisses à eau en un emplacement convenable pour l'approvisionnement de charbon ; il doit être relié à la machine de telle façon que les planchers des deux véhicules soient au même niveau et forment après raccord une plateforme unique sur laquelle peuvent circuler le mécanicien et le chauffeur. Le raccord est fait à l'aide d'un couvre-joint en tôle appelé tablier mobile.

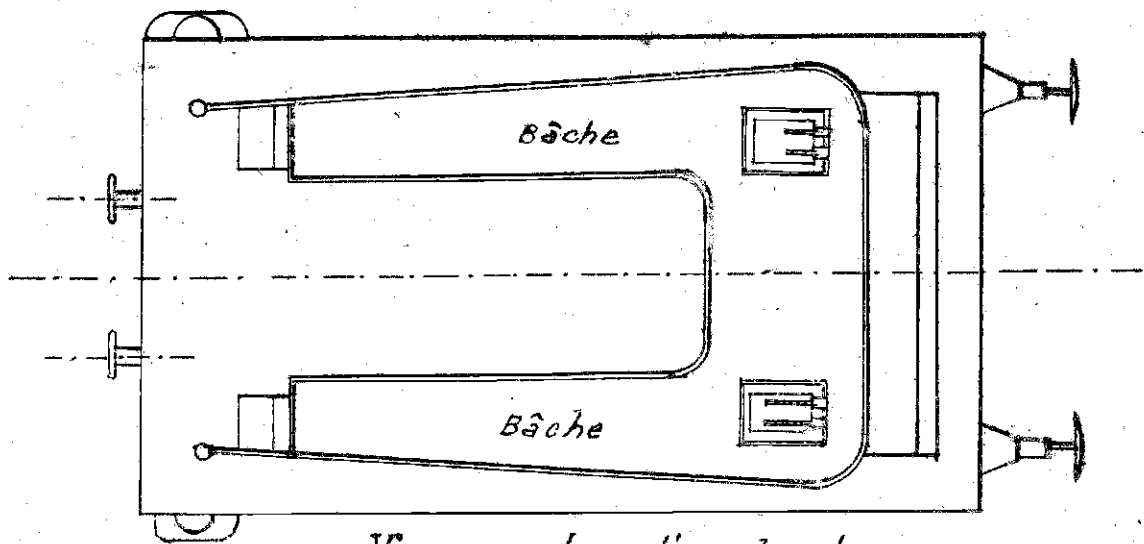
L'attelage entre la machine et le tender doit être très serré de façon à réduire les mouvements parasites de la machine ; il ne doit cependant pas être assez rigide pour gêner le passage dans les courbes. Cet attelage se compose le plus souvent d'une barre rigide représentée au croquis ci-dessous, en de deux tampons de choc.

Rotule métallique.



Le tender doit être, en outre, relié à la machine par deux rotules qui servent à joindre les deux parties d'un tuyau d'amenée d'eau aux injecteurs.

Les bâches du tender affectent le plus souvent la forme d'un fer à cheval indiquée ci-après. La capacité des tenders a beaucoup augmenté dans ces derniers temps ; il y a quelques années, le plus grand des tenders portatifs de 7 à 10 m³ d'eau et 3 tonnes de combustible, actuellement, on fait des tenders de 14, 15, 19 et



Vue en plan d'un tender

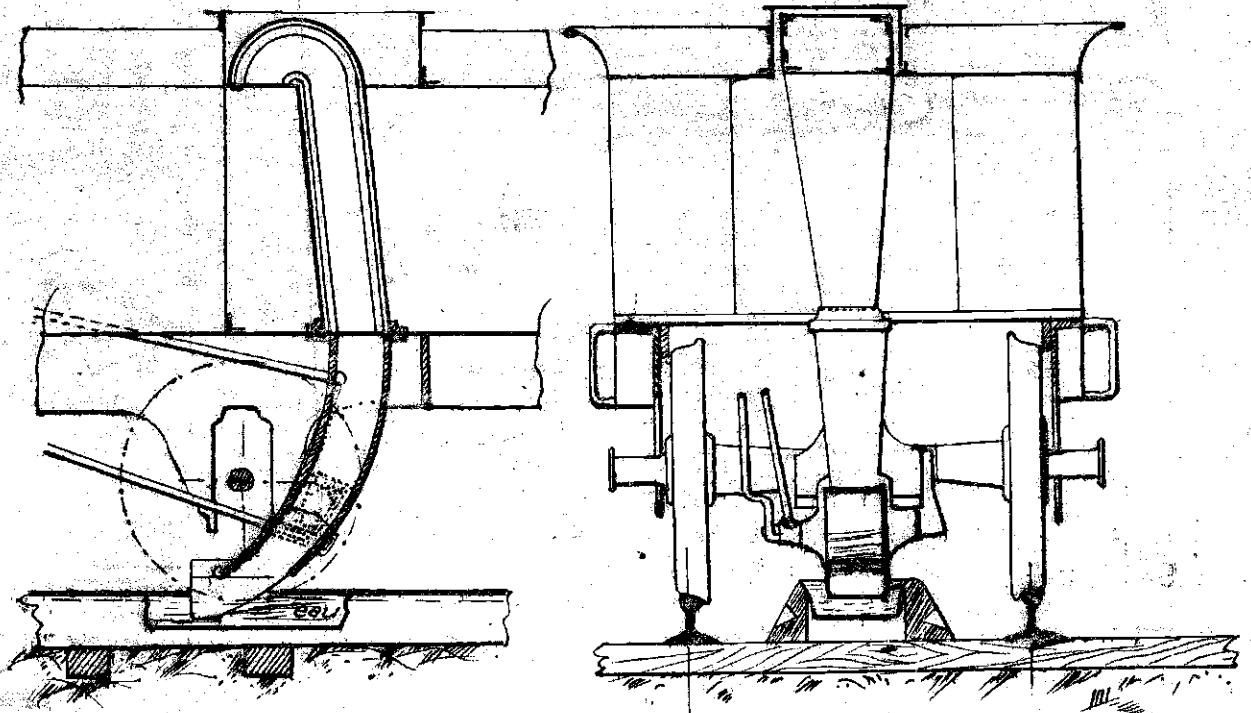
même 20 mètres cubes portants, en outre, au moins 4 tonnes de combustible. De ce fait, leur poids a beaucoup augmenté; les nouveaux tenders pèsent 34, 36 en même 42 tonnes.

Pour éviter les tenders d'aussi grande capacité en pour permettre, d'autre part, de faire aux trains rapides des parcours très longs sans arrêt, on a cherché le moyen de renouveler l'approvisionnement d'eau en marche. Le procédé le plus connu est celui de l'Ingénieur anglais Ramsbottom, dont le principe est le suivant: Dans une section de voie en palier ou en alignement droit, on installe sur les traverses, entre les rails, une rigole en fonte ou en tôle, longue de plusieurs centaines de mètres; cette rigole est constamment tenue pleine d'eau. Le tender porte un tuyau terminé par un bec rectangulaire mobile qui peut venir plonger dans la rigole ou peut être, au contraire, relevé quand l'appareil ne fonctionne pas. Afin d'éviter que ce bec ne puisse venir frapper les extrémités de la rigole, le fond de celle-ci se termine en pente douce et les rails se relèvent parallèlement à ce fond incliné.

Le tuyau est formé d'une partie évasée qui fait suite au bec plongeant dans la rigole; il se relève et se recourbe de façon à déverser l'eau dans les caisses du tender.

- Appareil Ramsbottom -

(bec mobile abaissé)



Pourvu que la vitesse soit, au moins, de 10 kilomètres à l'heure, l'eau pénètre dans le tuyau en remplissant les caisses. On peut compter que l'on peut embarquer environ 1 mètre cube d'eau sur un parcours de cent mètres.

Quoique ce procédé soit très ingénieux, il ne s'en guère répandu, parce que son installation est parfois difficile à cause de la grande longueur qu'il faut tracer en palier et en alignement droit, parce qu'il présente certains inconvénients tels que projection d'eau sur le train, et enfin parce que son utilité est contestable ; on fait, en effet, déjà, avec des tenders ordinaires des parcours de 200 kilomètres sans arrêt. On peut se demander s'il est bien rationnel d'aller plus loin, car l'arrêt après ce parcours est utile, non seulement pour renouveler l'approvisionnement d'eau, mais encore pour permettre la visite du mécanisme et le graissage des pièces du mouvement.

Rechauffage de l'eau du tender. — Il paraît avantageux d'introduire dans la chaudière non pas de l'eau froide, mais de l'eau échauffée déjà à une certaine température. On peut y arriver

aisément en utilisant au chauffage de l'eau du tender une partie de la vapeur dont on dispose à certains moments en excédent.

Le mode de réchauffage est des plus simples ; il suffit de fermer le trop plein de l'injecteur en d'ouvrir la prise de vapeur ; la vapeur passe ainsi directement dans les bâches du tender. Toutefois, le réchauffage ne doit pas être poussé trop loin, car si l'eau était trop chaude, l'injecteur ne fonctionnerait plus. Il doit être employé surtout pour utiliser la vapeur lorsque l'on a momentanément un excès de pression, par exemple lorsque la machine est prête à partir en que le stationnement dans une gare est accidentellement prolongé.

Machines-tenders. — Si les tenders de grandes dimensions sont indispensables pour les trains directs, il n'en est pas de même pour les machines qui assurent des trains de banlieue à faible parcours et à arrêts fréquents, ni pour les machines de manœuvres ; aussi emploie-t-on fréquemment, pour ces services, des machines qui portent elles-mêmes leurs approvisionnements en qui sont désignées sous le nom de machines-tenders.

Ses avantages des machines-tenders sont les suivants :

- 1^o Elles peuvent marcher indifféremment dans les deux sens ;
- 2^o Leur longueur est plus faible, ce qui permet de les tourner sur des plaques de moindres dimensions et même souvent sur les plaques tournantes qui servent au tournage des wagons ;
- 3^o Le poids des approvisionnements s'ajoute à celui de la machine en permet d'utiliser une adhérence plus considérable ;
- 4^o Le prix est moins élevé.

Elles présentent, d'autre part, plusieurs inconvénients :

- 1^o Les approvisionnements en eau et en charbon sont forcément limités, quoique l'on soit arrivé, dans ces derniers temps, à

construire des machines tenders comportant 6 mètres cubes 500 d'eau en 3 tonnes de charbon.

2^e Si l'on obtient un poids adhérent plus fort, par contre ce poids varie en diminuant à mesure que l'approvisionnement s'épuise.

3^e La stabilité de la machine est moins grande en les machines-tenders ont toujours plus de tendance au mouvement de lacet que les machines ordinaires, puisque dans ces dernières l'attelage très serré entre la machine et le tender combat les oscillations de la machine.

Dépôts

On appelle dépôt l'ensemble des installations destinées au remisage et à l'entretien des machines locomotives en service.

Le dépôt se compose essentiellement d'une remise, d'un atelier de réparations et de différents services accessoires destinés aux approvisionnements des machines ou au service du personnel.

Les remises affectent deux formes distinctes : la remise rectangulaire présentant au centre une grande fosse centrale dans laquelle se déplace un pont transbordeur, ou la rotonde formée d'un pont tournant central autour duquel sont installées des voies rayonnantes.

La rotonde peut être presque complète ou présenter la forme d'une demi-lune. Dans la plupart des cas, le pont tournant est à découper. L'emplacement où stationnent les machines est seul conservé.

Le système de la rotonde est plus économique parce qu'il ne comporte qu'un pont tournant ; la remise comporte un transbordeur et ne dispense pas du pont tournant qui est nécessaire pour orienter la machine dans le sens voulu pour le train qu'elle doit assurer.

Remise

Fosse à descendre

les roues

remise

le

Atelier

des
établi

Réparations

Atelier

Atelier

Bureaux

Bureaux

chariots transbordeurs

Chariot
transbordeur

Fosse
des

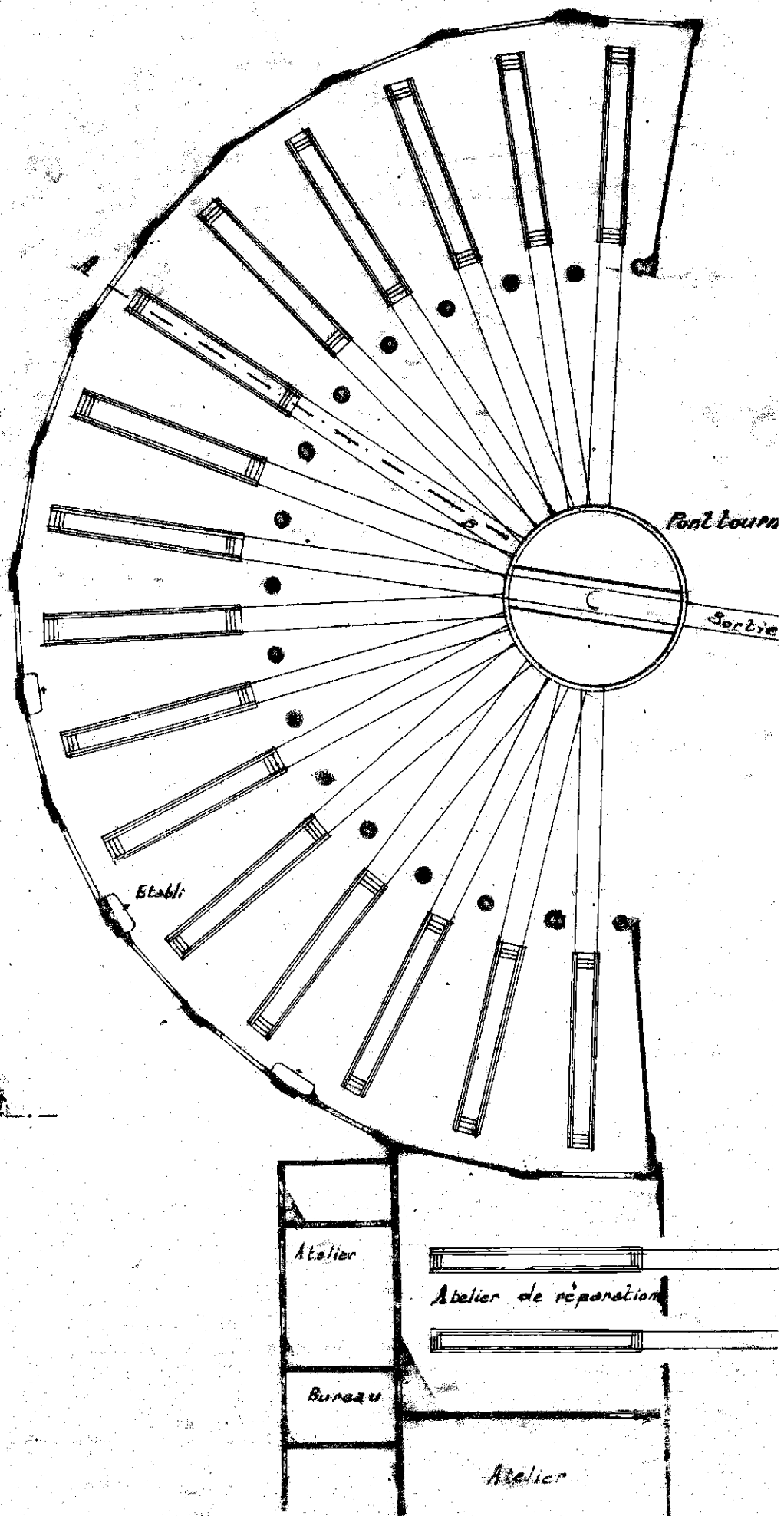
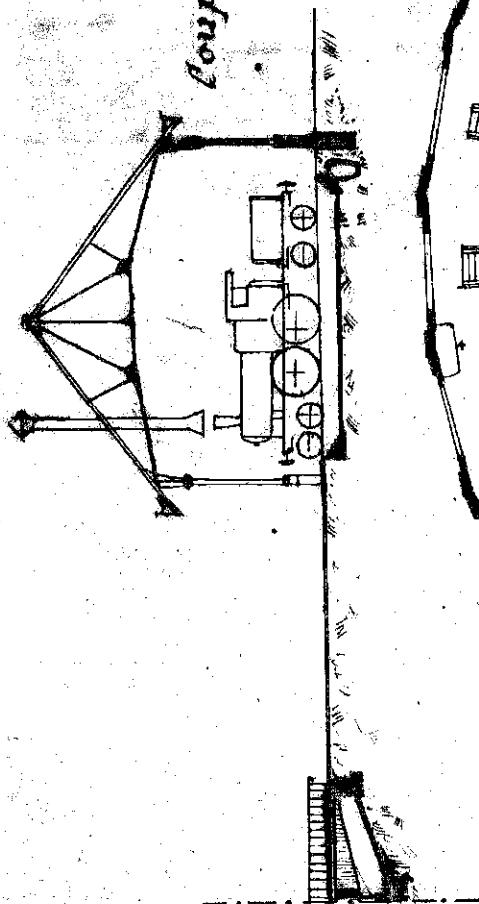
Chariot
transbordeur

Pont tournant

sortie

Rotonde

Coupe AB

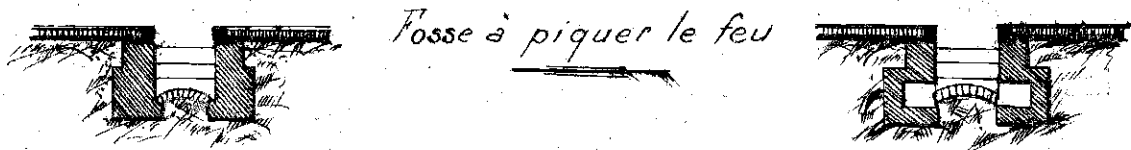


La rotonde présente l'inconvénient d'immobiliser les machines en cas d'avarie du pont tournant, tandis que dans la remise, il est facile d'avoir deux transbordeurs et deux sorties distinctes. D'autre part, dans l'emploi de la remise, on recueille l'avantage de faire toutes les manœuvres à couvert et de faciliter la surveillance.

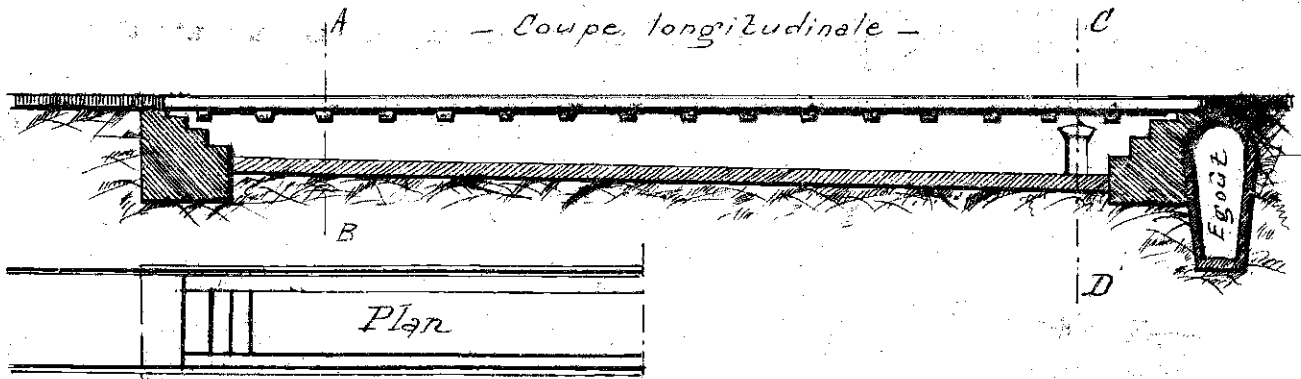
Toutes les places réservées au garage des machines, soit dans une remise, soit dans une rotonde, doivent être munies d'une fosse qui permet le passage sous la machine pour la visite du

— Coupe AB —

— Coupe CD —



— Coupe longitudinale —



mouvement en qui est aussi utilisée pour l'écoulement de l'eau de lavage des chaudières. A l'aplomb de chaque fosse, se trouve une cheminée sous laquelle doit être arrêtée la cheminée de la machine en stationnement.

On place, en général, dans toutes les remises en rotondes quelques établis pour permettre de faire, sur place, les petites réparations courantes.

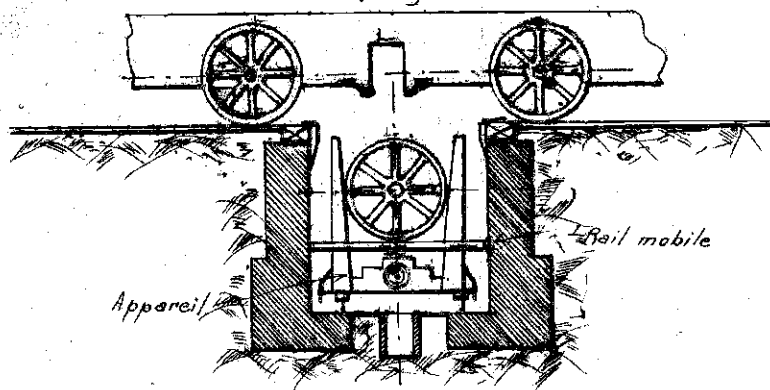
L'importance des ateliers en dépôt dépend essentiellement du nombre de machines affectées au dépôt. Dans les petits dépôts qui servent surtout au remisage des machines de passage, on

ne fait que des réparations très peu importantes ; dans les grands dépôts, on centralise, au contraire, les réparations de plus longue durée.

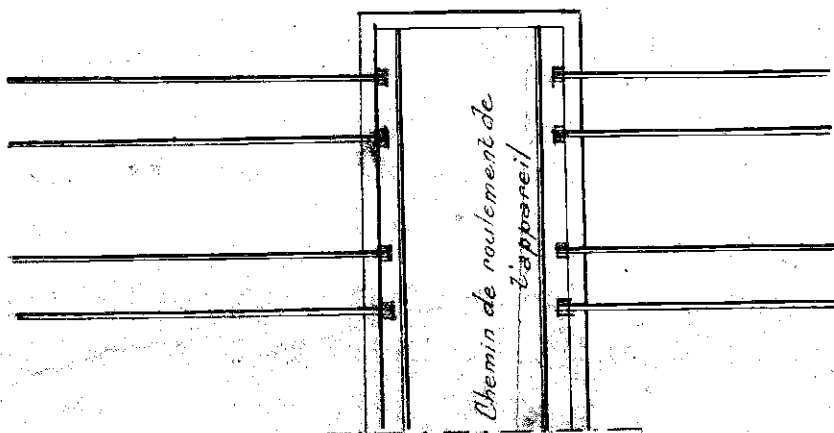
Dans presque toutes les Compagnies on fait, dans de grands ateliers centraux indépendants des dépôts, les grosses réparations qui exigent le démontage de la chaudière. On fait, au contraire, dans les ateliers de dépôt, les réparations qui ne comportent que l'entretien du mécanisme et le changement des essieux.

Pour faire le changement des essieux, il est nécessaire d'avoir des appareils de levage qui sont le plus souvent de grands vérins mus à la main ou électriquement, mais on utilise aussi à cet effet une disposition très commode, la fosse à descendre les roues, qui permet la visite d'un essieu sans obliger à faire le levage complet de la machine ;

- Coupe -



- Plan -



La machine est placée de façon que l'essieu à visiter soit au-dessus de la fosse ; il est alors supporté par une sorte de monte-charges, appelé appareil à descendre les roues, à l'aide duquel on le descend dans le fond de la fosse, en on le remonte sur la voie contigue.

En dehors des remises et de l'atelier,

un dépôt de locomotives doit comprendre :

Un dortoir en réfectoire aussi confortable que possible pour les mécaniciens et chauffeurs des dépôts étrangers qui doivent y prendre leur repos ;

Des chantiers à combustible où l'on puisse faire des mélanges convenables donnant des qualités de combustibles appropriées aux différents services, avec des moyens de chargement aussi rapides que possible ;

Une sablière avec un four pour sécher le sable en un mode de chargement permettant de déverser rapidement le sable sec dans les sablières des machines ;

Des grues d'alimentation pour l'approvisionnement des tenders en eau ;

Un magasin de graissage ;

Une lampisterie pour la préparation des falots portés par les machines ;

Des bureaux pour les chefs, sous chefs de dépôts, surveillants et employés ;

Enfin un emplacement où sont affichés en permanence les ordres de service qui doivent être portés à la connaissance des mécaniciens, ainsi que les tableaux réglant le travail de ces agents.

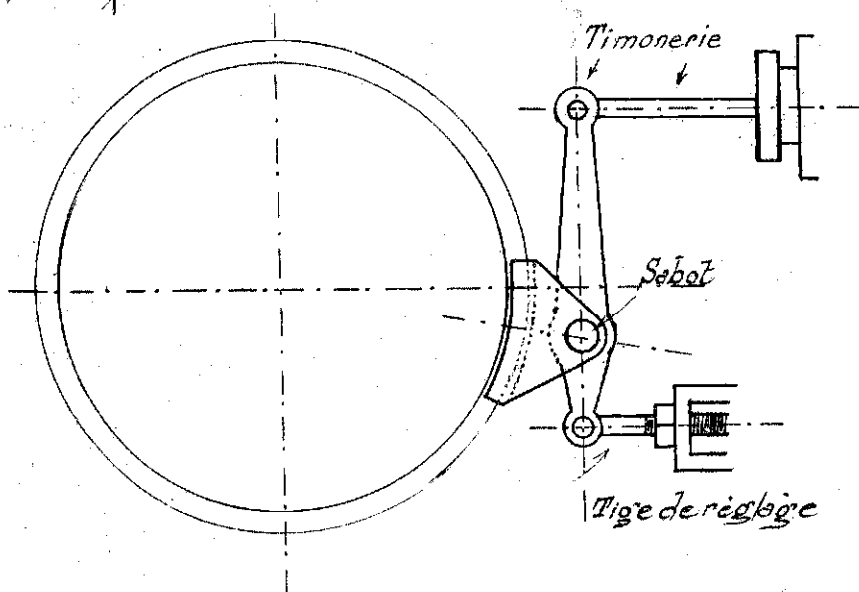
Freins

Il est absolument indispensable de munir les trains de freins puissants, pour le but de obtenir l'arrêt d'un train en cas de nécessité imprévue, en présence d'un signal ou d'un obstacle, ou les arrêts normaux aux stations, en de modérer,

en cas de besoin la vitesse sur les pentes.

On peut enrayer une roue soit à l'aide d'un sabon, soit à l'aide d'un patin.

Le principe du frein à patin consiste à faire reposer le véhicule sur un bloc de métal ou de bois qui glisse sur le rail. Ce frein présente un inconvénient capital qui tient à ce que le coefficient de frottement est d'autant plus faible que la vitesse est plus grande. En outre ce frein détériore la voie, aussi n'est-il pas employé en a. t. on recourt toujours aux freins à sabon.



Le sabon est une pièce frottante appliquée sur la jante de la roue. L'application du sabon équivaut à l'application d'une force retardatrice proportionnelle à la pression exercée sur

le sabon en un coefficient de frottement. Si on exerce sur le sabon une pression suffisamment forte, on empêche complètement la roue de tourner en celle-ci se déplace en glissant sur le rail; on dit dans ce cas qu'il y a calage de la roue.

Il faut éviter ce calage des roues. Pour qu'il y ait roulement et non calage, il faut que la réaction tangentielle soit inférieure à l'adhérence; il faut $T_1 \leq f'P$, P étant la charge sur le rail et f' le coefficient d'adhérence. Or $T_1 = T + f\theta$, T étant la résistance avant l'application du frein, f le coefficient de frottement entre le sabon et la jante, θ l'effort exercé sur le sabon du frein. T est très petit par

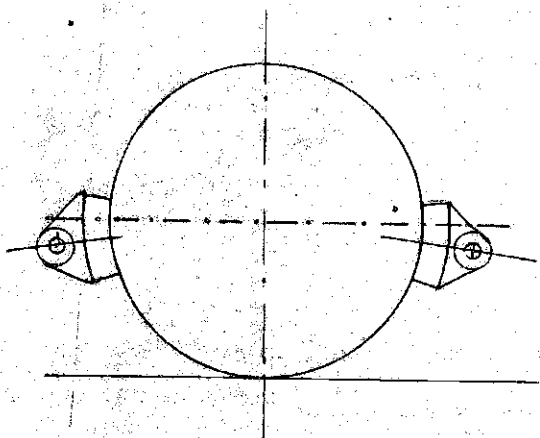
rappart à $f \omega$; on conclut donc qu'il faut $f \omega \leq f'P$.

Si ω est trop grand, il y a calage, le frein fonctionne alors comme un frein à patin et le frottement se produit au seul point de la jante en contact avec le rail. Ces deux surfaces en contact deviennent rapidement lisses par le glissement, l'effort du frein diminue, et, de plus, on produit sur les bandages une usure irrégulière qui occasionne les méplats en ruin ensuite au roulement de la roue.

Il faut donc mesurer l'effort à exercer sur les sabots de frein de façon à le rendre aussi grand que possible, tout en le laissant inférieur à la valeur qui correspond au calage de la roue. En pratique, si on sent que la roue se cale, on desserre un peu le frein de façon à rendre aux roues leur mouvement de rotation.

Les sabots de frein qui, jadis, étaient en bois, sont maintenant presque toujours en fonte; ils sont suspendus au châssis de la voiture en actionnés par un système de transmission appelé timonerie.

Les sabots doivent être maintenus normalement à peu de distance de la jante de façon à pouvoir être serrés par un mouvement relativement faible de la timonerie; ils sont habituellement à 8 ou 10 mm de la jante. On applique presque toujours des sabots aux deux roues d'un même essieu de façon à éviter l'effort de torsion qu'aurait à supporter



l'essieu si l'une des roues était freinée en pas l'autre. On munir souvent chaque roue de deux sabots, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière, on a ainsi un serrage symétrique qui est favorable aux mouvements de la boîte dans les glissières, mais cette

dispositien peut présenter un inconvénient, car les sabots peuvent avoir une tendance à soulever la roue et à amener plus facilement un calage.

Une timonerie de frein doit présenter dans ses articulations un certain jeu, car les sabots sont suspendus au bâti et doivent agir sur les roues. Or, ces deux parties de la machine ont des mouvements relatifs dus à l'élasticité des ressorts; de plus, il est nécessaire que la timonerie permette un réglage des sabots, il ne faut pas, en effet, que le mécanisme de commande arrive à bout de course avant que les sabots ne pressent sur les roues. A mesure que les sabots s'usent, il faut pouvoir les rapprocher des roues.

On distingue différentes catégories de freins :

1^{er} freins à levier qui peuvent être manœuvrés par des agents circulant à pied à côté du véhicule. Ces freins ne sont utilisés que dans les manœuvres de gare;

2^{es} freins à main : la timonerie est mise en mouvement par une vis manœuvrée à l'aide d'un volant placé dans la caisse du véhicule ou dans une quaiette disposée pour recevoir un garde-frein. Cet agent serre ou desserre le frein suivant les ordres qui lui sont donnés par le mécanicien à l'aide du sifflet. Comme il y a intérêt à obtenir un serrage aussi rapide que possible, on a eu l'idée d'employer le frein à contrepoids, en usage sur le Nord. Pour serrer ce frein, le garde-frein tire avec une corde sur un clié qui fait tomber un contrepoids, dont la chute serre le frein. Au moment du desserrage, l'agent remonte le contrepoids qui se trouve remis en place pour permettre un nouveau serrage rapide.

Les freins à main sont appliqués sur la machine, sur le tender, dans le fourgon et à quelques véhicules du train gardés par les garde-freins.

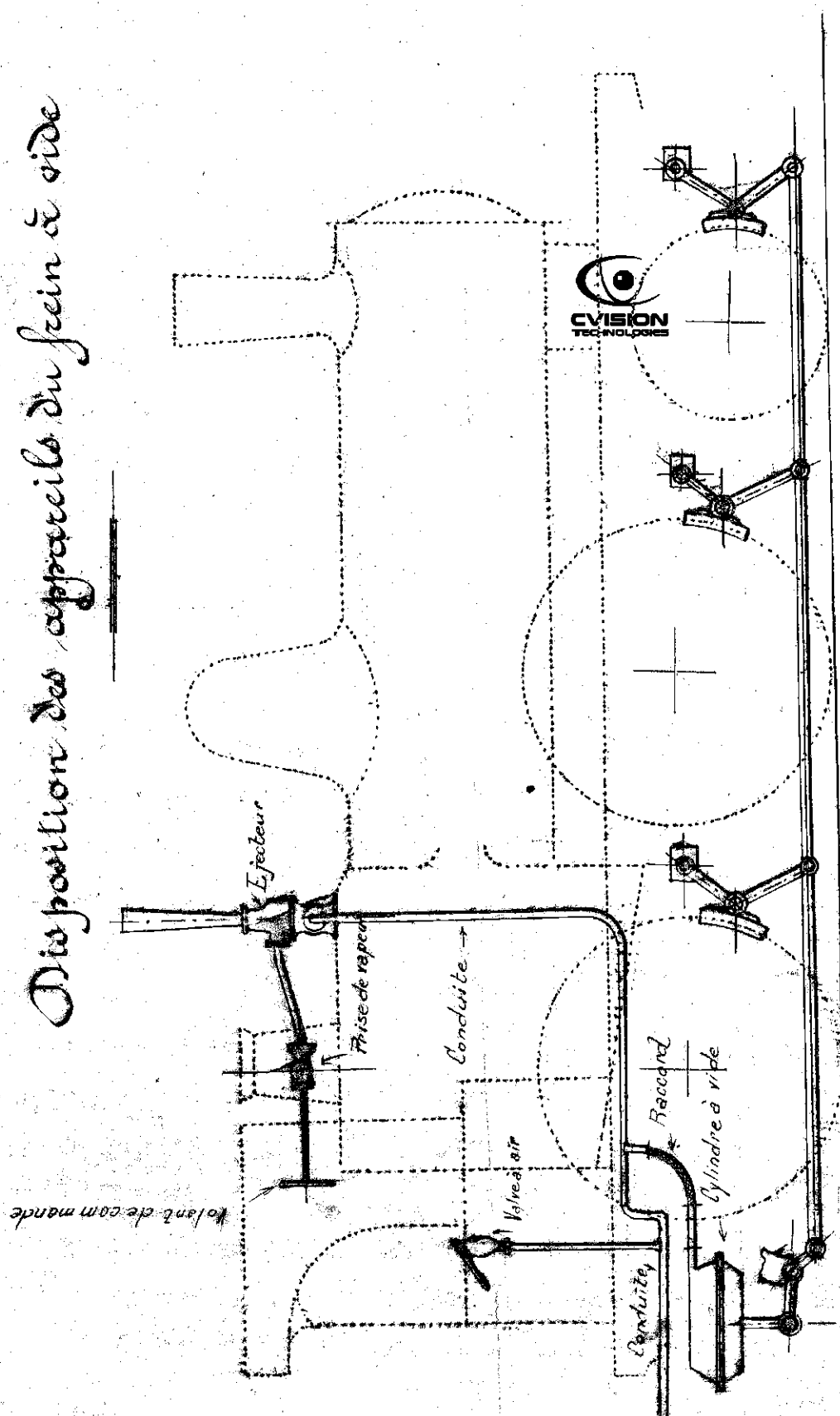
3^e freins à vapeur : les freins à vapeur sont appliqués à certaines locomotives, en plus spécialement aux locomotives de manœuvres. Leur disposition est très simple. La timonerie est reliée à un piston qui se meut dans un cylindre à vapeur. L'envoi de la vapeur sous le piston applique les freins ; un ressort, ou le poids des pièces de la timonerie, amène le desserrage dès qu'on a laissé échapper la vapeur.

4^e freins continus : les freins continus ont pour but de permettre le serrage de tous les freins par un seul agent. On peut ainsi freiner une très grande partie ou même la totalité du poids du train ; de plus, le serrage des freins n'est pas subordonné à l'attention et à la vigilance des garde-freins.

Le frein continu doit assurer un serrage simultané sur toute la longueur du train ; cette condition est essentielle pour les trains longs, car si l'on serrait une partie du train beaucoup plus rapidement que l'autre, on risquerait, par suite des réactions, de provoquer des ruptures d'attelages. Il faut assurer un serrage rapide, mais en même temps un serrage modérable, permettant au mécanicien de graduer l'effort sur les pentes. Enfin, le frein continu doit être, autant que possible automatique, c'est-à-dire se servir de lui-même en cas d'avarie et spécialement en cas de rupture de la transmission entre deux véhicules. L'automatisme est une condition essentielle de sécurité ; lorsqu'elle est réalisée, les avaries de frein ne peuvent avoir d'autre conséquence que de provoquer un arrêt intempestif.

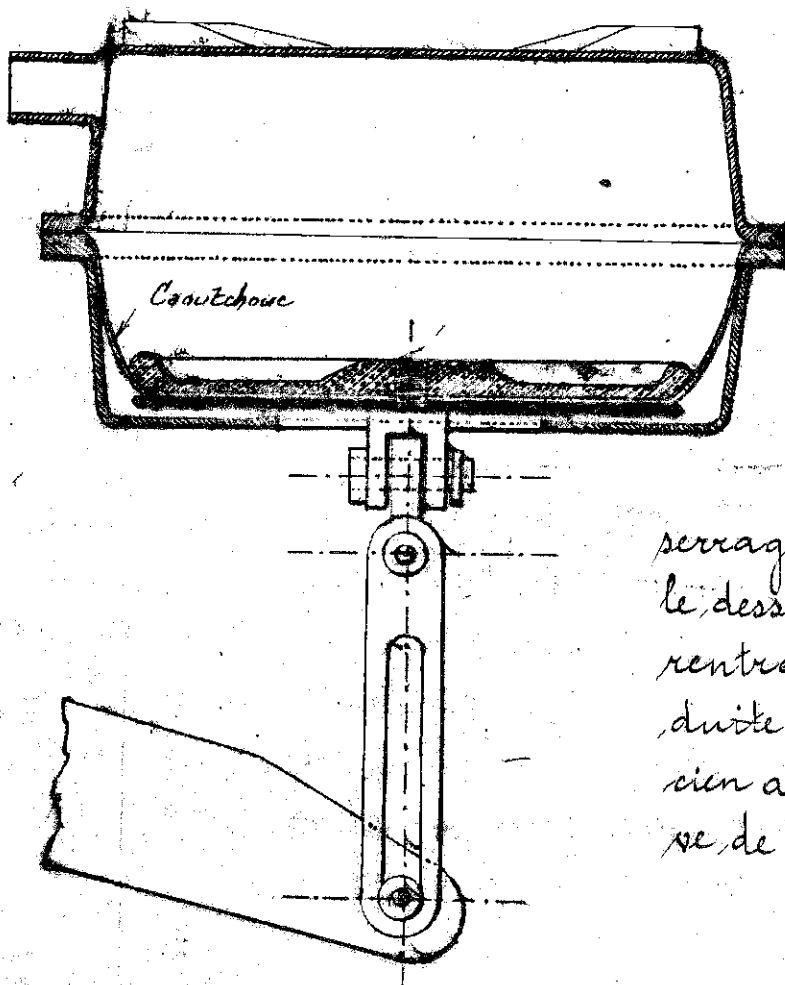
Frein à vide. — Le frein à vide a été pendant longtemps employé d'une façon générale à la Compagnie du Nord. Depuis quelques années il a été remplacé pour les trains de

Disposition des appareils du sein à vide



voyageurs par le frein Westinghouse, mais il est encore en usage pour un grand nombre de trains de marchandises. Son fonctionnement est très simple. Une double conduite d'air circule d'un bout à l'autre du train formée sous chaque véhicule de deux conduits métalliques en, entre les véhicules, de raccords flexibles qui, les reliant les uns aux autres, assurent la continuité de la conduite. ^{Sur cette conduite} se branche, sous chaque véhicule, un raccord qui le relie à une pièce appelée sac de frein à vide. Le sac de frein à vide est une sorte de double cuvette dans laquelle se déplace un disque métallique relié à ses bords par un diaphragme en toile en caoutchouc; sur le centre de ce disque est fixée une tige reliée à la timonerie du frein. Sur la machine, un éjecteur, fonctionnant par l'envoi d'un jet de vapeur, dont la prise est sous la main du mécanicien, peut faire un vide relatif dans la

Cylindre à vide



conduite du train en, par suite, dans la partie supérieure des sacs de frein à vide; la pression atmosphérique fait alors remonter les disques de diaphragmes en exerce sur la timonerie une traction qui donne le serrage des sabots. Pour amener le desserrage, il suffit de faire rentrer de l'air dans la conduite; à cet effet le mécanicien a sous la main une valve de rentrée d'air qu'il

suffin de soulever pour renvoyer dans la conduite la quantité d'air nécessaire au desserrage plus ou moins, complet des sabots.

Le frein à vide présente de grands avantages au point de vue de la simplicité et de la facilité d'entretien, mais l'inconvénient principal est qu'en cas de rupture d'un boyau, le frein peut ne pas fonctionner sans que le mécanicien soit, en aucune façon, averti de cette avarie.

Frein à vide automatique. - Le fonctionnement de ce frein, en usage en Angleterre, est l'inverse du précédent; on maintient constamment dans la conduite un vide relatif; en pour serrer le frein on y fait rentrer l'air; pour le desserrer, on refait le vide. En cas de rupture, l'air rentre dans la conduite et le frein se serre. Mais, si la canalisation n'est pas parfaite, il se produit des rentrées d'air qui causent des serrages intempestifs.

Frein à air comprimé. - Il y a différents systèmes de freins à air comprimé, mais le plus connu et le plus universellement employé est le frein Westinghouse. Ce frein a subi différentes modifications destinées à en perfectionner le fonctionnement. Nous décrivons ici le frein Westinghouse à action rapide qui est le plus perfectionné et donnons le principe en le suivant :

Une conduite appelée conduite générale, formée de tuyaux métalliques, sous chaque véhicule, en de raccords flexibles entre les véhicules, règne sur toute la longueur du train. Cette conduite est constamment remplie d'air comprimé. Sous chaque véhicule se trouve un branchement qui part de la conduite générale et conduit l'air comprimé dans un réservoir appelé réservoir auxiliaire. Sous chaque véhicule également, se trouve un cylindre à frein, dans lequel

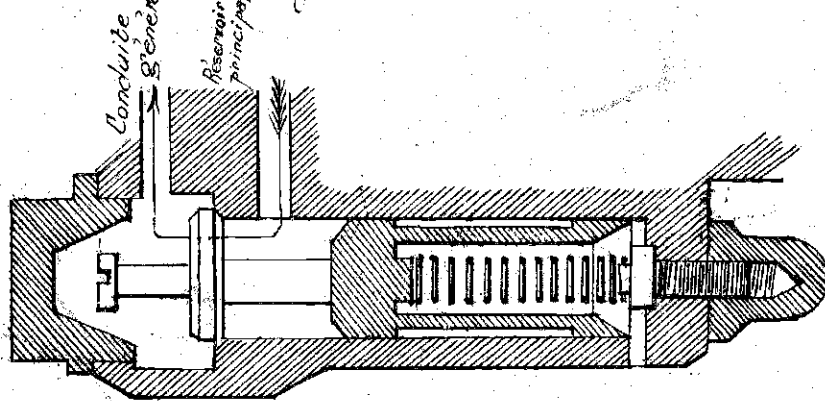
se mune un piston dont la tige est reliée à la timonerie du frein. Le serrage du frein est obtenu par l'envoi dans le cylindre à frein d'une certaine quantité d'air comprimé qui, appuyant sur le piston, assure le serrage des sabots. Pour serrer le frein, il suffit d'envoyer l'air comprimé du réservoir auxiliaire dans le cylindre à frein. Ce résultat est obtenu à l'aide d'un distributeur spécial appelé triple valve.

La triple valve est constituée essentiellement par un tiroir dont les deux positions donnent la communication du cylindre à frein, soit avec le réservoir auxiliaire dont il doit recevoir l'air comprimé, soit avec l'atmosphère pour permettre l'échappement de l'air comprimé. La tige de ce tiroir est commandée par un piston au-dessous duquel règne la pression de la conduite générale. Le jeu de la triple valve est obtenu par une dépression faite dans la conduite générale ou, au contraire, par un renvoi d'air comprimé dans cette conduite : si l'on fait dans la conduite générale une dépression, le piston de la triple valve baisse et déplace le tiroir ; si, au contraire, on recharge la conduite générale, on fait remonter le tiroir, on met le cylindre à frein en communication avec l'atmosphère et on desserre le frein. Toute la manœuvre de serrage ou de desserrage revient donc, soit à amener dans la conduite générale une dépression (serrage) soit, au contraire, à recharger cette conduite (desserrage) ; c'est ce que l'on fait à l'aide d'un appareil placé sur la machine et appelé robinet du mécanicien.

Sur la machine se trouve une pompe de compression actionnée par la vapeur et servant à maintenir une pression constante dans un réservoir appelé réservoir principal ; la pression dans le réservoir principal doit être maintenue à 6 ou 7 kilos, tandis que la pression dans la conduite générale est maintenue à 4 kilos.

Le robinet du mécanicien permet de faire une dépression dans la conduite générale en laissant échapper dans l'atmosphère une partie de l'air qui contient cette conduite ; on obtient ainsi un serrage du frein ; d'autre part, il permet de faire passer une partie de l'air du réservoir principal dans la conduite générale ; en opérant ainsi, on recharge la conduite générale, en, par suite, on obtient le desserrage du frein.

En marche normale, la pression dans la conduite générale doit être maintenue à 4 kilos, celle du réservoir principal à 6 kilos, mais, il peut se produire, par suite, de légères pertes, de petites dépressions dans la conduite générale, une communication permettant de maintenir toujours la conduite générale à la pression de 4 kilos. Une disposition spéciale permet de réaliser cette condition. L'air passe du réservoir principal dans la conduite générale en traversant dans le robinet



du mécanicien une valve spéciale équilibrée par un ressort réglé de telle façon

que la valve ne s'ouvre que si la pression dans la conduite générale n'atteint pas 4 kilogs.

Un manomètre à 2 aiguilles placé sous les yeux du mécanicien indique, à chaque instant la pression dans le réservoir principal et celle dans la conduite générale.

Le croquis ci-dessus (page 525) montre la disposition générale des appareils sur une machine, un tender ou une voiture.

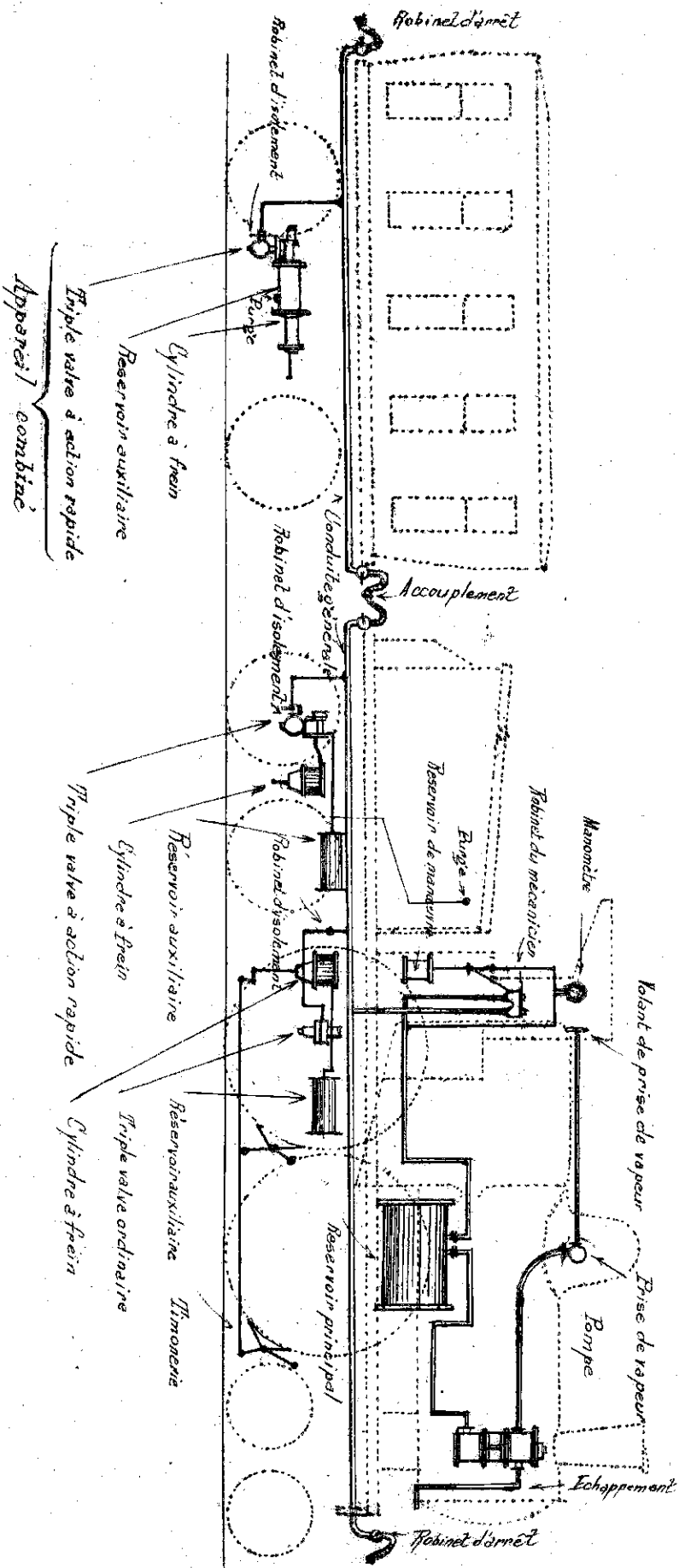
Frein Westinghouse à action rapide

Disposition des appareils —

Sur une voiture —

Sur le tender —

Sur la machine —

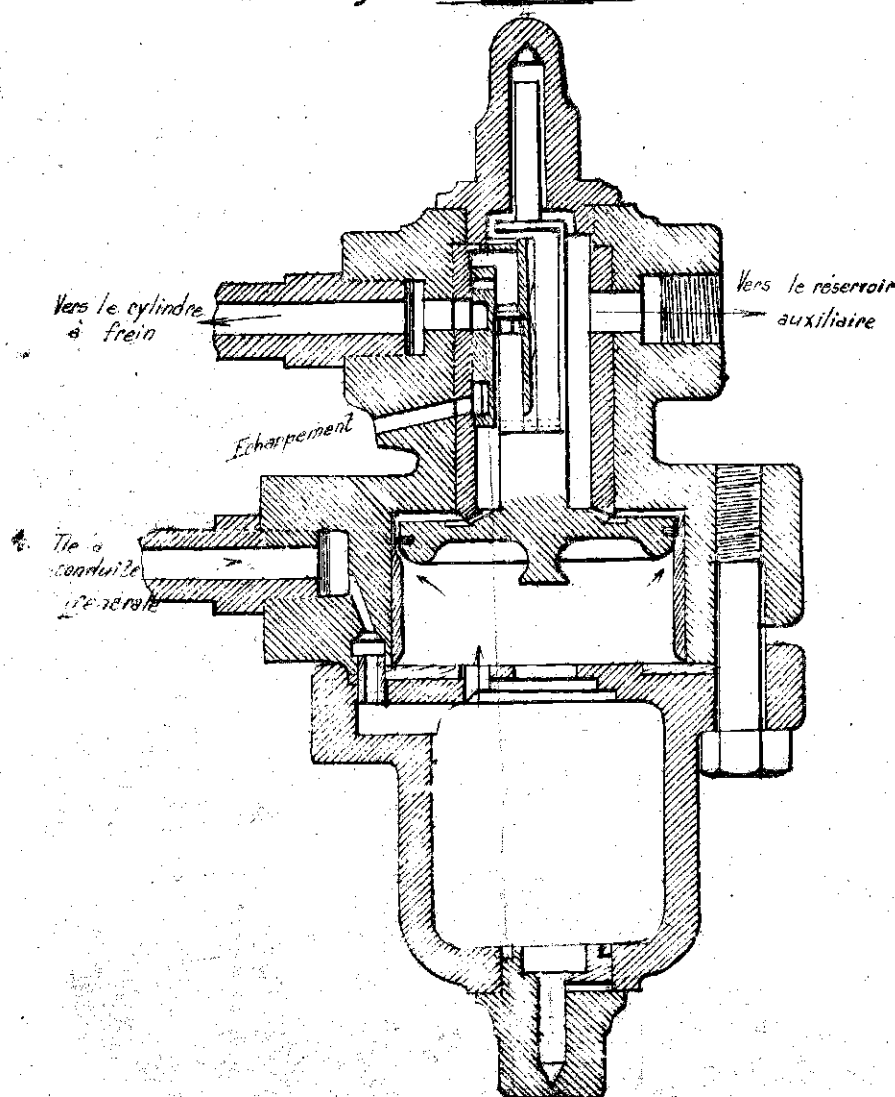


Dans la disposition représentée pour la voiture, la triple valve, le réservoir ou le cylindre à frein ne forment qu'une seule pièce appelée "appareil combiné".

Description des organes du frein. — Nous allons décrire successivement chacun des organes principaux du frein Westinghouse, à savoir: la triple valve, le robinet du mécanicien ou le compresseur.

Triple valve. — On distingue deux types de triples valves: la triple valve ordinaire, ou la triple valve à action rapide.

Triple valve ordinaire



La première est seule employée pour les locomotives; l'usage de la seconde est très répandu pour les voitures.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, la triple valve est constituée essentiellement par un tiroir commandant deux ouvertures; l'une donnant accès au cylindre, l'autre donnant accès dans l'atmosphère. Sur le dos du tiroir s'exerce la pression du réservoir auxiliaire. La tige du tiroir est commandée par

un piston qui se déplace dans un cylindre.

La partie inférieure du cylindre est en communication avec la conduite générale.

En marche normale, l'air comprimé de la conduite générale maintient le piston de la triple valve à fond de course, une rainure pratiquée dans la paroi du cylindre permet à l'air comprimé de passer de l'autre côté du piston pour maintenir la pression sur le dos du tiroir de la triple valve en dans le réservoir auxiliaire. Dans cette position, il n'y a pas d'air comprimé dans le cylindre à frein qui est en communication avec l'atmosphère. Si l'on vient à faire dans la conduite générale une dépression, le piston de la triple valve quitte son fond de course et ferme immédiatement la petite rainure par laquelle passait l'air comprimé; par suite du mouvement du tiroir entraîné par le piston, une partie de l'air comprimé du réservoir auxiliaire passe dans le cylindre à frein et serre les freins.

Une disposition ingénieuse permet de graduer le serrage en faisant dans la conduite générale des dépressions faibles et successives. A cet effet, on a disposé à l'intérieur du tiroir de la triple valve, une petite valve qui peut ouvrir, à travers le tiroir, un passage à l'air comprimé dans que le tiroir se déplace. La commande du tiroir est telle que si le piston se déplace d'un faible mouvement, il n'entraîne pas de suite le tiroir, mais amène seulement l'ouverture de la petite valve contenue dans le tiroir.

Dans ces conditions, si l'on fait dans la conduite générale une dépression peu importante, le mouvement du piston de la triple valve ouvre d'abord la petite valve; au bout d'un instant la pression de l'air dans le réservoir auxiliaire en la triple valve diminue par suite du passage d'une partie de cet air

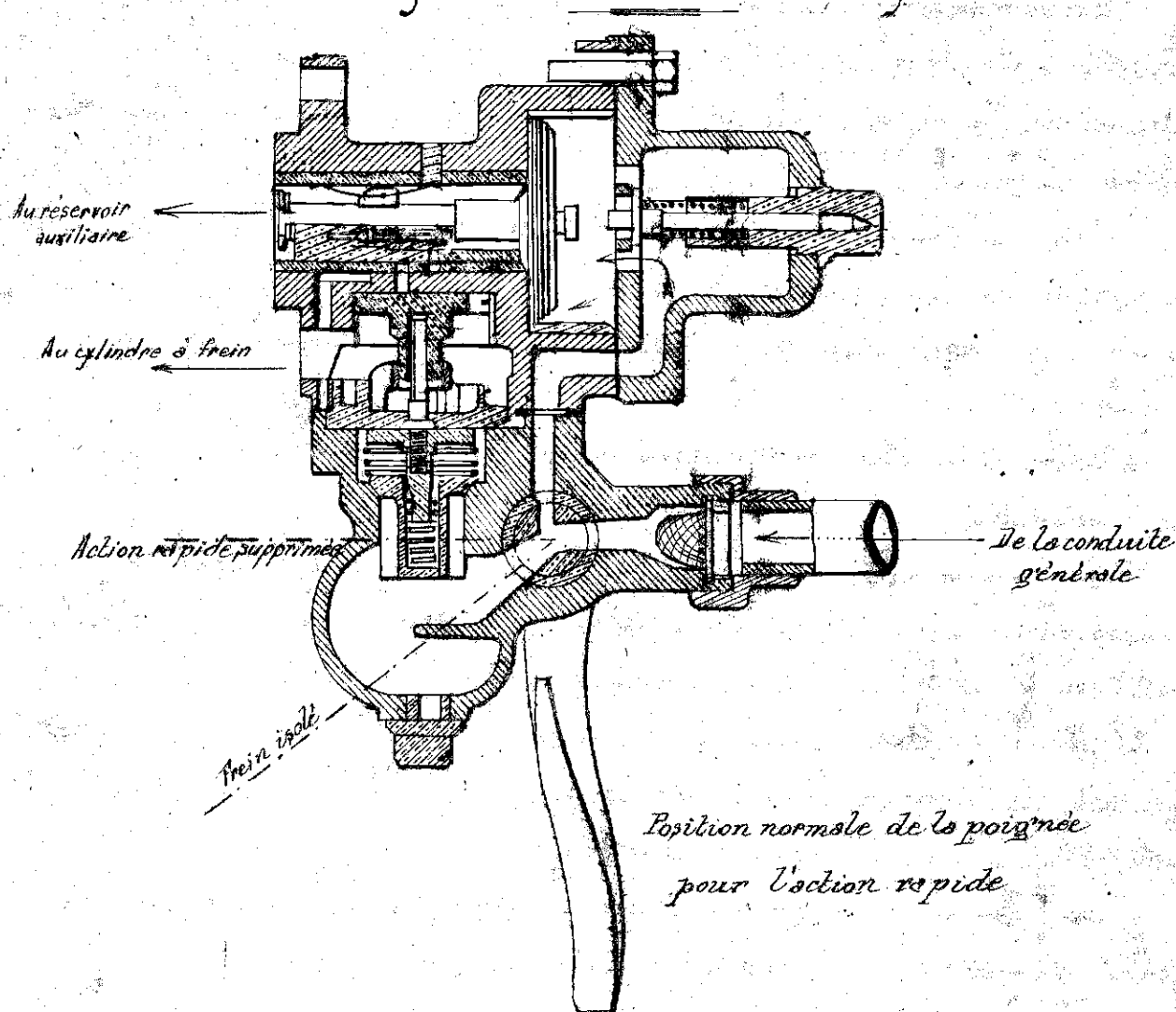
dans le cylindre à frein en fait équilibre à la pression de la conduite générale; le piston s'arrête et la petite valve se ferme. Si le mécanicien veut accentuer le serrage, il fait une nouvelle dépression en ainsi de suite; il peut donc obtenir un serrage plus ou moins rapide en faisant d'une façon judicieuse des dépressions successives dans la conduite générale. Pour obtenir, au contraire, un serrage rapide, on fait, dans la conduite générale, une dépression brusque en importante qui amène le piston à fond de course, entraîne le tiroir et découvre complètement la lumière qui permet le passage de l'air du réservoir auxiliaire dans le cylindre à frein.

Pour desserrer les freins, on fait, à l'aide du robinet du mécanicien, pénétrer l'air du réservoir principal dans la conduite générale et l'augmentation de pression qui en résulte dans celle-ci repousse, dans chaque triple valve, le piston à son fond de course supérieur et découvre la rainure par laquelle l'air pénètre dans le réservoir auxiliaire. Le jeu du tiroir a, dans ce mouvement, formé la communication du cylindre à frein avec le réservoir auxiliaire et inversement, au contraire, la communication de ce cylindre à frein avec l'échappement.

La triple valve à action rapide est plus compliquée. Pour un serrage, elle fonctionne exactement comme la triple valve ordinaire, mais par une disposition spéciale, lorsque l'on fait une dépression brusque, on amène le passage dans le cylindre à frein, non plus de l'air du réservoir auxiliaire, mais de l'air contenu dans la conduite générale. Sa partie supérieure est semblable à la triple valve ordinaire, avec cette différence que le cylindre est horizontal.

Lorsque l'on fait, dans la conduite générale, une dépression d'un kilo, le piston supérieur de la triple valve est porté brusquement vers son fond de course à droite.

Triples valve à action rapide



Dans ce mouvement, le tiroir de la triple valve découvre un orifice par lequel l'air du réservoir auxiliaire vient agir sur un piston secondaire qui s'abaisse en ouvrant une soupape. Celle-ci établit une communication directe entre la conduite centrale et le cylindre à frein. On a ainsi le double avantage : 1^{er} d'utiliser l'air qui reste dans la conduite générale pour agir directement sur le cylindre à frein ; 2^e de produire une rapide réduction de pression dans la conduite générale laquelle, transmise avec une vitesse extraordinaire, de véhicule en véhicule, permet de fonctionner simultanément tous les freins, même sur les plus longs trains.

Pour desserrer les freins, il suffit de renvoyer de l'air du réservoir principal dans la conduite générale en les différents organes de la triple valve à action rapide reprennent leur position normale.

Un robinet à trois voies permet de disposer la triple valve de façon qu'elle puisse fonctionner à l'action rapide, ou de façon, au contraire, à immobiliser le freinage à l'action rapide.

Robinet du mécanicien. — Le robinet du mécanicien doit permettre :

1^{re} de charger d'air comprimé les appareils du train et de desserrer les freins en faisant passer dans la conduite générale une partie de l'air contenu dans le réservoir principal ;

2^{re} d'alimenter pendant la marche normale la conduite générale de façon à compenser les fuites et à maintenir dans cette conduite une pression de 4 kilos.

3^{re} de faire dans la conduite générale les dépressions convenables pour permettre le serrage des freins.

Le robinet présente une disposition permettant : de faire soit un serrage modéré servant à provoquer dans la conduite générale une dépression peu importante, soit, au contraire, un serrage rapide, en amenant brusquement dans la conduite une dépression d'au moins un kilo. Enfin, une autre position du robinet permet de couper toute communication de la conduite générale, soit avec l'atmosphère, soit avec le réservoir principal. Le robinet peut donc occuper 5 positions qui sont les suivantes :

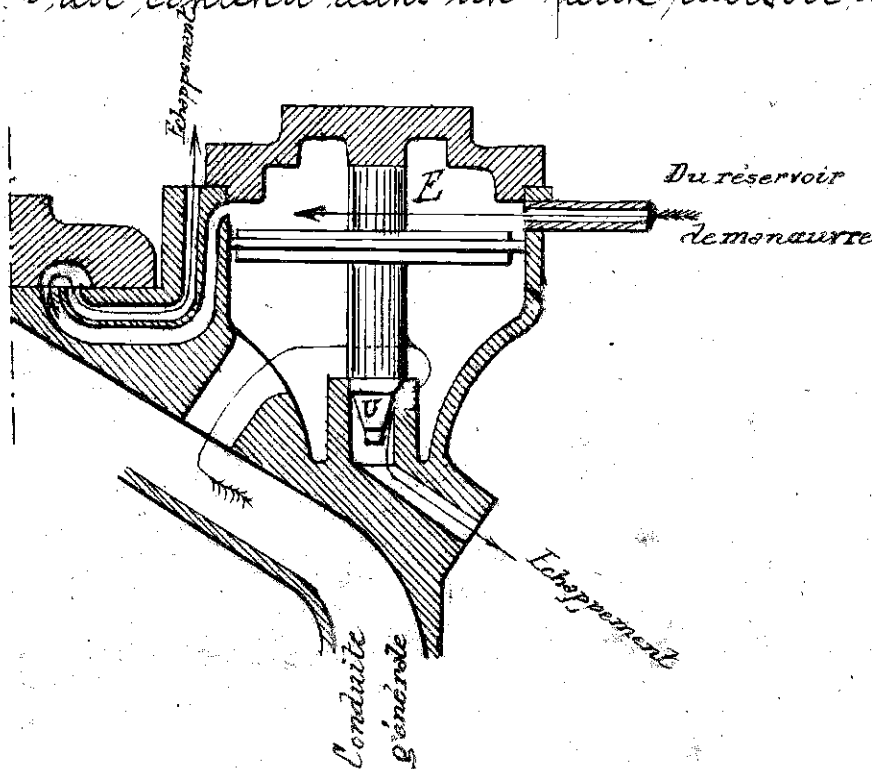
1^{re} position — charge de la conduite en desserrage des freins ;

2^{re} - 4^{re} — position normale de marche ;

- 3^e position - position neutre ;
 4^e position - serrage modéré ;
 5^e - d. - serrage rapide.

Le robinet du dernier modèle présente une disposition automatique dite à décharge égalisatrice, dans le but en d'éviter les conséquences fâcheuses d'une manœuvre brusque ou maladroite du robinet. En effet, si, après avoir provoqué pour un serrage une évacuation assez rapide de l'air, on ferme brusquement l'échappement, l'air venant de l'arrière à l'avant du train peut produire un coup de bélier qui occasionne un desserrage des freins des véhicules de tête. Pour obtenir un fonctionnement régulier de tous les freins, il faut, dans les serrages modérés, que l'air soit évacué graduellement de la conduite générale en que l'échappement d'air soit fermé doucement.

La décharge égalisatrice est basée sur le principe suivant : dans les serrages ordinaires, le mécanicien n'évacue pas directement l'air de la conduite générale, mais il agit sur l'air contenu dans un petit réservoir de manœuvre relié



à la chambre E du robinet (voir croquis ci-contre). Cette chambre E est séparée de la conduite générale par un petit piston égalisateur qui commande la valve d'échappement V. Une dépression produite dans la

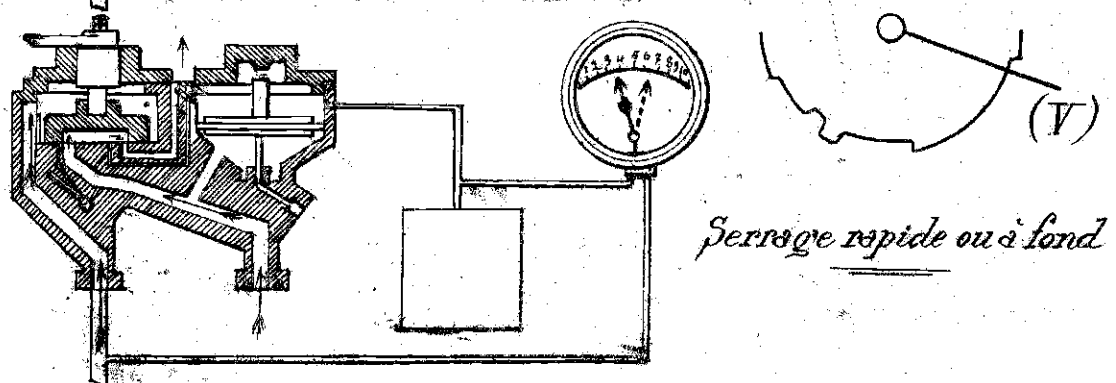
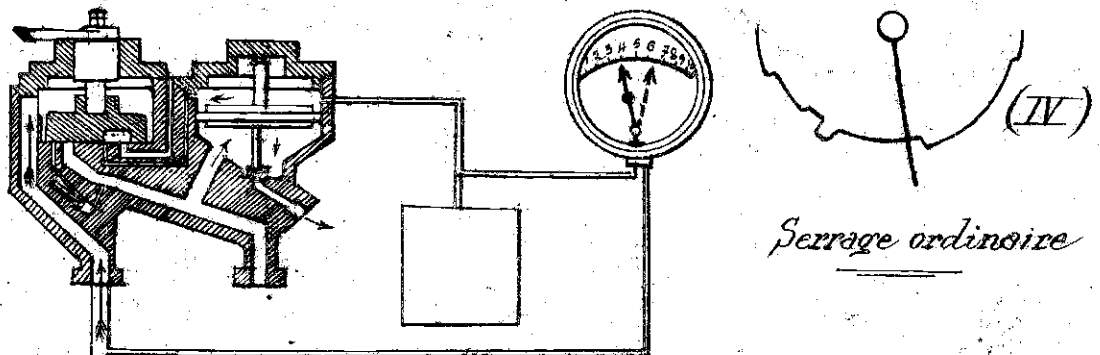
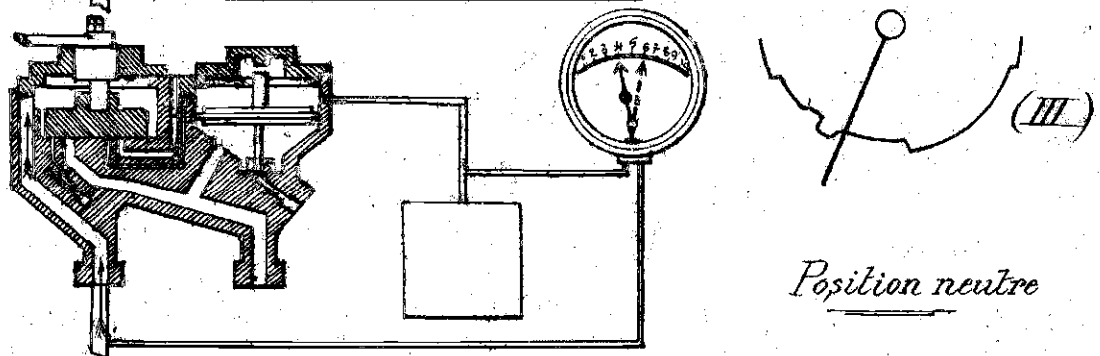
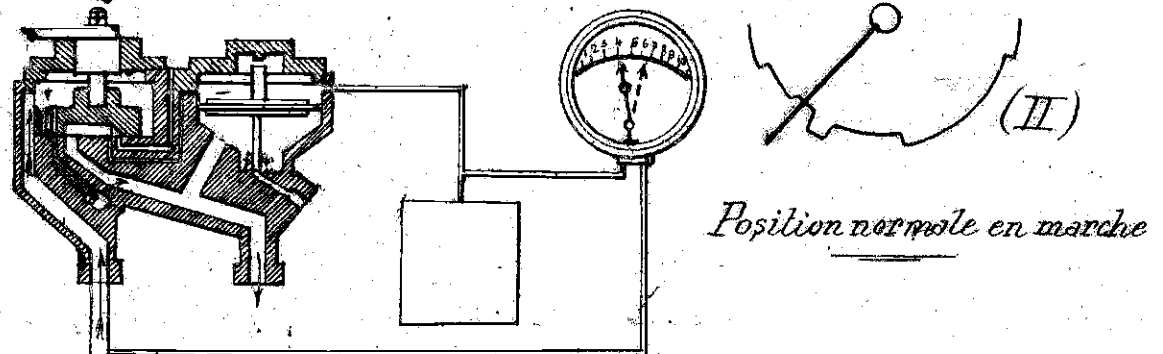
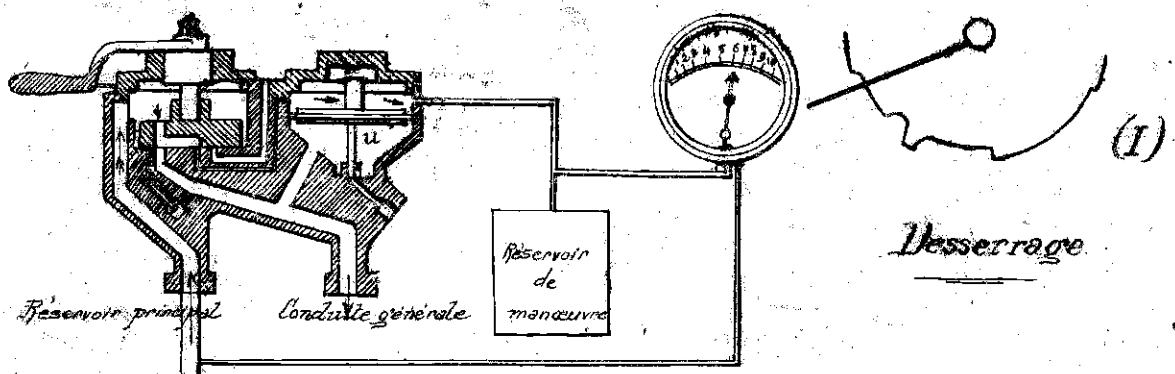
chambre E a pour effet de faire remonter le piston et de permettre l'échappement par la valve U d'une partie de l'air de la conduite générale jusqu'à ce qu'il y ait égalité de pression de part et d'autre du piston. Si le mécanicien ferme brusquement l'échappement du réservoir de manœuvre, la valve de décharge U ne se ferme pas brusquement, car elle est commandée par le piston égalisateur, qui ne descendra que graduellement; on obtiendra ainsi une réduction de pression régulière sur toute la longueur du train.

Le robinet du mécanicien se compose essentiellement d'un corps contenant deux chambres: la chambre de la valve principale donne le mouvement en actionné directement par la poignée placée dans la main du mécanicien et la chambre de la valve égalisatrice.

Le robinet présente trois tubulures sur lesquelles sont fixés les tuyaux aboutissant, l'un au petit réservoir, le second au réservoir principal, et le troisième à la conduite générale.

La valve principale est une sorte de disque dont le mouvement est commandé par la poignée du robinet. Ce disque est la table sur laquelle il se déplace présentent des ouvertures et des cavités dont la position relative assure, suivant la position donnée à la poignée du robinet, des communications, soit du réservoir principal à la conduite générale ou au petit réservoir, soit du petit réservoir ou de la conduite générale vers l'échappement. Ses figures ci-après (la disposition des différentes ouvertures a été légèrement modifiée pour en rendre l'observation plus facile) montrent d'une façon assez claire les différents mouvements de l'air comprimé correspondant aux 5 positions de la poignée du robinet.

1^{re} pour charger la conduite et desserrer les freins, l'air



comprimé du réservoir principal passe librement dans la conduite générale et dans le petit réservoir de manœuvre, la valve d'échappement *V* est fermée et le piston égalisateur se trouve en équilibre. (Croquis I)

2^e position normale de marche. L'air du réservoir principal n'entre pas librement dans la conduite générale, mais passe par la valve de retenue. Cette valve est maintenue par un ressort réglé de telle façon que la valve est fermée si la pression de la conduite générale atteint 4 kilos. Si, au contraire, la pression dans la conduite générale baisse au-dessous de 4 kilos, l'air du réservoir principal peut passer par la valve de retenue et pénétrer dans la conduite générale de façon à y maintenir toujours cette pression de 4 kilos (croquis II)

3^e position neutre. Tous les orifices de la valve principale ainsi que de son siège sont fermés, il n'y a plus aucune communication entre le réservoir principal, la conduite générale, le petit réservoir et l'échappement (croquis III).

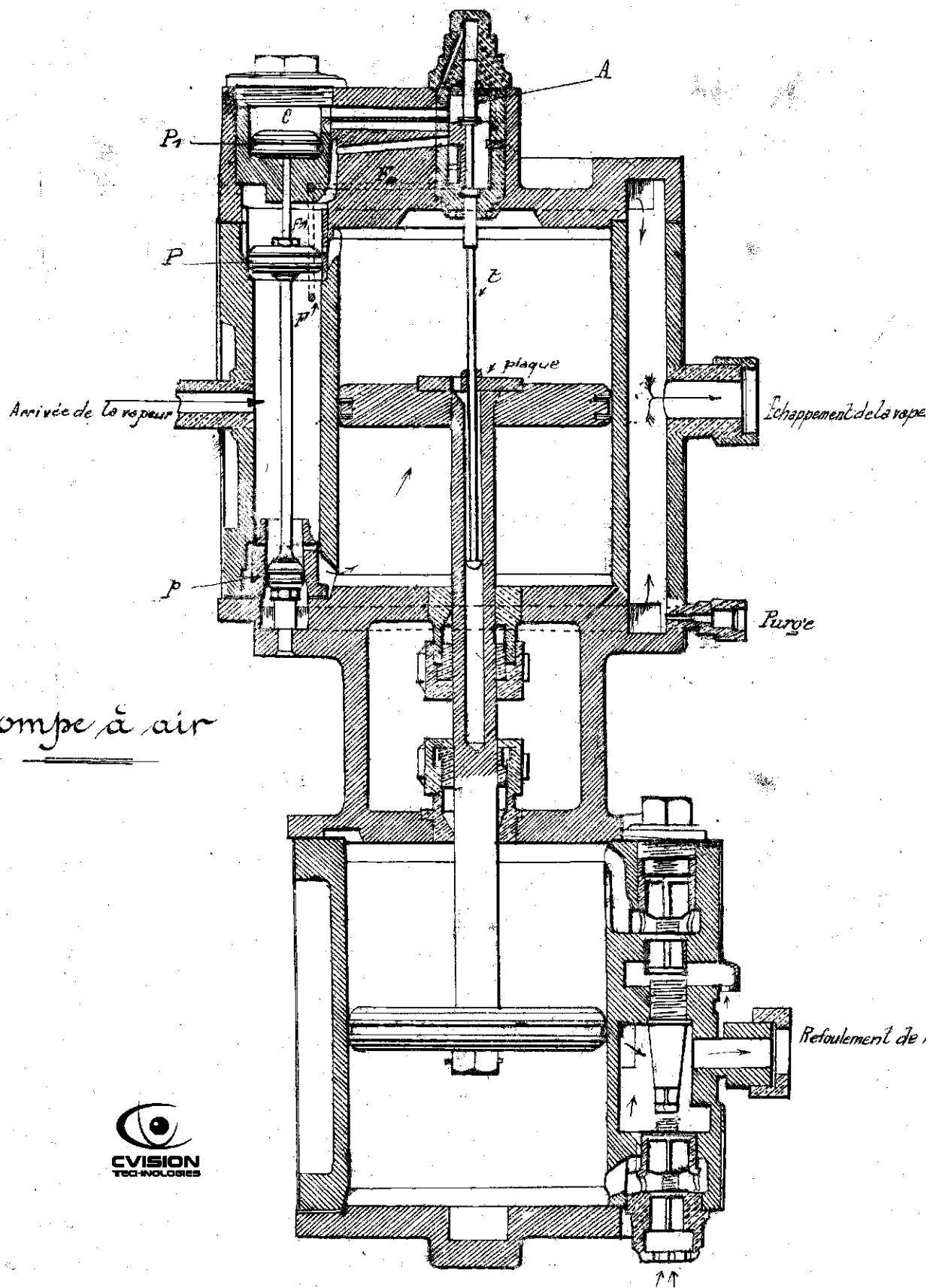
4^e position pour l'action graduée du frein, serrage ordinaire; l'air du petit réservoir de manœuvre et de la chambre *E* s'échappe dans l'atmosphère. Or, ce fait, le piston égalisateur remonte et laisse échapper une partie de l'air de la conduite générale. Dès que l'échappement a été suffisant pour que la pression dans toute la conduite générale soit devenue égale à celle qui existe au-dessus du piston égalisateur, ce dernier retombe et ferme l'échappement.

5^e serrage rapide ou à fond. Une communication large est établie entre la conduite générale et l'atmosphère; l'air de la conduite générale s'échappe très rapidement et amène le serrage rapide en provoquant le fonctionnement à l'action rapide des triples valves des sauteres.

Compresseur. - Dans la pompe à air, le cylindre à air déposé à la partie inférieure ne présente rien de particulier. Le cylindre à vapeur comporte une distribution intéressante. La vapeur de la chaudière pénètre dans l'espace compris entre les deux pistons P, p , commandés par une même tige. Le piston supérieur étant plus grand que le piston inférieur, la pression tend à soulever l'ensemble lorsqu'il n'en pas retenu en bas par la pression plus grande du piston P , se mouvant dans un cylindre situé au-dessus. Ce dernier piston est maintenu baissé par la pression de la vapeur arrivant de la chambre A laquelle est toujours en communication à l'aide du conduit F avec l'espace compris entre les deux pistons P et p .

La position indiquée sur la figure correspond au passage de la vapeur par les orifices inférieurs pour soulever le piston principal. Au moment où ce piston achève sa course ascensionnelle, la plaque qu'il porte sur sa partie supérieure soulève la tige E et avec elle le tiroir qui ferme la communication entre la chambre A et le cylindre C en ouvre en même temps l'orifice d'échappement dans l'atmosphère supprimant ainsi la pression sur la face supérieure du piston P ; de ce fait l'ensemble des pistons P, p est soulevé, la vapeur entre alors dans la partie supérieure du cylindre principal tandis que la partie inférieure correspond avec l'échappement, le piston reprend donc sa course vers le bas, et ainsi de suite.

Le frein Westinghouse est automatique car toute avarie, toute rupture d'attelage, toute rupture de tuyau d'assemblage, toute perte se produisant à la conduite générale ou aux appareils des voitures a pour effet d'amener un serrage automatique des freins. De ce fait, le train est



Pompe à air

arrêté, en le personnel en averti de l'avarie, c'est évidemment là un avantage. Par contre, on a l'inconvénient de rester ainsi en détresse en pleine voie, il importe de pouvoir se remettre en marche sans trop de retard. A cet effet, des dispositifs spéciaux permettent, en cas d'avarie, de supprimer le frein, soit sur une voiture, soit sur une partie du train, soit même sur le train tout entier. Chaque voiture est munie d'un robinet d'isolement, robinet placé sur le branchement de la conduite générale en donnant la fermeture séparée de cette conduite l'ensemble des appareils de cette voiture, triple valve, réservoir auxiliaire, cylindre à frein. Suivant la disposition de ces appareils la position du robinet d'isolement peut être différente. Lorsqu'on emploie la triple valve à action rapide, c'est généralement le robinet destiné à permettre le fonctionnement à l'action rapide ou à l'action ordinaire qui est également utilisé comme robinet d'isolement. Ce robinet a ainsi 3 positions, sa position intermédiaire supprime toute communication avec la conduite générale.

Mais, lorsque la voiture est isolée, il faut encore, avant de remettre le train en marche, que les sabots de cette voiture soient desserrés en il faut avoir la certitude qu'ils ne resserreront pas en cours de route. A cet effet, une valve de purge donne la commande est placée sur le côté de chaque voiture permet de vider l'air comprimé qui se trouve dans les appareils de la voiture.

Enfin, à l'extrémité de chaque voiture, un robinet permet de fermer la conduite générale.

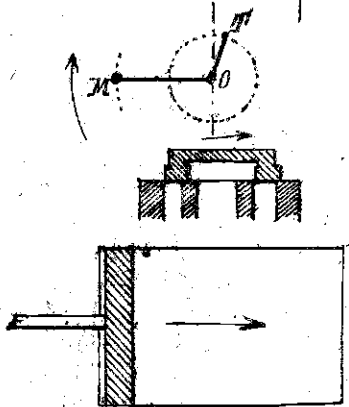
Si une avarie intéresse les appareils d'une voiture, on isole la voiture, et on en vide les appareils. Si l'avarie intéresse la conduite générale, on coupe cette conduite générale en

avant de la voiture où se trouve l'asarie, on supprime le frein sur toutes les voitures de queue en on vide le réservoir.

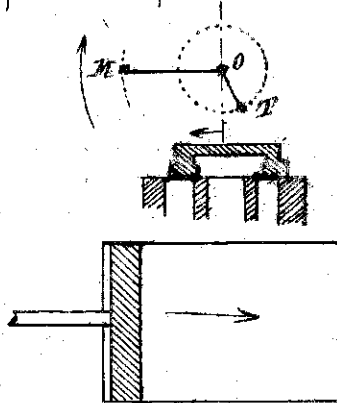
Contre-vapeur. - La contre-vapeur constitue un moyen puissant mis à la disposition du mécanicien pour enrayer la marche de son train.

Le principe de la contre-vapeur est d'employer la vapeur de la chaudière à exercer sur le piston un travail résistant au lieu du travail moteur qu'elle exerce pour la marche normale. Pour battre contre-vapeur, il suffit lorsque la machine avance vers l'avant de mettre le changement de marche dans la position de la marche arrière en d'ouvrir le régulateur.

Il est facile de se rendre compte de ce qui se passe dans le cylindre lorsqu'on bat contre-vapeur. Supposons que nous partions de la position du piston fond de course arrière. La



Marche ordinaire



Marche à contre-vapeur

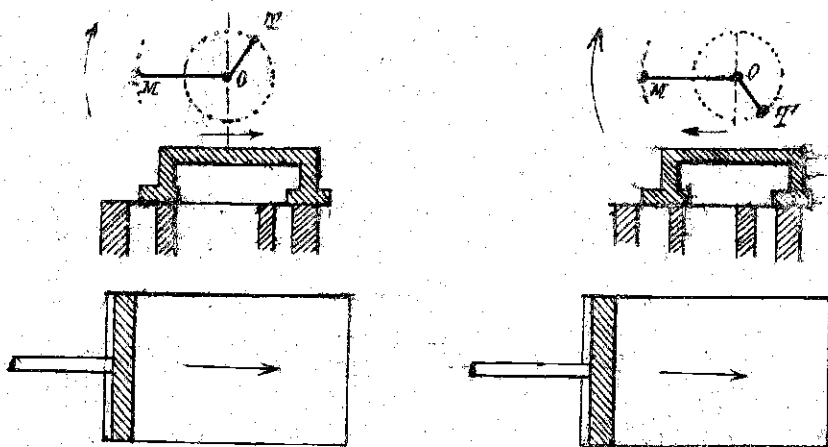
manivelle motrice continuant à tourner dans le sens de la marche avant, changeons la marche de façon que le ti-

roir soit commandé par la barre d'excentrique d'arrière. Le tiroir qui, pour la marche avant, avance pour découvrir d'abord la lumière vers l'admission, va, au contraire, reculer vers l'arrière pour fermer la lumière d'admission en ouvrir ensuite l'échappement.

Supposons pour un moment le cas d'un tiroir sans recouvrement. Si l'on bat contre-vapeur, on voit que, pendant toute

la course du piston de l'arrière vers l'avant du cylindre, la partie arrière du cylindre sera en communication avec l'échappement, et, au contraire, pendant la course rétrograde cette partie arrière du cylindre sera en communication avec l'admission. Pendant la course de l'arrière vers l'avant, le mouvement du piston, aura donc pour effet d'aspirer l'air et les gaz qui sont dans l'échappement; pendant sa course rétrograde, le piston rencontrera la vapeur arrivant par la lumière d'admission, vapeur à la pression de la chaudière qui tendra à s'opposer à son mouvement, en qu'il, devra refouler vers la chaudière. La vapeur exercera donc sur le piston, pendant cette course rétrograde, un effort résistant égal à l'effort moteur qu'elle exercerait sur ce même piston pendant la course vers l'avant, s'il s'agissait de la marche normale.

Si l'en considère maintenant le tiroir à recouvrement,



Marche ordinaire

Marche à contre-vapeur

on peut suivre aisément ce qui se passe; dans la partie arrière du cylindre, par exemple, pendant les différentes phases de la distribution.

À un moment où le piston part de son fond de course arrière, la lumière d'arrière est ouverte, vers l'admission, d'une quantité égale à l'asane, à l'admission, mais le mouvement du tiroir la ferme presque immédiatement; il y a donc une première

période donnant une petite admission de vapeur dans le cylindre. Pendant la période suivante où la lumière est fermée, il y a détente de cette vapeur, il y a donc encore un effort moteur; cette période correspond à la période de compression pour la marche normale. Viens ensuite la troisième période, qui commence au moment où le train découvre la lumière d'arrière vers l'échappement. Pendant cette période, la vapeur enfermée dans la partie arrière du cylindre se raréfie de plus en plus, il y a aspiration des gaz de l'échappement dans le cylindre. Pendant la course rétrograde du piston la quatrième période donne la communication du cylindre; il y a aspiration des gaz de l'échappement dans le cylindre; pendant la cinquième période, la lumière d'arrière est bouchée par le tiroir; le piston comprime dans le cylindre les gaz qui y sont contenus. Enfin, dans la sixième période, la partie arrière du cylindre communique avec l'admission; le piston repousse dans la chaudière les gaz contenus dans le cylindre et doit pour avancer vaincre l'effort de la vapeur de la chaudière. Pendant cette sixième période s'exerce un travail résistant à pleine pression qui dure pendant une portion de la course du piston égale à la période d'admission à marche normale. Pour que ce travail résistant soit aussi considérable que possible, on a donc intérêt en marche à contre-vapeur à augmenter la sixième période en, dans ce but, à mettre la marche à bout de course.

Si la marche à contre-vapeur est un frein très puissant, elle peut aussi présenter certains inconvénients. En effet, le mouvement du piston a pour effet d'aspirer de l'air et des gaz chauds de la boîte à fumée pour les refouler dans la chaudière. L'introduction d'air dans la chaudière y fait monter la pression

qui atteints rapidement une valeur supérieure au timbre en train à faire dangereuse. De plus, les gaz pris dans la boîte à fumée sont chauds et chargés de poussière en leur introduction dans les cylindres a pour effet de les sécher, de les rayer et de brûler les garnitures.

Pour éviter ces inconvénients, on emploie généralement, lorsqu'on veut lutter contre vapeur, ce qu'on appelle l'injection d'eau, consistant en un tuyau partant de la chaudière et débouchant au bas de l'échappement. Ce tuyau permet d'envoyer dans la partie basse de l'échappement un mélange d'eau et de vapeur qu'on lance avant même de renverser la marche et qu'on laisse fonctionner pendant tout le temps où l'on bar contre-vapeur. De ce fait, le mouvement du piston pendant la marche à contre-vapeur aspire dans l'échappement non plus un mélange d'air et de gaz chauds, mais un mélange d'eau et de vapeur dont l'introduction dans la chaudière ne fait plus monter sensiblement la pression et qui a pour effet de laver les cylindres et les têtes des tiroirs. On évite ainsi, presque complètement, les inconvénients signalés.

La contre-vapeur doit être employée dans deux cas différents, soit en cas de danger pour arriver de réaliser plus rapidement l'arrêt, avant un obstacle ou un signal, soit, en cas le cas le plus fréquent, pour éviter que le train ne prenne une accélération trop grande dans les pentes. L'effet de la contre-vapeur est d'ailleurs beaucoup plus puissant lorsqu'on n'a pas laissé prendre au train une vitesse trop grande; on doit donc, de préférence, en user dès le commencement d'une descente et ne pas attendre pour cela que le train soit emballé.

Emploi du sable pour aider à réaliser les arrêts.

Lorsqu'un mécanicien doit réaliser un arrêt d'urgence, il

peut se servir d'abord de ses freins, puis de la contre-vapeur. On lui recommande aussi de se servir de la sablière. Le sable projeté sur le rail augmente le frottement et, par suite, la résistance du train, mais il a surtout pour effet, lorsque le rail est glissant, de retarder le moment où les roues sont calées et, à ce point de vue, l'usage du sable est une précaution indispensable dans les arrêts rapides.

Formule donnant la relation entre le poids freiné et l'espace nécessaire pour réaliser les arrêts. - Il est nécessaire que, dans un train, le poids freiné soit suffisant pour permettre au mécanicien de réaliser l'arrêt sur un parcours peu considérable. Plus il y aura de véhicules freinés, plus l'arrêt sera rapide; c'est pourquoi on a généralisé, pour les trains de voyageurs, l'emploi des freins continus avec lesquels on arrive à freiner presque la totalité du poids du train. Sur les trains de marchandises, il n'y a jamais qu'un nombre assez restreint de wagons munis du frein.

Pratiquement, on établit dans chaque Compagnie des tableaux indiquant le minimum de freins imposés pour une charge déterminée; mais, pour établir ces tableaux, il faut partir de données que l'on doit chercher par le calcul.

D'autre part, même pour les trains de voyageurs munis de freins continus, il est intéressant de se demander sur quel espace ils pourront réaliser l'arrêt. Ses données du problème sont assez compliquées, car l'arrêt dépendra non seulement du poids freiné, mais encore de la nature des freins, de l'état des surfaces de frottement, des conditions atmosphériques. Quoiqu'il en soit, on peut, en faisant quelques hypothèses, arriver à une formule qui donne des résultats satisfaisants. Elle peut être établie de la façon suivante :

Soons supposons que le train marchant à une vitesse déterminée, on applique brusquement les freins, de façon à enrayer complètement les roues, c'est l'hypothèse la plus défavorable. Nous chercherons quel espace le train parcourra jusqu'au moment où la vitesse sera réduite à 0.

Soient :

P Poids total du train en kilogrammes (machine en tender compris)

v Vitesse en mètres par seconde ;

P' Poids des parties tournantes ; (on admet $P' = 0,16 P$)

R Rayon de roulement ;

ω Vitesse angulaire de rotation ;

R' Rayon moyen de giration des parties tournantes (on admet $\frac{R'^2}{R^2} = 0,5$)

p Poids enrayerable par les freins sur l'ensemble du train et de la machine ;

p' - d' - des parties tournantes (on admet $p' = 0,16 p$)

f Coefficient de frottement des roues enrayerées ;

f' Coefficient de résistance au roulement ;

K Résistance propre des organes de la machine ;

$\pm i$ Déclivité en millimètres par mètre (+ pentes, - rampes) ;

s Longueur sur laquelle on obtient l'arrêt.

À la vitesse v , la puissance $\left\{ \frac{Pv^2}{2g} \right.$ puissance vive de translation, plus
vive totale du train est : $\left. \frac{P'}{2g} \omega^2 R'^2 \right.$ puissance vive de rotation

soit :
$$\frac{Pv^2}{2g} + \frac{P' \omega^2 R'^2}{2g}$$

Or : $R'^2 = 0,5 R^2$ en $v = \omega R$ d'où $\omega = \frac{v}{R}$

L'expression de la puissance vive devient donc :

$$\frac{Pv^2}{2g} + \frac{P'}{2g} v^2 \times 0,5 \quad \text{ou} \quad \frac{v^2}{2g} (P + 0,5 P')$$

Si un poids p' des parties tournantes est suppose enrayeré, la puissance vive n'est plus que : $\frac{v^2}{2g} [P + 0,5 (P' - p')]$.

La force retardatrice qui agit sur le train se compose (en supposant les freins enrayés) de :

résistance au roulement	$(P-p) f'$	} $(P-p) f' + p f + K \pm \frac{P_i}{1000}$
résistance au glissement du poids enrayé	$p f$	
résistance propre de la machine	K	
composante de la pesanteur	$\pm \frac{P_i}{1000}$	

En appliquant le théorème des forces vives, depuis le moment où les freins sont mis en action jusqu'à l'arrêt, on aura, en appelant s l'espace parcouru en mètres pendant ce temps :

$$\frac{v^2}{2g} [P + 0,5 (P-p')] = s [(P-p) f' + p f + K \pm \frac{P_i}{1000}]$$

On admet $P' = 0,16 P$ $p' = 0,16 p$, ce qui donne :

$$\frac{v^2}{2g} \left[1 + 0,08 \left(1 - \frac{p}{P} \right) \right] = s \left[\left(1 - \frac{p}{P} \right) f' + f \frac{p}{P} + \frac{K}{P} \pm \frac{i}{1000} \right]$$

Si l'on prend comme donnée la distance sur laquelle on veut réaliser l'arrêt quand on marche à une vitesse déterminée, on tire de cette formule le coefficient de freinage $R = \frac{P}{P}$

$$R = \frac{P}{P} = \frac{1,08 \frac{v^2}{2g} \pm \frac{i}{1000} - f' - \frac{K}{P}}{f - f' + 0,08 \frac{v^2}{2g}} \quad (\text{formule 1})$$

On prend $f = 0,104$ } Résultats d'expérience, v étant la vitesse moyenne pendant la période d'arrêt.
 f' est donné par $1000 f' = 3 + 0,0012 v^2$

On a ainsi les valeurs ci-dessous pour f' :

Vitesse de marche

90	_____	0,00543
80	_____	0,00492
75	_____	0,00468
	_____	0,00445

Vitesse de marche	f'
60	0,00408
55	0,00392
50	0,00363
45	0,00356
40	0,00343
30	0,00327
20	0,00312

La valeur de $\frac{K}{P}$, calculée, en considérant les machines actuelles en les poids des trains les plus lourds, peut être estimée à 0,0006 c'est-à-dire presque négligeable.

Au lieu de tirer de l'équation le coefficient de freinage on peut tirer la longueur d'arrêt s , on a :

$$s = \frac{\frac{v^2}{2g} \left[1 + 0,08 \left(\frac{P}{P} \right) \right]}{(f - f') \frac{P}{P} + f' + \frac{K}{P} \pm \frac{1}{1000}} \quad (\text{formule 2})$$

Il est important de ne pas oublier que l'équation de départ est établie en supposant les freins enrayés dès le début de la mise en action des appareils. En réalité, cet enrayage n'est pas toujours obtenu aussi rapidement, mais cette circonstance est plutôt favorable à l'arrêt du train. En effet, tant qu'il n'y a pas enrayage le frottement s'exerce entre les sabots des freins et les bandages des roues. Les surfaces en contact se renouvellent rapidement de sorte que le coefficient de frottement acquiert et conserve une valeur très forte. Si, au contraire, le glissement sur le rail dure un certain temps, la surface frottante du bandage se polit, forme facette, et le coefficient de frottement diminue rapidement.

En appliquant la formule 2 ci-dessus au cas d'un train de 300 tonnes, muni du frein Westinghouse, marchant à

$\frac{9m}{L} \frac{Cm}{L} \frac{9m}{L}$

100 kilomètres sur une voie en palier en remorqué par machine en tender pesant ensemble 108 tonnes, avec poids freinable de 374 tonnes on trouve $s = 415$ mètres :

Application de la formule 1

Cette formule donne le coefficient total de freinage $\frac{P}{P}$ pour le train complet (machine comprise).

Or, pour la machine la proportion du poids freiné au poids total de la machine est toujours plus forte que $\frac{P}{P}$.

Il en résulte que l'on pourra prendre pour coefficient de freinage du train proprement dit, un chiffre inférieur à celui calculé par la formule 1 de sorte que si l'on appelle :

α , ce nouveau coefficient ;

P_1 , le poids du train proprement dit (machine non comprise,

M , le poids du moteur ;

β le coefficient de freinage du moteur ;

On pourra écrire d'une façon différente le coefficient $R = \frac{P}{P}$

$$R = \frac{P}{P} = \frac{\frac{\text{Poids freiné du moteur}}{\beta M} + \frac{\text{Poids freiné du train}}{\alpha P_1}}{(M + P_1)} \quad \text{d'où :}$$

$$\alpha = \frac{(R - \beta)M + P_1 R}{P_1}$$

C'est par les applications successives de cette formule (dans laquelle on attribue à M et P_1 successivement des valeurs connues, résultats de l'expérience) que l'on déduit, pour une série de machines données, les diverses valeurs de α d'après les diverses valeurs de R calculées successivement pour des pentes différentes (d'après la formule 1). Le coefficient β est évidemment connu puisqu'il résulte de la construction de la machine.

Il reste à noter que, pour chaque section de ligne, on

a. déterminé, en ce qui concerne le profil, une rampe ou une pente moyenne d'après l'examen du profil détaillé de la ligne.

On a ainsi trouvé en adopté sur le Nord :

α	=	$1/20$	_____	0	à	4 m m
α	=	$1/16$	_____	5	à	6 m m
α	=	$1/14$	_____	7	,	8 , 9 "
α	=	$1/11$	_____	10	,	11 , 12 "
α	=	$1/9$	_____	13	,	14 , 15 "
α	=	$1/7$	_____	16	,	17 , 18 "

Exploitation commerciale

L'exploitation commerciale d'une Cie de Chemins de Fer comprend l'ensemble des opérations qui ont pour but de développer le plus possible, sur les lignes de cette Compagnie les transports de voyageurs en de marchandises faisant produire à ces transports un bénéfice suffisant. Ce résultat est obtenu principalement par une bonne utilisation du matériel roulant et par l'offre au Public de prix de transport ou taxes en qui puissent être supportés par les voyageurs et les marchandises.

L'étude de l'exploitation commerciale consistera donc à examiner la question des tarifs, c'est-à-dire des taxes que les Cies de Chemins de Fer sont autorisées à percevoir au Public pendant la durée de leur concession pour les indemniser des dépenses

que leur imposent les cahiers des charges. Après avoir défini les termes techniques couramment employés, nous passerons successivement en revue les points suivants.

- A. - Historique des tarifs ;
 - B. - Homologation des tarifs ;
 - C. - Formes diverses des tarifs, établissement des barèmes ;
 - D. - Tarif maxima du Cahier des Charges en G. & C. Tarif d'application.
 - E. - Tarif du Cahier des Charges généraux en spéciaux G. & C.
- Colis postaux.
- F. - Tarif du Cahier des Charges généraux en spéciaux G. & C.
 - G. - Tarif internationaux ;
 - H. - Factage, Camionnage ;
 - I. - Coefficient d'exploitation.

Définitions

1^{er} Le Cahier des Charges est un document qui énumère les conditions imposées aux Compagnies pour jouir du monopole des transports par voie ferrée.

2^{es} Tarifs. - Les tarifs indiquent les prix des transports à 1 kilomètre de distance, par voyageur, tête d'animal, ou tonne de marchandise. Mais en outre de ces tarifs kilométriques, il existe certains prix fermes appliqués entre deux points déterminés pour favoriser un courant de transport. Les gares intermédiaires situées sur l'itinéraire retenant les 2 points bénéficient également de ces prix fermes. On distingue trois sortes de tarifs, savoir :

- 1^{er} le tarif légal ou maximum déterminé par le Cahier des Charges en que la Compagnie ne peut dépasser.
- 2^{es} le tarif général appliqué en fait par les Compagnies, en

donn des prix divisés en séries suivant la nature des marchandises sont presque tous inférieurs à ceux du tarif légal.

3^e les tarifs spéciaux comportant des réductions variables sur les prix du tarif général, en accordant en échange certains avantages aux transporteurs.

Parmi les tarifs spéciaux, il convient de citer :

les tarifs communs et internationaux concernant les marchandises voyageant sur plusieurs réseaux ou passant par plusieurs pays en bénéficiant d'un seul tarif;

les tarifs de transit, appliqués aux produits qui ne font que traverser le pays en dont les Compagnies désirent obtenir le transport en appliquant un tarif inférieur à celui des Compagnies étrangères concurrentes.

Les tarifs sont établis suivant des barèmes en dix^e et les correspondants, indiquant la taxe à percevoir suivant le nombre de kilomètres parcourus.

Homologation. — Les tarifs de Chemins de Fer ne peuvent être appliqués qu'après homologation du Ministre des Travaux Publics. Il s'agit là d'une homologation administrative qui leur donne force de loi.

Le Comité consultatif des Chemins de fer placé près du Ministre des Travaux Publics pour donner son avis sur tout ce qui concerne l'exploitation, en présidé par lui, se compose de Présidents de commissions du Sénat, de la Chambre des députés, de fonctionnaires supérieurs du Ministère des Travaux Publics, de membres de Chambres et de Tribunaux de Commerce et nommés par décret.

Le Contrôle de l'Etat est chargé de la surveillance de l'exploitation des Compagnies de Chemins de fer. Le Contrôle de l'Exploitation Commerciale d'un réseau est chargé de l'étude

des tarifs en de toutes les questions économiques et commerciales intéressant le réseau.

A. Historique des tarifs. — Au début des Chemins de fer, aucune règle ne présida à la confection des tarifs, qui se composaient en majeure partie de prix fermes. De plus, tous les expéditeurs ne bénéficiaient pas des mêmes conditions. Par des tarifs dits d'abonnement les Compagnies accordaient des réductions variables suivant l'importance de l'établissement de l'expéditeur ou de la nature des transports. Ces tarifs étaient donc soumis au régime de la libre concurrence. L'article 48 du Cahier des Charges vint régulariser la question en stipulant que :
« Tout traité particulier qui aurait pour effet d'accorder à
« un ou plusieurs expéditeurs une réduction sur les tarifs
« approuvés demeure absolument interdit ».

Subsistent seuls les traités particuliers intervenus entre le Gouvernement et la Compagnie dans l'intérêt des Services Publics en visant les transports des Ministères de la Guerre, de la Marine, des Finances et de l'Intérieur (prisonniers).

Cependant les Compagnies pouvaient encore accorder des réductions aux indigents, en traiter avec des correspondants pour la prise et la livraison à domicile, ainsi qu'avec les Compagnies de navigation pour la réexpédition par mer.

En 1860 le Comité Consultatif des Chemins de fer d'un avis sur la question en interdisant formellement tout traité particulier.

Plusieurs commissions extra-parlementaires furent ensuite instituées pour examiner les modifications et améliorations à apporter dans le Service des Chemins de fer, tant au point de vue technique que commercial.

La commission de 1877 se prononça notamment en faveur :

1^{re} de la simplification des tarifs généraux par la diminution du nombre de séries.

2^{re} de l'établissement d'une classification uniforme des marchandises P.V.

3^{re} de l'application du même tarif kilométrique sur tous les réseaux

4^{re} de la diminution des tarifs spéciaux ou d'une résorption de ces tarifs en vue d'un classement méthodique.

5^{re} de la multiplication des billets R.

A la suite des Conventions de 1883, les six grandes Compagnies pour déférer aux vœux du Gouvernement présentèrent des projets de Tarif général divisé en 6 séries dont les bases initiales étaient uniformes pour toutes les Compagnies.

Enfin, depuis 1895 la classification des marchandises est devenue uniforme pour toutes les Compagnies en sorte qu'en outre aucune modification ne peut y être apportée qu'après leur assentiment.

Les tarifs spéciaux ont également été considérablement modifiés et simplifiés. Leur nombre qui, en 1883 s'élevait à plus d'un mille, a été réduit à 30 pour chaque Compagnie, et les marchandises ne sont reprises qu'à un seul et même tarif.

Des réformes analogues ont été opérées pour le transport des marchandises G.F., et depuis 1882 on peut expédier en G.F. un colis quelconque de Lille à St-Etienne ou à Bayonne sans avoir à rechercher d'autre élément que la distance par rails entre ces points; il suffit ensuite de se reporter au barème prévu soit pour les denrées, soit pour les finances, soit pour les animaux, soit pour les marchandises diverses et l'on obtient ainsi la taxe applicable de bout en bout.

B. Homologation des tarifs. — L'article 14 de l'ordonnance du 15 Novembre 1846 a posé ce principe :

« Aucune taxe de quelque nature qu'elle soit ne pourra être perçue par la Compagnie qu'en vertu d'une homologation du Ministre des Travaux Publics » Depuis cette époque le Cahier des Charges des grandes Compagnies a été révisé en un nouvel article visant à compléter les prescriptions de l'ordonnance de 1846 en stipulant que :

« Dans le cas où la Compagnie jugerait convenable, soit pour le parcours total, soit pour les parcours partiels de la voie de fer d'abaisser avec ou sans conditions au-dessous des limites déterminées par le tarif les taxes qu'elle est autorisée à percevoir, les taxes abaissées ne pourront être relevées qu'après un délai de 3 mois, au moins, pour les voyageurs et d'un an pour les marchandises. Toute modification de tarif proposée par la Compagnie sera annoncée un mois d'avance par des affiches. La perception des tarifs modifiés ne pourra avoir lieu qu'avec l'homologation de l'Administration supérieure conformément aux prescriptions de l'ordonnance du 15 Novembre 1846. »

Les Compagnies peuvent donc abaisser les taxes qu'elles ont été autorisées à percevoir. Cette mesure est laissée à leur propre initiative. L'Administration supérieure peut cependant les inciter directement ou indirectement à apporter des changements aux prix en vigueur, mais là s'arrête son pouvoir.

Lorsque les Compagnies veulent apporter une modification à leurs tarifs elles sont tenues d'en demander préalablement l'autorisation au Ministre des Travaux Publics en lui fournissant tous les éléments de nature à justifier les motifs

l'étendue en le mérite de leur proposition.

Les Compagnies doivent, en même temps, communiquer leur proposition au Directeur du Contrôle Commercial des Chemins de fer, au Contrôleur général de l'Exploitation Commerciale de leur réseau ainsi qu'aux Préfets des Départements traversés par leurs lignes.

Enfin, les Compagnies sont dans l'obligation d'informer le Public au moyen d'affiches des changements soumis à l'approbation du Ministre, en cela, en vue de permettre aux intéressés de formuler leurs observations.

D'après l'Ordonnance de 1846, l'affichage doit durer un mois. Pendant ce délai qui, dans la pratique, est souvent de beaucoup dépassé, le Ministre fait instruire les propositions des Compagnies par le Contrôle et le Comité Consultatif.

Le Ministre se prononce ensuite en sa décision et la notifie à la Compagnie qui la fait publier au moyen de bandes apposées sur les affiches de proposition, ainsi qu'au Directeur du Contrôle Commercial et aux Préfets. Les Préfets se bornent à faire connaître les tarifs nouvellement homologués aux Chambres de Commerce ou aux Chambres Consultatives des Arts et Manufactures.

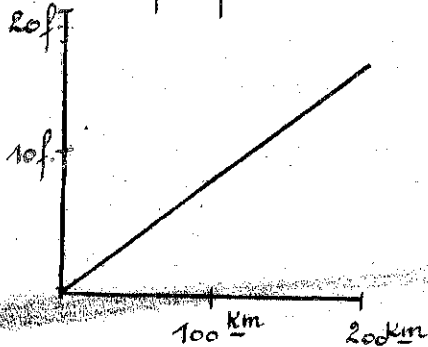
Les homologations de tarifs, de même que les propositions de tarifs sont insérées au Journal Officiel.

Les tarifs homologués sont applicables dans un délai maximum de 15 jours, s'il s'agit d'un tarif propre à chaque réseau ; dans un délai maximum d'un mois s'il s'agit d'un tarif commun à plusieurs Compagnies. Dans le cas où il s'agit d'un tarif commun à des Compagnies françaises ou étrangères, l'application ne peut avoir lieu qu'après accord entre lesdites Compagnies. Enfin pour les tarifs d'exportation, concernant les marchandises destinées à être exportées par les fran-

pièces de terre ou de mer. L'application peut en être faite d'office 48 heures après leur notification à l'Administration supérieure, si, dans ce délai, aucune opposition n'a été formulée.

Après l'accomplissement des dernières formalités les tarifs ont force légale et sont obligatoires pour les Compagnies, comme pour le Public.

C. Formes diverses des tarifs en établissement des barèmes. -- Les tarifs peuvent présenter deux formes distinctes: ils sont proportionnels ou différentiels.

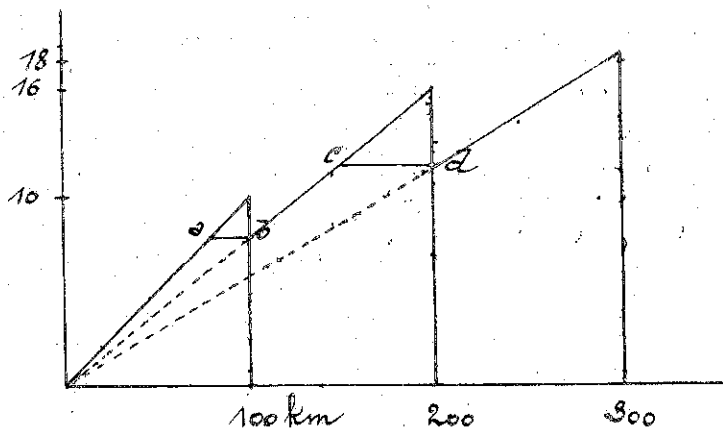


Si l'on considère de porter en abscisses les distances kilométriques et en ordonnées les prix de transport, les tarifs à base uniforme (on désigne sous le nom de base la taxe kilométrique) sont représentés par une ligne droite partant de l'origine et plus ou moins inclinée suivant la valeur de cette base.

Les prix de transports sont alors rigoureusement proportionnels aux distances kilométriques. Un tel système de tarif peut devenir prohibitif aux grandes distances en raison de l'élévation des prix de transports. Or, on considère que le prix de revient par kilomètre est plus réduit pour les longs parcours que pour les petites distances. On a donc été amené à offrir des bases plus réduites aux marchandises ayant de longs parcours à effectuer.

Si, par exemple, les marchandises ayant à faire un parcours maximum de 100 km paient 0 f 10 par km, on décide de ne faire payer que 0 f 08 par kilomètre pour un parcours de 100 km à 200 km ; 0 f 06 par km pour un parcours de 200 à 300 km.

Graphiquement ce système par une série d'obliques partant toutes de l'origine en formant des angles différents avec l'horizontale. Le graphique fait ressortir immédiatement qu'un transport à 99 km. paierait plus cher qu'un transport à 101 km. si l'on n'apportait un correctif qui consiste à fixer pour chaque coupure un maximum et à stipuler dans l'exemple choisi que pour les parcours inférieurs à 100 km. les transports paieront 0f.10 par km sans que la taxe totale puisse dépasser 8 francs, etc... ce qui se traduit sur le graphique par les horizontales *ab*, *cd*.



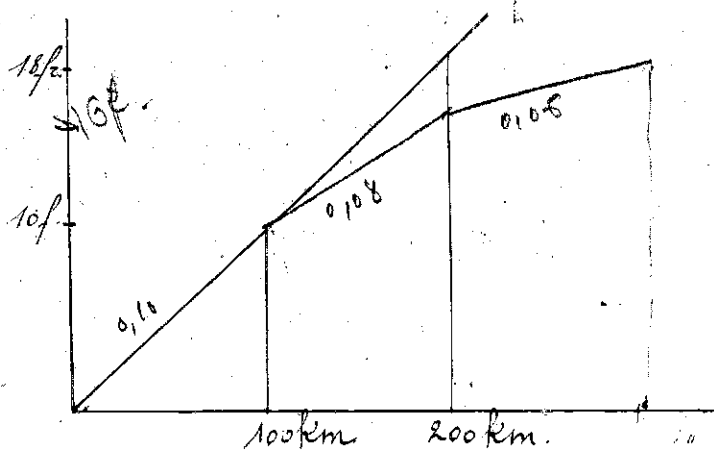
La forme que prend dans ces conditions la ligne représentative du tarif lui a fait donner le nom de tarifs à échelons. Ces tarifs tendent de plus en plus à disparaître.

Pour éviter les paliers *ab*, *cd*, on fait usage des tarifs belges établis sur le principe suivant : Pour les premiers 100 km, par exemple, toutes les marchandises paient la même base kilométrique, qu'elles parcourent 100 km., ou qu'elles aillent au-delà, 0f.10 par exemple.

De 100 à 200 km. les marchandises ne paient que 0f.08 par kilomètre par exemple. A partir de 200 km les marchandises ne paieront plus que 0f.06 par km, par exemple, en sorte que le prix de transport par tonne pour 260 km. par exemple sera

100 km. à 0,10	10 fr.
100 km à 0,08	8 fr.
60 km à 0,06	<u>3 f.60</u>
Total	21.60

Les tarifs belges sont représentés ci-contre :



D. Tarifs maxima du Cahier des Charges. - Tarifs d'application. - Les prix que les Compagnies sont autorisées à percevoir au Public se divisent en deux parties :

- 1^{re} le droit de péage qui correspond aux charges du capital, de 1^{er} établissement en aux frais d'entretien de la voie ferrée.
- 2^{de} le prix de transports proprement dits qui correspond aux charges d'acquisition en d'entretien du matériel roulant, aux frais de traction en d'exploitation.

Dans la pratique le Public ne connaît que le prix de transport total, c'est-à-dire la somme qu'il doit déboursier.

Les différents tarifs du Cahier des charges qui sont des maxima ne pouvant être dépassés sous aucun prétexte n'ont en fait jamais été appliqués car les Compagnies usant du droit que leur confère l'article 48 du Cahier des charges ont préféré diminuer certaines taxes. Pour cela elles ont ^{divisé} en 2^{es} les marchandises en un certain nombre de séries variables suivant les réseaux et auxquelles s'appliquent des tarifs dits généraux. Le caractère de ceux-ci c'est d'être substitués après l'homologation à ceux prévus au cahier des charges en d'être applicables.

toutes les fois que l'expéditeur ne demande pas l'application d'un autre tarif. Ils confèrent à la marchandise qui les paie, tous les droits, toutes les conditions de délais, toutes les garanties qui résultent du Cahier des charges ou du droit commun.

D'autre part, les Compagnies ont établi d'autres tarifs à prix encore plus réduits appelés tarifs spéciaux. Ceux-ci constituent pour ainsi dire une convention particulière entre la Compagnie et le Public. La Compagnie offre ses tarifs au Public à certaines conditions moins onéreuses pour elles que celles du Cahier des Charges. Ces tarifs ne sont appliqués que sur la demande de l'expéditeur. C'est dans la confection de ces tarifs que l'on a fait la plus large application des tarifs différentiels. Les conditions des tarifs spéciaux sont habituellement les suivantes :

Expédition par wagon complet au paiement comme tel.

Augmentation des délais de transport du cahier des charges.

Manutention à la charge du Public, etc...

Nous allons examiner successivement pour la G. & N. les tarifs maxima en le mode actuel de taxation des transports.

E Grande Vitesse — Prix maxima du Cahier des Charges — Tarifs généraux & spéciaux —

Ses prix maxima sont les suivants: Prix par tête et par kilomètre

		Léage	Transport	Total
Voyageurs	1 ^{ère} classe	0,067	0,033	0,100
	2 ^{ème} d°	0,050	0,025	0,075
	3 ^{ème} d°	0,037	0,018	0,055
Chiens		0,010	0,005	0,015

	Piège	Transport	Total
Bœufs, vaches, taureaux, chevaux, mulets, bêtes de train.	0, 140	0, 060	0, 200
Moutons, brebis, agneaux, chèvres	0, 020	0, 020	0, 040
Veaux, porcs.	0, 050	0, 030	0, 080

Prix par tonne et par kilom.

Unités, poissons frais, denrées excédents de bagages, marchandises	0, 200	0, 160	0, 360

Prix par pièce et par kilom.

Voiture à 1 fond	0, 300	0, 200	0, 500
- d° - 2 fonds	0, 360	0, 280	0, 640
Cercueils (trains express)	0, 600	0, 400	1, 000
- d° - (- d° omnibus)	0, 180	0, 120	0, 300

Les prix ci-dessus ne comprennent pas l'impôt dont sont passibles, au profit de l'État, les transports remis aux Compagnies. A titre d'exemple voici les différentes étapes des prix des billets de voyageurs :

	1 ^{re} classe	2 ^e classe	3 ^e classe
Base du Cahier des Charges	0, 10	0, 075	0, 055
Impôt de 1855 :			
Principal	0, 010	0, 0075	0, 0055
2 décimes	0, 001	0, 00075	0, 00055
	0, 001	0, 00075	0, 00055
Total de 1855 à 1871	0, 112	0, 084	0, 0616
Impôt de 1871 :			
10 % sur le tonnage	0, 0112	0, 0084	0, 00616
Total de 1871 à 1892 :	0, 1232	0, 0924	0, 06776

Modifications de 1892 :

Impôt ancien principal

Double : cimes {



1 ^{ère} classe	2 ^{ème} classe	3 ^{ème} classe
	0,07540,009 #	0,06540,008 #
0,100	0,0675	0,044
0,010	0,00675	0,0044
0,001	0,000675	0,00044
0,001	0,000675	0,00044

0,112

0,0956

0,04928

La loi de 1892 met fin à la surtaxe votée en 1871, au lendemain de la guerre, et, de plus, supprime en totalité l'impôt sur le transport des marchandises et des bestiaux.

L'impôt de 12% ne subsiste donc plus que sur le transport des voyageurs, finances, accidents de bagages.

Pour les militaires et marins, les bases sont les suivantes :

	5 grands réseaux	réseau d'Etat
I.....	0,028	0,02548
II.....	0,021	0,0189
III.....	0,0154	0,01232

Toutes ces bases se trouvent reprises aux Conditions d'application des tarifs généraux G. R. qui fournissent également toutes indications utiles concernant le service des voyageurs, bagages, colis messageries. Il y a lieu de noter que jusqu'à 50 k^g les articles de messagerie, quelle que soit leur nature sont taxés d'une manière uniforme. A partir de 50 k^g les Denrées bénéficient de taxes plus avantageuses.

Il existe de plus, en grande vitesse, des tarifs spéciaux offrant à des conditions spéciales des prix moins élevés que ceux des tarifs généraux. Ces tarifs spéciaux sont numérotés de : 1 à 30 lorsqu'ils ne concernent qu'un seul réseau

101 à 128

" sont communs à plusieurs réseaux français

200 et suivants

- d° -

français et étrangers

300 en suscitant lorsqu'ils concernent plusieurs réseaux français ou étrangers ou s'appliquent à des envois destinés à l'exportation.

Un envoi effectué en G. R. doit acquitter en plus des frais de transport :

0,35 de timbre

0,10 d'enregistrement.

Colis postaux. — On appelle colis postaux, des colis, avec ou sans valeur déclarée, dont le poids ne dépasse pas 3, 5 ou 10 kilogs en qui satisfont aux conditions d'emballage déterminées par les lois ou règlements. Ces colis sont acheminés en remis aussi rapidement que les colis messageries ou peuvent pour certains pays être expédiés contre remboursement. Organisé d'abord dans l'intérieur de certains États, le service des colis postaux a été introduit pour la première fois dans les Conventions de l'Union Postale par un acte signé à Paris le 3 Novembre 1880. La Convention actuellement en vigueur dans les relations internationales a été signée à Washington le 15 juin 1897.

Pour la France Continentale, la Corse, l'Algérie, la Tunisie, le service est exécuté au nom et sous le Contrôle de l'Administration des Postes, par les Compagnies de Chemins de Fer ou de Navigation chargées du transport des correspondances. En dehors du rayon d'action des Compagnies ou d'accord avec elles, l'Administration a aussi désigné un certain nombre de bureaux de postes éloignés des voies ferrées pour recevoir et distribuer les colis. Il existe en outre un service spécial de colis postaux dits "de Paris pour Paris".

Taxes principales. L'affranchissement des colis postaux est obligatoire au départ; les colis postaux ordinaires circulant

dans la France Continentale, ou seulement en Algérie ou à l'intérieur de la Corse — soin de gare à gare, soin de bureau ^{à bureau} par la voie de terre exclusivement, soin entre deux ports ou entre deux ports Algériens — sans décrets par l'expéditeur sur des bulletins vendus aux prix suivants :

	Jusqu'à 3 k ^g	au-dessus de 3 jusqu'à 5 k ^g	au-dessus de 5 jusqu'à 10 k ^g
Colis expédiés de gare à gare ou de bureau à bureau	0,60	0,80	1,25
Colis livrables à domicile	0,85	1,05	1,50
Colis de Paris pour Paris, factage compris	0,25	0,25	0,40

P. Petite Vitesse — Prix maxima du Cahier des Charges — Tarifs généraux en spéciaux — Comme pour le transport en Grande Vitesse, nous examinerons successivement d'abord le tarif maximum du Cahier des Charges puis le tarif général et enfin les tarifs spéciaux.

Les droits de péage en les prix de transport que les Compagnies sont autorisées à percevoir par le Cahier des Charges sont les suivants pour les marchandises transportées en P.V. qui sont divisées en 4 classes.

Par tonne et par kilomètre

	Prix		
	de péage	de transport	Éclair
<u>1^{ère} classe</u> spiritueux, huile, bois de menuiserie, de teinture et autres bois exotiques, produits chimiques non dénommés, œufs, viandes fraîches, gibier, sucre, café, drogues, épicerie, tissus, denrées coloniales, objets manufacturés, armes.	0,09	0,07	0,16

Par tonne et par kilomètre

Prix

2^e classe . - Blé, grains, farines, légumes farinoux, riz, maïs, châtaignes et autres denrées alimentaires, chaux en plâtre, charbon de bois, bois à brûler, din de corde, perches, chevrons, planches, madriers, bois de charpente, marbres en bloc, albâtre, bitume, cotons, laines, vins, vinaigres, boissons, bière, lessives sèches, coke, fer, cuivre, plomb et autres métaux, cuivres ou non, fonte moulée

0,08 0,06 0,14

3^e classe . - Pierres de taille, produits de carrière, minerais autres que le minerai de fer, fonte brute, sel, moellons, meulière, argile, briques en ardoises

0,06 0,04 0,10

4^e classe . - Osouilles, marbres, cendres, fumier, engrais, pierres à chaux et à plâtre, pavés et matériaux pour la construction et la réparation des routes, minerai de fer, cailloux en sables .

pour le parcours de 0 à 100 km. sans que la taxe puisse être supérieure à 5 fr.
p. le parcours de 101 à 300 sans que la taxe puisse être sup. à 12 fr.
au-delà de 300 km

0,05 0,03 0,08
0,03 0,02 0,05
0,025 0,015 0,04

Les voitures et le matériel roulant font l'objet de taxes spéciales . Le cahier des charges ne désigne donc expressément qu'un certain nombre de catégories de marchandises, les animaux, denrées, marchandises et autres objets non désignés dans ce tarif ont été en vertu du cahier des charges rangés pour les droits à percevoir dans les classes avec lesquelles ils ont le plus d'analogie . Actuellement, la nomenclature

des diverses marchandises que les Compagnies peuvent avoir à transporter forment ce qu'on appelle la classification générale des marchandises.

Depuis 1895, cette classification est uniforme pour les grands réseaux français; elle comprend environ 3.850 dénominations de marchandises. On est parvenu à ne pas étendre davantage cette liste au moyen des "assimilations" qui, provisoirement réglées par les Compagnies, sont soumises à l'Administration par les "définitions" et les "spécifications".

Conditions générales d'application des tarifs généraux et spéciaux L. & F. - Comme pour la C. & F. les conditions générales d'application prévoient les dispositions générales relatives aux transports en L. & F., taxés aux prix prévus aux tarifs généraux et aux tarifs spéciaux si pour ces derniers aucune clause restrictive ne figure aux conditions d'application des tarifs spéciaux.

Tarifs généraux. - Les marchandises sont rangées en 6 séries correspondant aux 11 classes du cahier des charges avec prix correspondants.

Les Frais accessoires sont les suivants :

Enregistrement : 0 fr. 10 par expédition;

Manutention : 1 fr. 50 par tonne pour les marchandises transportées sans condition de tonnage se décomposant comme il suit :

frais de gare au départ	0,35	} Prix par tonne applicable par fraction indivisible de 10 kilogs.
frais de chargement d°	0,40	
frais de gare à l'arrivée	0,35	
frais de déchargement d°	0,40	

1 fr. par tonne pour les marchandises transportées par

wagon, complet, se décomposant comme il suit :

frais de gare - au départ	0,20	} Prix par tonne applicable par fraction indivisible de 10 k ^g
frais de chargement - d'	0,30	
frais de gare à l'arrivée	0,20	
frais de déchargement	0,30	

Lorsque la manutention est faite par le Public les frais de chargement et de déchargement ne sont pas ajoutés.

Transmission en transbordement. - 1^{er} entre deux Compagnies où l'échange du matériel est possible 0,40 par tonne à partager par moitié entre les deux Compagnies soit 0,20 pour chacune d'elles. Pour les tarifs communs applicables de bon en bon (Lille à Bordeaux par exemple) on n'ajoute pas les frais de transmission, mais simplement les frais de gare au départ.

2^{er} entre deux réseaux où l'échange du matériel est impossible, 0,70 par tonne se décomposant comme il suit :

- 0,40 de frais de gare à partager entre les deux réseaux ;
- 0,30 de frais de transbordement pour le réseau qui a effectué la manutention.

Pesage. - En dehors du pesage que la Compagnie fait pour établir la taxe, toute opération supplémentaire de pesage doit être l'objet d'une taxation, sauf si ce second pesage (demandé par l'expéditeur ou le destinataire) fait ressortir une erreur.

Des chapitres spéciaux règlent les frais de transport des voitures, animaux, du matériel roulant et les frais de stationnement des wagons dont la manutention est faite par les particuliers.

Les principales dispositions générales des tarifs généraux sont les suivantes :

a. Minimum de distances à 6 km.

b. - Fractions de poids ne sont comptées que par $\frac{1}{1000}$ de tonne : ainsi une expédition de 465 k^g sera taxée sur 470 k^g.

c. - Toute expédition doit être remise avec une déclaration d'expédition comportant les noms en adresse de l'expéditeur, du destinataire, la nature de la marchandise, poids, etc...

Faussees Déclarations. - La Compagnie peut, soit au départ, soit à l'arrivée exiger l'ouverture des colis pour vérifier l'exactitude des déclarations. Procès-verbal est dressé de cette opération s'il y a eu constatation de fraude.

d. - Un récépissé est remis à l'expéditeur ou au destinataire établissant pour le premier l'expédition de la marchandise, et pour le second la propriété de celle-ci.

e. - Délais de transport, de livraison ou d'enlèvement des marchandises, en envoi des avis d'arrivée.

f. - Camionnage d'office. - En vue d'éviter les encombrements des halles, les Compagnies peuvent faire transporter d'office au domicile du destinataire ou dans un Magasin Public les marchandises qui seraient laissées sur les quais.

g. - Désinfection des wagons. - Tout wagon ayant servi au transport des animaux doit être désinfecté. Les frais de désinfection sont à la charge de l'expéditeur ou du destinataire suivant que l'envoi est en plein payé ou en port dû.

Conditions générales d'application des tarifs spéciaux. - Indépendamment des clauses insérées dans les conditions d'application des tarifs généraux, il existe un certain nombre de conditions communes à tous les tarifs spéciaux : ordinaires, d'exportation, de transit, communs ou non communs. Les plus importantes sont les suivantes :

La demande de tarif peut être faite par l'une des for

mules : tarif spécial, tarif réduit, tarif le plus réduit avec ou sans indication d'itinéraire. Elle entraîne pour le transporteur l'obligation d'appliquer, sur l'ensemble du parcours, la taxe la plus réduite correspondant à l'itinéraire indiqué ou à défaut à l'itinéraire le plus économique.

D'une manière générale, en à moins d'indications contraires dans les tarifs, les chemins de fer peuvent prolonger de 5 jours, au delà des délais réglementaires la durée des transports effectués aux conditions des tarifs spéciaux. Des prescriptions communes sont également édictées en ce qui concerne le chargement et le déchargement, le plus souvent faits par le commerce, et au sujet des diverses formalités à remplir pour la demande et la fourniture des wagons.

Enfin, une disposition très intéressante a trait aux transports d'exportation en de transin, c'est à dire provenant de l'intérieur du territoire en allant à un port de mer ou à une frontière de terre ou ne faisant que transiter par le territoire français.

Tarifs spéciaux. - Les tarifs spéciaux intérieurs sont numérotés aujourd'hui d'une manière identique sur tous les réseaux de la manière suivante :

I. V. N°	1	Animaux vivants
—	2	Céréales, farines, graines, légumes secs, pâtes alimentaires, pommes de terre.
—	3	Dentées, fruits, légumes, produits de laiterie.
—	4	Eau de mer, sel gemme, sel marin.
—	5	Betteraves, sucres, mélasses, dextrine, glucose, sirops.
—	6	Boissons.
—	7	Combustibles minéraux.
—	8	- d' - végétaux.

- I. V. N^o 9 Bois de construction.
- 10 Chaux, ciments, plâtre.
- 11 Matériaux de construction.
- 12 Pierres en terres servant aux arts et métiers.
- 13 Minerais.
- 14 Produits métallurgiques.
- 15 Matières résineuses et bitumeuses, huiles minérales.
- 16 Corps gras et leurs dérivés.
- 17 Matières tinctoriales.
- 18 Produits chimiques.
- 19 Papiers, cartons, matières servant à leur fabrication.
- 20 Tissus en textiles.
- 21 Produits céramiques, verrerie.
- 22 Amendements, engrais.
- 23 Arbres, arbustes vivants, foin, fourrages, pailles.
- 24 Mobiliers, objets manufacturés.
- 25 Emballages vides.
- 26 Emballages vides en retour.
- 27 Débris d'animaux, produits accessoires.
- 28 Matériel d'entretien de fûts, de chemins de fer, de tramways.
- 29 Réglementations diverses ; objets de poids et de dimensions exceptionnels, embranchements particuliers, conditions de soumission des tarifs, formalités en douane etc. etc...
- 30 Exportation.

Les marchandises inscrites dans les tarifs communs prennent

place dans ceux de ces tarifs donn les numéros correspondants au 5^e du tarif intérieur dans lequel elles sont rangées. La correspondance s'établit ainsi qu'il suit.

G. 8. 1^{er} 1 - 2 - 3 etc. — Tarifs intérieurs

— 101 - 102 - 103 etc. — Tarifs communs entre les Chemins de fer français pour les transports.

— 201 - 202 - 203 etc. — Tarifs communs avec les Chemins de fer étrangers et les C^{ies} de navigation.

— 301 - 302 - 303 etc. — Tarifs communs entre les Chemins de fer français pour l'exportation et le transin.

— 401 - 402 - 403 etc. — Tarifs d'exportation et de transin communs avec les Chemins de fer étrangers et les C^{ies} de navigation.

Transports internationaux. — Pour les transports internationaux, les obligations des transporteurs vis-à-vis du Public sont réglées par la Convention internationale de Berne conclue en 1890 entre la France et divers pays repris ci-après :

Allemagne, Autriche & Hongrie, Danemark, Italie, Luxembourg, Pays-Bas, Roumanie, Russie, Suède.

Ainsi donc, au moyen d'une lettre de voiture internationale, on peut donc expédier directement de France une marchandise sur chacun des pays précités. On agit en fait comme si'il s'agissait d'une expédition en tarif commun dans l'intérieur de la France, mais il faut joindre aux titres des déclarations en douane en nombre suffisant pour permettre les vérifications à l'entrée des pays étrangers.

Bien que l'Angleterre et l'Espagne ne figurent pas à cette Convention, il existe des tarifs franco-anglais et franco-

espagnols régit par des Conventions spéciales.

H Factage & Camionnage. - Le factage et le camionnage consistent à transporter les marchandises du domicile de l'expéditeur, à la gare de départ ou de la gare d'arrivée au domicile du destinataire. Le factage se rapporte à la grande vitesse et le camionnage à la petite vitesse.

D'après l'article 52 du Cahier des Charges, ces opérations sont obligatoires à l'arrivée, mais ne le sont pas au départ.

En fait, quand dans une localité ce service existe pour les marchandises à l'arrivée, il fonctionne aussi pour les marchandises au départ. Les tarifs à percevoir sont approuvés par le Ministre, mais le factage et le camionnage ne sont pas obligatoires pour le Public qui peut prendre s'il lui plaît, les marchandises en gare.

Seuls, les cercueils, les voitures, les animaux et les marchandises dont la manutention incombe au Public, ne doivent pas être acceptés livrables à domicile.

I Coefficient d'exploitation. - Le Coefficient d'Exploitation est le rapport de la dépense d'exploitation à la recette brute pendant la même année.

Les dépenses sont très variables car elles sont fonction du service que le Chemin de fer accomplit, et par suite de la recette sans cependant lui être proportionnelle. Cela tient à ce que certains éléments de la dépense sont fixes (entretien des terrassements, surveillance de la voie etc. tandis que d'autres dépendent de l'activité de la circulation : noue des rails, dépenses de traction etc.). Le procédé le plus simple consiste à représenter graphiquement les deux éléments. On porte en abscisses les produits bruts kilométriques et en ordonnées les

Tableau Statistique

— Année

Réseaux	Nombre de kilomètres exploités Chiffres du Ministère	Nombre de Gares Stations en Haltes	Nombre et Recette de				
			1 ^{re} classe		2 ^{me} classe		3 ^{me} classe
			Nombre	Recette	Nombre	Recette	Nombre
Nord	3.769 ^k	740	2.722.609 ^v	14.355.370 ^f	9.942.604 ^v	24.548.203 ^f	82.845.267 ^v
Est	4.939	897	2.462.765	8.186.503	19.039.033	18.921.209	53.866.504
Ouest ...	5.908	1.091	8.408.744	12.081.759	41.990.006	30.639.180	54.376.195
Orléans..	7.705	1206	1.289.229	12.325.134	3.676.810	14.948.584	45.372.888
G.S.M....	9.510	1.740	3.351.604	34.715.230	7.234.866	35.188.847	70.614.342
Midi	3.822	678	688.879	5.761.249	1.916.886	8.140.436	22.370.626
Etat	2.967	556	169.037	994.306	956.278	3.000.841	14.180.522
Totaux	38.620^k	6.908	19.092.867	88.419.551	85.278.333	183.387.270	543.626.334

Réseaux	Petite Vitesse		Produit moyen par tonne par kilomètre	Composition de	
	Tonnage	Recette totale		Locomotives	Voitures voyageurs
Nord	39.187.713 ^f	152.062.196 ^f	0,03.615	1.879	4.656
Est	26.801.073	133.485.126	0,03.96	1.620	3.846
Ouest ...	44.795.645	83.993.322	0,04.79	1.769	4.635
Orléans..	17.839.594	139.580.995	0,04.52	1.782	3.931
G.S.M....	28.250.436	276.109.279	0,04.38	3.108	6.770
Midi	11.233.543	72.274.487	0,04.50	945	2.474
Etat ...	5.485.712	30.522.034	0,04.79	648	1.769
Totaux	148.093.721	888.038.639		11.741	28.081

(*) Non compris la Grande & la Petite Ceinture de Paris

des Chemins de fer français (*)

1908

Voyageurs			Tonnage des Messageries en Denrées	Recettes diverses de la G.V.				
de Recette	Totaux			Messageries et Denrées	Bagages en Chiens	Colis postaux	Voitures en Bestiaux	Totaux
56.823.337	95.531.670	89.726.970	427.603	15.883.620	3.127.766	5.149.015	1.594.576	25.754.977
43.044.668	73.363.952	70.152.380	410.212	11.327.707	2.665.721	6.647.409	1.875.337	22.516.174
43.825.928	104.774.945	86.546.867	365.719	13.643.809	3.079.877	6.494.146	1.567.940	24.785.772
59.459.072	50.338.927	86.732.760	443.866	20.246.951	3.401.585	10.144.650	1.077.290	34.870.476
90.452.289	81.700.812	160.356.366	730.108	35.306.824	8.038.156	17.517.558	7.260.192	67.922.728
34.685.762	24.976.391	48.587.447	188.028	9.806.812	1.849.937	8 compris dans les messageries	419.259	12.076.008
15.809.454	15.305.837	19.804.601	121.229	4.645.113	803.727	1.805.906	672.075	7.926.824
338.100.570	447.997.534	561.907.337	2.686.265	110.860.836	22.966.769	47.558.682	14.466.669	195.862.956

Matériel roulant		Coefficient d'Exploitation rapport de la dépense à la recette	Produit net par kilomètre	Effectif du personnel		
Fourgons tuncks coursiers	Wagons à bestiaux et à marchandises			Hommes	Femme	Total
3.527	66.336	0.576	30.837	46.973	4.227	51.200
2.100	43.838	0.589	18.943	43.949	2.798	46.747
34.711		0.645	12.704	47.087	4.516	51.603
89.648		0.539	17.247	41.103	5.240	46.343
97.501		0.531	25.265	76.986	7.183	84.169
1.847	25.764	0.499	16.406	20.233	3.542	23.775
1.730	13.590	0.807	3.838	12.263	2.298	14.561
330.592				288.594	29.804	318.398

dépenses correspondantes. Les courbes ainsi tracées ne sont pas concordantes pour tous les réseaux, mais, en général, elles affectent une courbe parabolique.

M. Ricard a donné la formule $D = 4.500f + 0,10R$ dans laquelle D représente la dépense kilométrique moyenne en R la recette brute correspondante, impôt réduit.

M. Ricard a donné en se basant sur les résultats de 1883 la formule $D = 6.125f + 0,39R$.

Le tableau ci-contre (pages 570-571) donne pour les chiffres de recettes, de dépenses des grands réseaux français, ainsi que les coefficients d'exploitation correspondants. Ce tableau reprend également l'effectif du personnel et la composition du matériel roulant.

Chemins de Fer à Voie étroite en Tramways

Loi du 11 juin 1880. — Les chemins de fer à voie étroite en tramways sont actuellement régis en France par la loi du 11 juin 1880. Cette loi établit une distinction entre les chemins de fer d'intérêt local qui sont tracés en tout ou partie en dehors des routes existantes sur une plateforme spéciale, en les tramways établis sur les voies publiques.

Chemins de fer d'intérêt local. — Suivant que les chemins à établir empruntent le territoire d'une seule commune, ou celui de plusieurs communes d'un même département, c'est le Conseil municipal ou le Conseil général qui établit le projet de tracé et arrête le mode et les conditions de construction, ainsi que les traités destinés à en assurer l'exploitation, en se conformant aux clauses et conditions du cahier des charges type approuvé par le Conseil d'Etat.

Les projets de Chemins de fer d'intérêt local communaux ou départementaux ainsi arrêtés sont soumis à l'examen du Conseil général, des Ponts & Chaussées et du Conseil d'Etat. Le projet émanant d'un conseil municipal est en outre accompagné de l'avis du Conseil Général.

L'utilité publique est déclarée en l'exécution autorisée par une loi. L'autorisation obtenue, le Conseil municipal ou Général délibère sur les projets d'exécution.

L'acte de concession détermine les droits de péage et les prix de transport que le concessionnaire est autorisé à percevoir.

L'État peut s'engager à subventionner la concession dans des limites déterminées, à la condition qu'une partie au moins équivalente sera payée par la commune ou le département avec ou sans le concours des intéressés.

Dans le cas où le produit brut de la ligne devient suffisant pour couvrir les dépenses d'exploitation en 6 % par an du capital de rétablissement, la moitié du surplus de la recette est partagée entre l'État, le département ou la commune, en les autres intéressés dans la proportion des avances faites par chacun d'eux jusqu'à concurrence du complet remboursement de ces avances sans intérêt.

Tramways. — La concession doit être accordée :

1. — par le Conseil Général lorsque la voie ferrée est établie entièrement sur le territoire de la commune ou sur un chemin vicinal ordinaire ou sur un chemin rural.

2. — par le Conseil Général, au nom du Département, lorsque la voie ferrée, sans emprunter une route nationale, doit être établie en tout ou partie, soit sur une route départementale, soit sur un Chemin de grande communication ou d'intérêt commun, ou doit s'étendre sur le territoire de plusieurs communes.

3. — par l'État, lorsque la ligne doit être établie, en tout ou partie, sur une voie dépendant du domaine public de l'État.

La concession ne peut être donnée qu'après une enquête dans laquelle les conseils municipaux ou généraux sont entendus, s'il ne leur appartient pas de statuer sur la concession.

L'utilité publique est déclarée en l'exécution est autorisée par Décret délibéré en Conseil d'État, sur le rapport du Ministre des Travaux Publics, après avis du Ministre de l'Intérieur.

Pour les tramways desservis par des locomotives ou destinés au transport des marchandises en même temps qu'au transport

des voyageurs, l'État peut s'engager à servir une subvention dans des conditions analogues à celles spécifiques pour les Chemins de fer d'intérêt local.

Loi nouvelle (à l'étude). — Un projet de loi, actuellement soumis aux Chambres supprimera la distinction créée arbitrairement entre Chemins de fer d'intérêt local et tramways.

Les autorités départementales ou municipales, suivant le cas, auront qualité pour prescrire les études des projets et accorder les concessions. Les Ministres intéressés seront consultés, avant la mise à l'enquête.

Le principe d'une subvention de l'État, pour les lignes comportant un service de petite vitesse, sera maintenu, mais avec une formule plus simple. Lorsque l'État aura participé aux dépenses d'une ligne, il participera dans la même proportion aux bénéfices, avant comme après l'expiration de la concession.

Voies. — Qu'il s'agisse de Chemins de fer d'intérêt local ou de tramways, les Chemins de fer à voie étroite permettent de réaliser économiquement l'installation des lignes rurales d'intérêt local. Les terrassements sont en général peu importants, la voie étant établie autant que faire se peut sur les accotements des routes nationales ou départementales, ou sur les trottoirs qui bordent presque toujours ces routes.

Pour mesure d'économie, on emploie parfois des rails très légers (25 k.). Ce sont le plus souvent des rails à patin. Sur les routes ou dans les rues pavées il faut employer des rails à ornière, soit des rails à gorge :



ou des rails jumelés. Système Haarmann :



Les Américains préfèrent le rail à gradins :



L'écartement de 1 mètre (entre les bords intérieurs des rails) est celui qui est le plus employé lorsque l'importance des lignes ne comporte pas la voie normale, ou bien, lorsque le rayon des courbes doit être inférieur à 100 mètres. C'est avec cette voie de 1 mètre qu'ont été construits la plupart des chemins de fer secondaires de l'Europe et de l'Amérique du Sud, ainsi que la grande majorité des chemins de fer coloniaux. Le rayon minimum des courbes généralement admis pour cette voie est de 100 mètres. Les rails qui pèsent de 25 à 50 k. au mètre courant se posent sur des traverses en bois ou en métal.

La voie de 0 m 75 (ou 0 m 76 dans certains pays étrangers) a reçu de moins nombreuses applications que la voie de 1 m. Établie avec des rails d'un poids raisonnable elle a cependant rendu de grands services sur certains points : le réseau des Chemins de fer de Bosnie-Herzégovine (700 kilomètres environ) a été entièrement établi avec la voie de 0 m 76 en rails de 15 822 kilogs donnant passage à un matériel roulant très confortable comportant même des wagons-lits. Le rayon minimum des courbes pour cette voie peut être fixé à 75 mètres en abaissant même jusqu'à 50 mètres.

La voie de 0 m 60 est employée sur un assez grand nombre de lignes en Europe, dans les États de l'Amérique du Sud et dans les colonies. La construction de ces voies est des plus économiques, car elles peuvent suivre presque toutes les sinuosités du terrain, les courbes pouvant sans inconvénient s'abaisser jusqu'à 20 mètres en même au-dessous. Mais, en général, ces voies, établies avec des rails dont le poids varie de 5 à 15 kilogs, ne permettent pas de transporter des tonnages importants ni de faire de la vitesse. Les réseaux des places fortes, établis par l'Artillerie française avec

des rails de 12 kilogs ont permis de démontrer que la voie de om 60 pouvait rendre les plus grands services, lorsqu'elle est convenablement construite (voie démontable du Colonel Léchot).

Matériel roulant pour chemins de fer d'intérêt local en tramways. — Le matériel roulant utilisé sur les Chemins de fer d'intérêt local en les tramways diffère assez profondément suivant qu'il s'agit de lignes assurant exclusivement un service de voyageurs, ou de lignes assurant en même temps un service de voyageurs et de marchandises.

Sur les dernières, on a généralement recours à des locomotives ou tracteurs indépendants, des voitures de remorque, et on constitue ainsi de véritables trains de plusieurs véhicules, les wagons remorqués présentant des poids morts de 2 à 3 tonnes.

Sur les autres, on cherche à assurer un service de plus grande fréquence avec des trains très légers, réduits presque toujours à une unique voiture automotrice, ou à une automotrice attelée à une ou deux voitures de remorque.

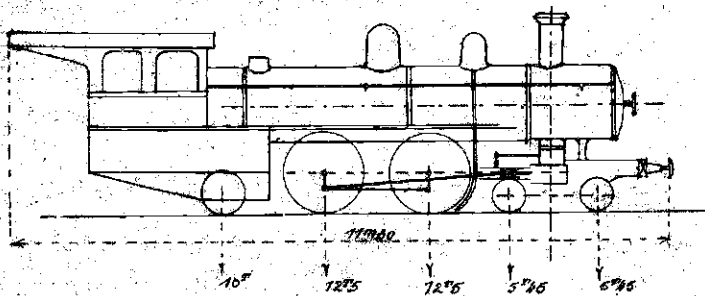
Locomotives à voie étroite. — Dans les Chemins de fer à voie étroite, les locomotives doivent répondre à des besoins particuliers : elles doivent pouvoir remorquer des trains relativement lourds sur de très fortes rampes, combinées avec des courbes de très petit rayon ; de plus, les rails employés étant généralement faibles, par raison d'économie, la charge des machines par essieu doit être limitée à de faibles valeurs.

On se trouve ainsi amené à multiplier le nombre des essieux et à augmenter l'empattement total, ce qui ne devient souvent acceptable qu'à la condition d'adopter des dispositifs permettant la convergence de certains essieux des locomotives.

On trouve donc dans les locomotives à voie étroite des dispositifs divers (systèmes Hagans, pour voies de om 60, Flore,

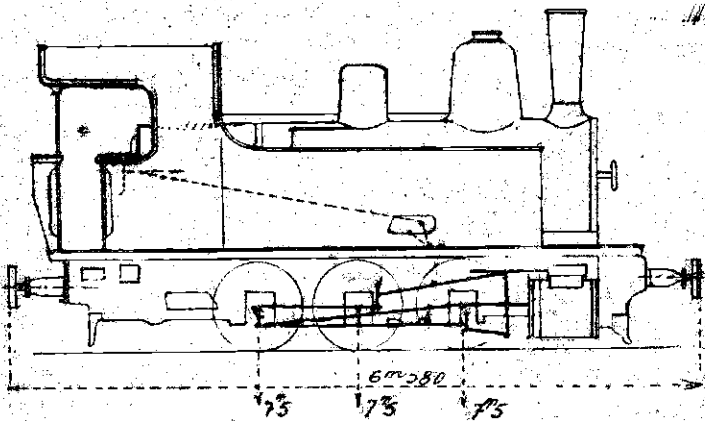
Elie-Linder, Krans pour voies de 0 m 75) qui permettent la convergence de certains essieux tout en maintenant leur accouplement avec les essieux fixes. Les machines à 4 cylindres des types Mallet ou Fairlie permettent de réaliser les mêmes desiderata par des moyens différents. (*)

Locomotives à 2 essieux couplés. — Pour les raisons exposées plus haut, les locomotives à voie étroite à 2 essieux couplés (ou bissel à l'avant) n'ont en que peu d'applications, mais on peut construire ces machines avec bogie ou essieu porteur en l'on doit citer le type Atlantic à 2 essieux couplés de 1 m 40 de diamètre, avec bogie à l'avant en 5^e essieu (porteur) à l'arrière, du poids total de 74 tonnes,



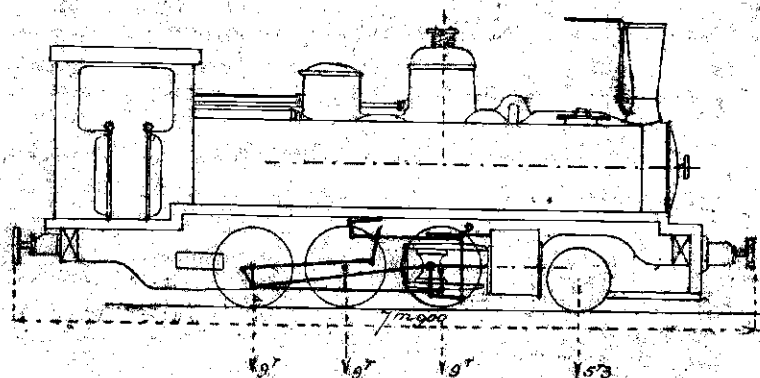
dont 12⁵ sur chacun des deux essieux moteurs, utilisé sur les Chemins de fer de la colonie du Cap, à voie de 1 mètre pour remorquer des trains rapides de 40 voyageurs avec un effort théorique de traction de 7250 kilogs (la charge de 12⁵ par essieu moteur n'a pu être admise qu'à cause du poids exceptionnel de la voie : rails de 30 k.).

Locomotives à 3 essieux couplés. — Dans le cas où les voies ne permettent pas d'atteindre ces charges par essieu en où cependant l'effort de traction doit être élevé, on a recours aux locomotives à 3 essieux couplés. Pour les voies de 1 mètre, c'est le cas des locomotives tenders

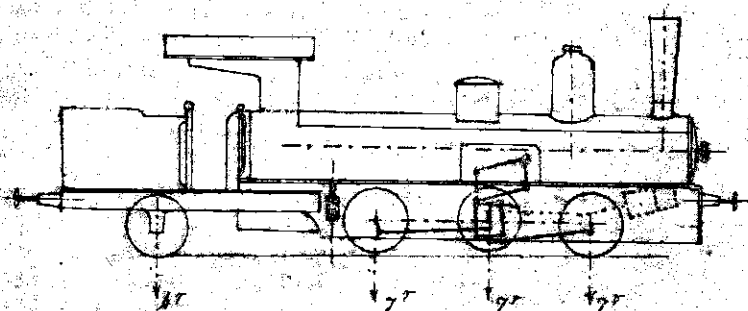
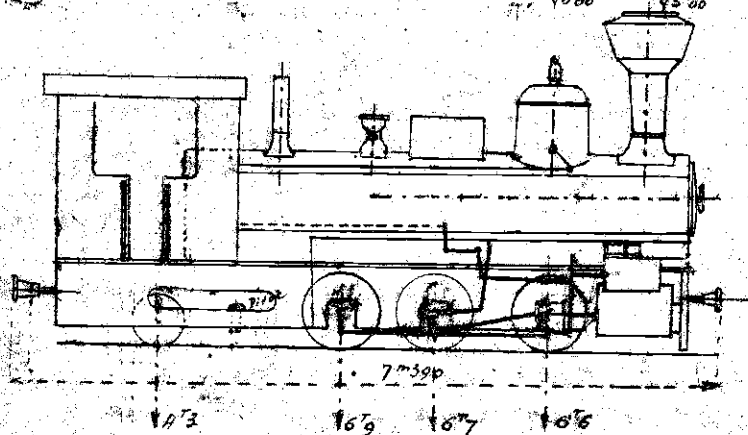
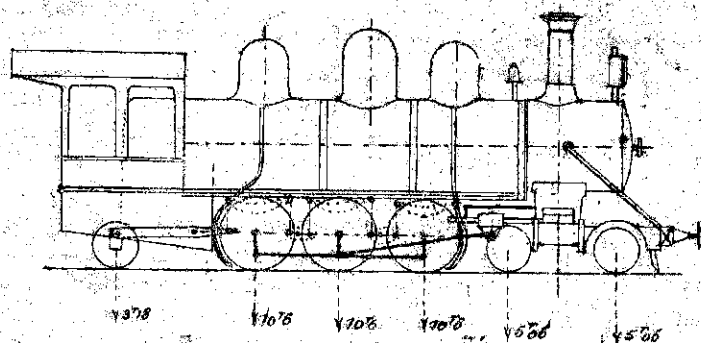


(*) Le type Mallet est caractérisé par l'emploi d'un avant-train moteur précédant un groupe fixe d'essieux également moteur. Le pivot de l'avant-train mo-

(*) Le type Mallet est caractérisé par l'emploi d'un avant-train moteur précédant un groupe fixe d'essieux également moteur. Le pivot de l'avant-train mo-



du Sud de la France, des locomotives tender Américaines à 3 essieux couplés, à bogie à l'avant en à essieu porteur à l'arrière.

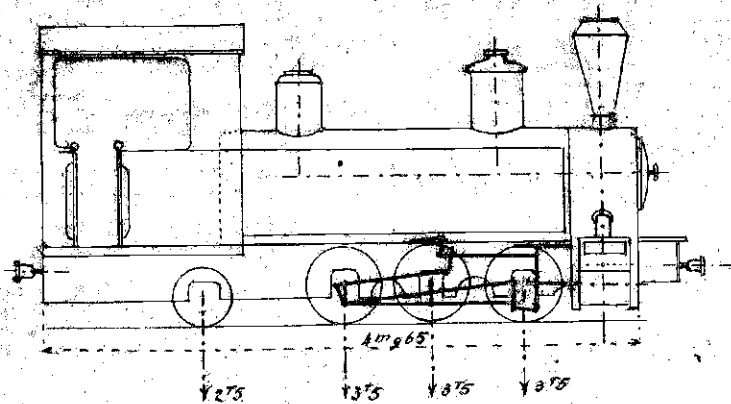


à adhérence totale (9^{es} par essieu), des Chemins de fer économiques du Sud-Ouest de la France, des locomotives-tenders à 3 essieux couplés (9^{es} par essieu) en à bissel à l'avant (type Rogul) des Chemins de fer

En ce qui concerne les voies de 0 m 75, c'est le cas :
 a.- de la locomotive tender système Krauss à 3/4 essieux couplés, utilisée sur les Chemins de fer de l'Etat Autrichien (voie de 0 m 76) ; en dans laquelle les trois essieux couplés, portant 6^{es} par essieu, sont suivis d'un essieu porteur radial formant avec le 3^{es} essieu, moteur un truck mobile avec pivot (d'au. déplacement latéral favorisant le passage dans les courbes)
 b.- de la locomotive tender analogue, à 3/4 essieux couplés, des Chemins de f.

est situé en arrière de celui-ci, entre les cylindres du train fixe. Les machines du type Fairlie ont deux corps de chaudières réunis par un foyer commun, et comportent deux tenders moteurs articulés par rapport aux longerons de la machine.

de Bosnie-Herzégovine, caractérisée par l'emploi du système Klose qui permet, par un artifice spécial, la convergence des 1^{er} et 3^e essieux moteurs (7^e par essieu moteur, effort théorique de traction 5000 k.)

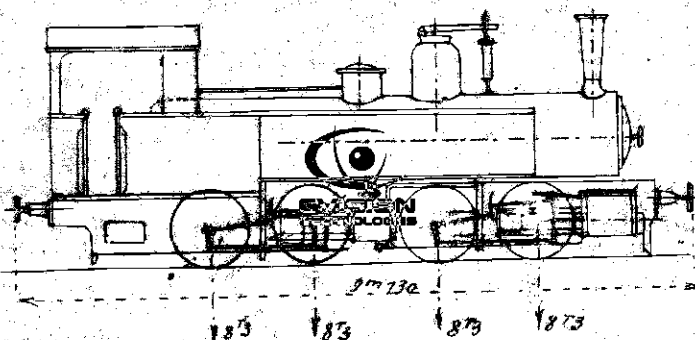


En ce qui concerne les voies de 0 m 60, c'est le cas de la locomotive-tender à 3/4 essieux couplés des tramways du Tarn, dans laquelle un essieu porteur radial fait suite aux trois essieux couplés (3^e 5 par essieu moteur ; remorque 157^e en palier en 24^e sur

des rampes de 50 m/m.)

Locomotives à 4 essieux couplés. - Parmi les locomotives à 4 essieux couplés, dans lesquelles on réduit encore davantage le poids par essieu, on peut citer :

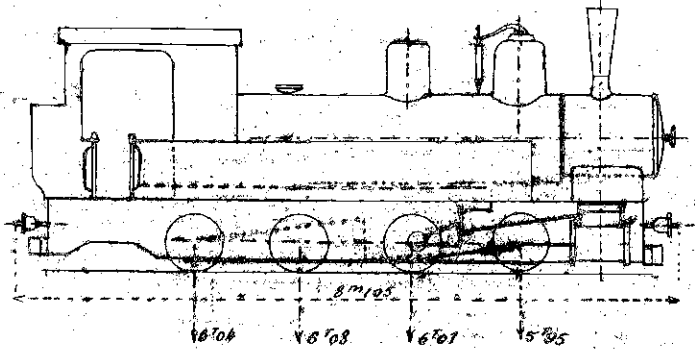
1^{re} pour la voie de 1 m, la locomotive de construction américaine type Consolidation, utilisée en Espagne, près de Bilbao, portant 8^e 65 par essieu moteur, avec 4^e 5 sur un bissel (5^e essieu) placé à l'avant, en qui peut remorquer des trains de marchandises de 160 tonnes sur des rampes de 25 m/m combinées avec des courbes de 120 m. de rayon (effort théorique de traction : 10.700 k.).



La locomotive-tender compound, système Mallet, à adhérence totale, des Chemins de fer départementaux (réseau de la Corse), les cylindres à haute pression.

non, attaquent les essieux du train fixe, les cylindres à basse pression commandant les essieux du train mobile.

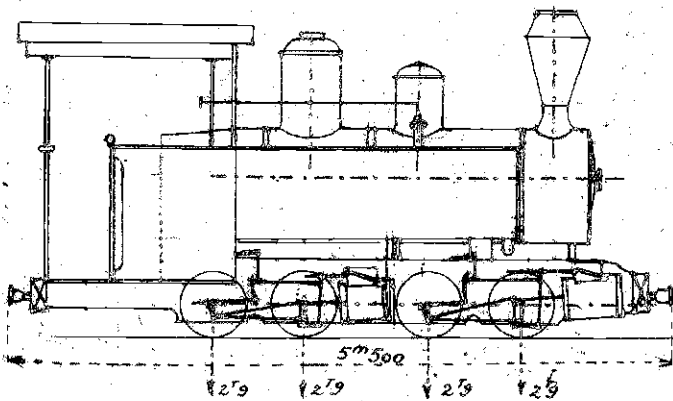
2^e pour la voie de 0 m 75, la locomotive-tender à 4 essieux couplés, à adhérence totale, système Klien-Lindner, utilisée en Hongrie



sur des lignes présentant de longues rampes de 25 m/m combinées avec des courbes de 100 m. de rayon en dans laquelle les 2 essieux moteurs extrêmes sont rendus

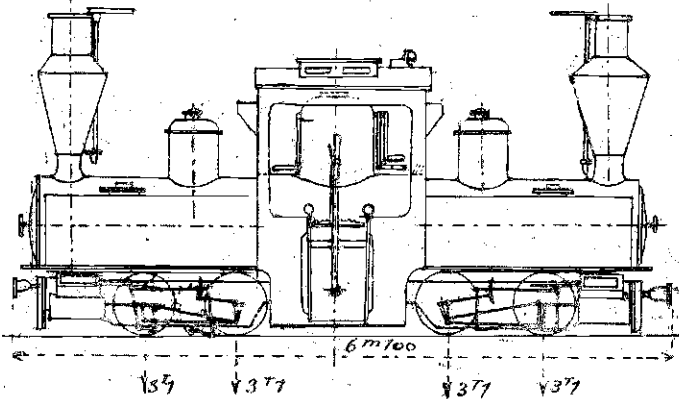
convergent par un système de rotules; la charge par essieu est de 6^t et l'effort théorique de traction est de 6.700 kilogs.

3^e pour la voie de 0 m 60, la locomotive-tender, compound à 4



essieux couplés des tramways du Calvados qui reproduit pour la voie de 0 m 60 les dispositions du type Rattel déjà envisagé pour la voie de 0 m 75 (niveau de la Corse) en qui passe aisément dans

des courbes de 20 m. de rayon. Le poids par essieu est de 259; l'effort théorique de traction est de 2080 K^g dans le fonctionnement en compound en peut atteindre 4000 K^g dans la marche à simple



expansion au moment des démarrages.

La locomotive-tender à 4 essieux couplés, de l'Artillerie française établie en collaboration par le Colonel Pichon et St. Bourdon

(professeur à l'École Centrale) d'après le type Fairlie. Ses deux bogies moteurs sont indépendants en articulation par rapport aux longerons, de sorte que la machine passe très aisément dans des courbes de 20 m de rayon. L'effort théorique de traction est de 2400 k; poids maximum par essieu: 3¹. Elle peut remorquer 300¹ à la vitesse de 20 km. à l'heure en palier, 18¹ sur des rampes de 50 m/m en 8¹ sur des rampes de 80 m/m. Elle a été combinée pour que, même sur des rampes de 100 m/m, le ciel du foyer soit toujours baigné dans l'eau. Cette machine rend de grands services sur les réseaux à voie de 0 m 50 dans son pourtour les places fortes de l'Est (Belfort, Epinal, Baul et Verdun). On peut remplir les pentes à eau en courbe de route au moyen de tuyaux et d'éjecteurs à vapeur permettant d'aspirer l'eau dans des rivières voisines de la voie.

Automotrices. — Sur les lignes d'intérêt local (Chemins de fer ou tramways) assurant exclusivement un service de voyageurs, il y a intérêt à faire assurer le service par des voitures automotrices à moteur léger et faible poids mort, auxquelles on ajoute parfois une ou deux remorques, mais qui ne constituent pas des trains à proprement parler, en qui peuvent circuler à plus grande fréquence.

Les voitures automotrices que nous allons passer en revue, peuvent donc s'appliquer soit à des tramways urbains ou interurbains, soit à des chemins de fer d'intérêt général, à voie étroite ou non. Sur les grands réseaux, ces voitures peuvent en effet avoir un emploi rationnel en économie :

1^o pour l'exploitation des lignes secondaires, sur lesquelles le nombre des voyageurs à transporter est trop faible pour justifier la mise en marche de trains relativement fréquents;

2^o pour l'exploitation des lignes principales autour de grands

centres, dans les périodes de la journée à trafic réduit, où il peut y avoir économie à substituer des véhicules indépendants à des trains ordinaires même légers.

On incorporera donc dans ce chapitre l'étude des automotrices dans leurs applications aux chemins de fer d'intérêt général.

Abstraction faite des motrices électriques à conducteur continu qui ont trouvé de larges applications dans les tramways et les chemins de fer d'intérêt local, mais dont l'emploi est relativement réduit sur les grands réseaux ; c'est au moteur à vapeur à vaporisation rapide qu'on donne la préférence.

Viennent ensuite les automotrices à essence de pétrole (à moteurs à explosion) avec parfois l'adjonction d'une transmission électrique entre le moteur et le différentiel (voitures pétrole-électriques). Les automotrices à alcool sont dans la période d'essai. Quant aux automotrices à accumulateurs, en raison de leur poids mort élevé, elles ne conviennent guère ni pour les fortes rampes, ni pour les grandes vitesses et sont d'un emploi onéreux, même en réalisant la récupération dans les descentes.

Automotrices électriques. - La traction électrique s'adapte tout particulièrement à des voitures rendues individuellement automobiles ; le poids des voyageurs donne l'adhérence suffisante aux roues motrices. Sur les lignes à profil peu accidenté, un seul des essieux reçoit le mouvement d'un moteur. Lorsque les rampes dépassent 5 m/m par mètre, on attaque chacun des 2 essieux par un électro-moteur. Dans les tramways urbains pour obtenir une vitesse moyenne de 12 km. à l'heure en dépit des nombreux arrêts, il faut disposer de démarrages rapides. On a recours à des moteurs capables de développer 25 chevaux dans les démarrages et produisant 15 à 20 chevaux en marche.

courante. Les voitures des lignes moyennes emportent en général 50 voyageurs en présence une dizaine de tonnes en ordre de marche (un type plus réduit comporte 30 à 32 places en poids 6 tonnes); elles sont établies sur des trucks à 2 essieux ayant un empattement restreint (1 m 80 à 2 m 50); l'empattement de 1 m 80 permet de passer dans des courbes dont le rayon descend à 16 mètres. Sur les voies secondaires ou métropolitaines, on utilise de longues voitures montées sur des trucks à 2 bogies. La caisse de la voiture repose sur le châssis par l'intermédiaire de ressorts plats en de boudins. Quant au moteur, dont la suspension doit être flexible pour éviter les chocs trop brusques, sa carcasse repose d'une part par un appui élastique sur l'une des traverses du truck, d'autre part par un coussinet muni de ressorts à boudins, sur l'essieu. Chacune des plateformes d'extrémité comporte des appareils de manœuvre.

A - Traction par accumulateurs. - Ce système qui a l'avantage d'assurer une indépendance complète aux véhicules automoteurs a l'inconvénient d'être assez onéreux pour les raisons indiquées précédemment. La traction par accumulateurs est plus indiquée pour les omnibus que pour les tramways, l'itinéraire pouvant subir des variations.

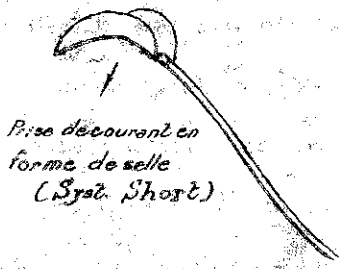
A citer comme application sur les tramways de Paris, des voitures à 52 places pesant à vide 8 200 k., dont 1 700 k. pour la batterie d'accumulateurs, qui est remplacée tous les 20 km; à l'avenue de St Ouen, où la dépense en rampe est de 976 watt-heures, la descente effectuée en faisant agir les moteurs comme génératrices-freins permet de récupérer 385 watt-heures dans les accumulateurs.

Des voitures à accumulateurs ont également été mises

en service dans ces dernières années par l'Administration des Chemins de fer Prussiens, la C^{ie} italienne des Chemins de fer méridionaux et les Chemins de fer du Wurtemberg.

B. - Traction à conducteur continu ou interrompu.

Si les fils conducteurs de l'énergie électrique sont aériens, la prise de courant se fait par trolley, ou par archet, ou par frotteur en forme de selle garni d'un alliage mou (système *Shorn*). La ligne est partagée en sections de 1 à 500 mètres, alimentées chacune par des cables ou feeders reliant l'usine génératrice à ces sections : on régularise ainsi la différence de potentiel entre le conducteur de prise de courant et le rail servant de retour au courant.



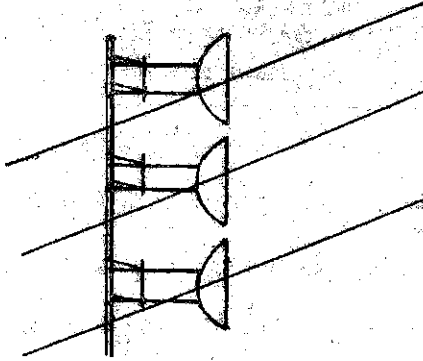
Si le conducteur est en caniveau, on fait usage de frotteurs pénétrant par une fente étroite ménagée à la partie supérieure du caniveau, tantôt dans l'axe de la voie, tantôt dans l'axe de l'un des rails (syst. Siemens ou Halske). Ce système, qui nécessite la construction d'un canal en béton avec cadres en fonte, est assez coûteux.

On lui préfère parfois l'installation de conducteurs interrompus (syst. Westinghouse, Sineff, Diatto, Claren ou Hellermer), tels que des blocs d'acier, en forme de pavés, écartés de 2 m 50 à 3 m., en mis en communication avec la station électrique au moment où ils sont recouverts par la voiture automobile.

Dans les chemins de fer, où les voies sont hors d'accès du public, on installe un conducteur au niveau du sol sous forme de 3^e rail.

Les appareillages des tramways électriques sont très nom-

breaux ; la majeure partie des installations urbaines ont été faites par l'une des Compagnies Thomson-Houston, Westinghouse, Siemens en Alsace, en fonctionnant avec du courant continu à 500 volts. Certaines d'entre elles sont alimentées par une usine génératrice fournissant du courant alternatif, transformé en courant continu dans des sous-stations.



Sur certaines lignes, les moteurs des voitures sont alimentés directement avec du courant alternatif triphasé ; les prises de courant sont alors constituées par un triple archer frottant latéralement sur les 3 fils aériens superposés verticalement (ligne électrique à grande vitesse Berlin-Hessen, installée par la maison Siemens en Alsace, où le courant alternatif est pris directement sur la ligne, sous la tension de 10 à 12000 volts, en sur laquelle on a réalisé des vitesses de 150 kilomètres à l'heure).

On se contente parfois de 2 fils aériens, la 3^e phase passant par les rails. Le courant alternatif triphasé convient surtout à la traction à grande vitesse avec des tensions de 3000 à 10000 volts. Sur les lignes de tramways où les arrêts sont fréquents, les moteurs à courant continu sont préférables ; on peut d'ailleurs les faire alimenter par des courants à 2000 volts sur la ligne de service, en réunissant au besoin sur un même véhicule 4 moteurs accouplés 2 à 2 en série.

Ces dernières années, on a appliqué à la traction électrique le courant alternatif monophasé. D'abord réservé aux services interurbains, ce système a été appliqué en 1907 pour la première fois à une grande ligne de chemins de fer : la partie banlieue

Ces dernières années, on a appliqué à la traction électrique le courant alternatif monophasé. D'abord réservé aux services interurbains, ce système a été appliqué en 1907 pour la première fois à une grande ligne de chemins de fer : la partie banlieue

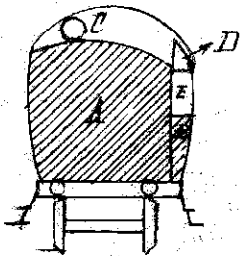
de la C^{ie} du Chemin de fer New-York - New-Haven a été pourvue de locomotives électriques de 1000 chevaux, établies par la C^{ie} Westinghouse, en qui remorquent les trains à la vitesse de 120 km. à l'heure.

Automotrices à vapeur. - En Allemagne, circulent sur les Chemins de fer de Sturtenberg, des voitures Serpollet, à un seul essieu moteur. Le système Serpollet, à vaporisation instantanée, est également employé en Autriche sur des voitures à 16 places circulant à une vitesse de 15 kilomètres à l'heure sur des déclivités de 25 m/m combinées avec des courbes de 180 m. de rayon. Les chaudières Serpollet, transformées pour utiliser des brûleurs à pétrole (au lieu d'utiliser du coke ou de la houille) sont très avantageuses en raison de la simplification qui en résulte pour l'approvisionnement en combustible. Avec les derniers perfectionnements apportés (système Gardner-Serpollet) en qui comportent en particulier l'alimentation automatique, proportionnelle à l'effort à donner, à l'aide d'un petit chesal commandant à la fois l'admission du pétrole dans les brûleurs et de l'eau dans les tubes à vaporisation instantanée, les voitures Serpollet sont des engins d'une grande souplesse et d'une conduite facile par un seul agent.

Sur les Chemins de fer de Bavière, comme sur plusieurs lignes de chemins de fer à voie normale ou étroite de la Hongrie, circulent des automotrices système Gang, mettant en œuvre un générateur chauffé au coke donnant de la vapeur à 2 atmosphères. Les voitures de 10 ou 20 tonnes comportent, suivant le cas, 1 ou 2 moteurs de 35 chevaux à 2 cylindres et permettent l'obtention de vitesses variant entre 16 et 50 kilomètres à l'heure.

En France, ces dernières années, les essais se sont poursuivis sur les réseaux de l'Etat, du G. S. M. et de l'Orléans, avec des automotrices système Lurcy, et sur le réseau du Nord, avec des automotrices d'un type nouveau, à trois éléments, comportant soit une chaudière aquatubulaire système ^{ou Lurcy} Eurgan, soit une ^{par opposition} petite chaudière de locomotive à tubes de fumée par conséquent avec les tubes d'eau des types Lurcy en Eurgan).

Les automotrices de la Cie du Nord qui ont une longueur de 26 mètres sont formées de 3 éléments articulés entre eux à 2 essieux chacun. L'élément central comporte une locomotive et un compartiment de fourgon à bagages; l'un des éléments extrêmes comporte un compartiment de 2^e classe et un de 1^{re} classe, l'autre élément extrême est tout entier réservé aux 3^e classes.



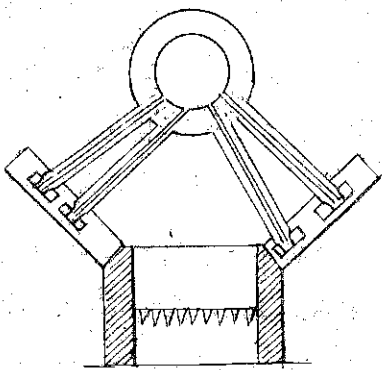
Le mécanicien peut occuper 2 postes et se trouve toujours placé à gauche, quel que soit le sens de la marche; la section (A) des compartiments extrêmes ne prend pas toute la largeur du gabarit, mais ménage une partie B inférieure, aménagée en coffres pour petits colis à main. Il reste, donc sur toute la longueur de l'élément une échancrure E qui accroît le champ visuel du mécanicien, placé d'ailleurs en D, dans une partie surélevée de l'élément central. La cabine du conducteur se trouve à côté de celle du mécanicien; l'une et l'autre communiquent entre elles, ainsi qu'avec les compartiments à voyageurs des éléments extrêmes. Un couloir de service règne donc en réalité d'un bout à l'autre du train léger ainsi constitué, qui a l'avantage de marcher dans les deux sens sans tournage. Le poids des deux éléments extrêmes est de 20^t ~~en vidant celui de l'élément central avec chaudière~~ Eurgan est de 22^t en ordre de marche, donne 14^t sur l'essieu moteur

unique. Cette automobile à vapeur peut donner place à 80 voyageurs (assis ou debout) ; elle a fonctionné en service courant sur des lignes à profil moyen avec des horaires tracés pour des trains d'embranchement ordinaires (54 km à l'heure). Elle peut prendre une suite de remorque.

La décomposition en 3 éléments a l'avantage de réduire l'immobilisation à un seul des éléments, en cas d'avarie. Elle a permis, dans la période d'essai, de faire fonctionner avec les mêmes éléments extrêmes 3 types distincts de chaudières sur l'élément moteur.

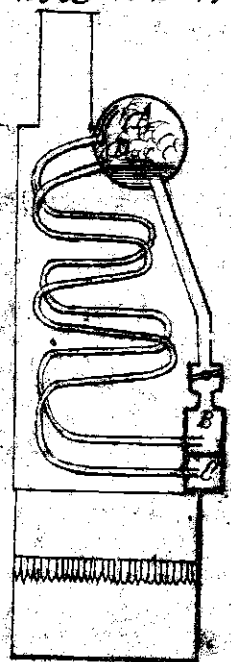
C'est la chaudière de locomotive qui a donné les meilleurs résultats au point de vue de l'entretien, et c'est elle qui sera employée dans les automobiles à vapeur actuellement en construction.

Les systèmes Burgan et Durrey, à vaporisation rapide et à faible volume d'eau et de vapeur ont eu d'assez nombreuses avaries de tubes.



Le système Burgan est caractérisé par un corps cylindrique placé à la partie supérieure et dans lequel viennent déboucher un certain nombre de tubes disposés en éventail de part et d'autre du foyer. Les gaz de la combustion circulent entre les tubes. Ceux-ci sont à double enveloppe et un courant d'eau s'y établit ; l'eau relativement froide descend par le tube central, tandis qu'un mélange d'eau et de vapeur remonte par la partie annulaire des tubes exposée directement à la chaleur des gaz de la combustion. Le combustible employé est la houille. L'alimentation est assurée par un

injecteur Friedmann en charge, en par une pompe. Capacité totale de la chaudière : 900 litres dont 660 litres d'eau. Timbre 18 kg.



Le système Lurrey est caractérisé par un faisceau de tubes verticaux en forme d'S mettant en communication deux collecteurs A et B. Il y a deux sortes de tubes, savoir : 30 tubes vaporisateurs CD dans lesquels circule de C vers D un mélange d'eau et de vapeur et 11 tubes surchauffeurs AB conduisant la vapeur de la partie supérieure A du collecteur cylindrique à la partie centrale supérieure B du collecteur inférieur qui a une section rectangulaire C et dans cette partie B que se fait la prise de vapeur surchauffée. Le timbre est

de 20 k, la capacité totale en eau : 260 litres. Un flotteur se déplaçant dans le cylindre A commande automatiquement une pompe d'alimentation. Le mécanicien n'a donc pas à s'occuper de cette alimentation en cours de route, sauf à faire fonctionner exceptionnellement un petit chi-sal en cas d'insuffisance de la pompe. Une trémie de chargement laisse arriver progressivement le coke sur la grille.

Les automotrices à vapeur système Lurrey du P. & S. Stb., de l'Etat français en de l'Orléans sont de longues voitures (11 m 70 avec 2 essieux dont un essieu moteur pour les 2 premières ; 13 m 70 avec 3 essieux, dont un essieu moteur, celui du milieu, pour celle de l'Orléans). Elles comportent un unique poste de manœuvre à une des extrémités, un fourgon à bagages en respectivement 50, 36 et 26 places ; elles peuvent prendre une ou deux remorques. Celle de la Cie d'Orléans, qui ne comprend

que des 1^{ères} classes, est normalement accouplée à une voiture de remorque de 50 places. La plus grande vitesse atteinte a été de 75 kilomètres à l'heure avec une remorque. Ces automotrices doivent être tournées à l'extrémité du parcours, ce qui est inutile avec le type à 3 éléments de la C^{ie} du Nord.

La C^{ie} des Omnibus de Lario utilise sur plusieurs de ses lignes de tramways des automotrices à vapeur syst. Purrey, à 48 places, dans lesquelles le moteur actionne par chaînes les 2 essieux.

Automotrices à essence. - Les voitures à essence de pétrole n'ont pas un rendement mécanique très élevé, en raison de la nécessité de réduire la vitesse du moteur à explosion au moyen d'engrenages ou d'autres organes intermédiaires. On peut d'ailleurs envisager le remplacement de ces transmissions intermédiaires par une transmission électrique présentant plus de souplesse et de précision (voitures pétrole-électriques). En revanche, elles présentent les avantages des moteurs à explosion : légèreté, facilité de conduite et d'entretien, simplification pour l'approvisionnement du combustible.

Les Chemins de fer du Wurtemberg, après avoir expérimenté, dès 1898, des voitures à vapeur, du type Serpollet, ont recherché des machines d'entretien moins coûteuses. Leur choix s'est porté sur des automotrices à essence, système Daimler, pesant 12¹/₂, en offrant 44 places assises et 12 places debout, actionnées par un moteur à 4 cylindres de 30 chevaux, avec des appareils de manœuvre distincts sur chacune des deux plateformes d'extrémité. Ces autos peuvent franchir des rampes de 10 m/m à une vitesse de 26 km. à l'heure. Le prix d'une voiture est de 37.500 f. et la dépense par km. et par voiture s'élève à cf 188, dont 0,106 pour frais de consommation d'essence. Des embrayages, changements de vitesses

en changements de marche, consistant en différents trains d'engrenage, sont interposés entre l'essieu et le moteur qui, une fois lancé, doit tourner à une vitesse à peu près constante en sans arrêt. Les Chemins de fer de l'Etat suisse utilisent également une automotrice système Daimler, de 54 places pesant 17 tonnes donnant une vitesse de 37 kil. en palier et de 14 kilom. sur rampes de 20 m/m. La consommation d'essence, sur un parcours journalier de 100 à 110 kilom. est de 320 à 350 grammes par kilomètre. Les Chemins de fer Américains utilisent des motrices à essence, à 6 cylindres, l'arbre moteur recevant ainsi 3 impulsions par tour, ce qui est avantageux pour l'équilibrage. Dans les trains légers ainsi constitués, la dépense par voiture-kilomètre a varié de 34 à 56 suivant le nombre de kilomètres parcourus journellement et le salaire des agents (mécanicien et contrôleur.)

Sur la ligne à voie étroite de Sfax à Gafsa (Tunisie) fonctionne une automobile d'un poids très faible (1320 k.), actionnée par un moteur à explosion à 1 cylindre de 10 chevaux, servant au transport des voyageurs et des petits bagages. Elle atteint une vitesse de 40 km. sur rampes de 10 m/m.

Résultats financiers. — Les tableaux ci-dessous résument le développement des lignes secondaires faisant le service des voyageurs et des marchandises en France.

Années	Longueur moyenne exploitée	Capital d'établissement	Revenues brutes	Dépenses d'exploitation	Produit net
		millions	millions	millions	millions
1895	5.000 km.	420	22,5	18,5	4
1900	6.950	554	33,5	27,5	6
1905	11.000	776	47,5	37	10,5

suite page 593

Années	Longueur moyenne exploitée	Capital d'établiss ^t	Recettes brutes	Depenses d'exploit ^{on}	Produit net
		millions	millions	millions	millions
1906	11.660 km.	836	50,2	39,4	10,7
1907	12.600	875	53,3	42,9	10,4
1908	13.087	904	56,1	46	10,1

En ce qui concerne les voies ferrées ne comportant pas de service de petite vitesse, les résultats donnés par le tableau ci-dessous sont bien plus satisfaisants.

Années	Longueur moyenne exploitée	Capital d'établiss ^t	Recettes brutes	Depenses d'exploit ^{on}	Produit net
Réseaux des départements autres que la Seine					
1906	1.651	422	57,7	38	19,7
1907	1762	445	62,3	41,9	20,4
1908	1.894	479	65,9	43,9	22
Tramways du département de la Seine					
1906	581	243	54,3	44	10,3
1907	583	250	54,4	44,9	9,5
1908	590	257	56,8	46,4	10,4

Traction mécanique sur routes. - Automobiles

La traction par automobiles sur routes, sans rails, a pris depuis une quinzaine d'années une extension considérable. Laissons de côté les voitures automobiles de sport ou de luxe, nous envisagerons seulement ici les omnibus automobiles (auto-bus) en trains automobiles circulant sur routes, sans rails, pour assurer un service public de voyageurs et de marchandises.

Omnibus automobiles. - Nous retrouverons ici les

trois grandes catégories de moteurs déjà envisagés dans l'étude de : automotrices sur rails savoir : Omnibus à vapeur, omnibus à essence, omnibus électriques.

A. Omnibus à vapeur - Un concours institué à Paris en Décembre 1905 a provoqué la création d'un omnibus à vapeur Gardner Serpollet qui, concurremment avec 6 omnibus à essence, a assuré, à cette époque, un service spécial entre la Bourse et le Salon de l'Automobile. La chaudière Serpollet du type primitif y a été adoptée avec quelques perfectionnements intéressants : meilleure circulation des gaz de la combustion entre les tubes de vaporisation instantanée, adjonction d'un petit cheval alimentaire permettant de proportionner toujours automatiquement l'alimentation en eau en essence de pétrole aux besoins du moment, emploi de brûleurs à pétrole lampar.

Le moteur à 4 cylindres horizontaux, opposés 2 à 2, développant 40 chevaux en marche normale, permet à l'omnibus de 30 places pesant 4000 kil. à vide et 6200 kil. avec les voyageurs de se maintenir à une vitesse de 16 à 20 kilomètres à l'heure et de franchir à belle vitesse des rues pavées en rampes de 17%. Comme dans toutes les voitures automobiles, l'essieu d'avant est directeur et l'essieu d'arrière est moteur.

La transmission du moteur au différentiel est donnée par un arbre à cardan et le mouvement est transmis par chaînes du différentiel aux roues de l'essieu arrière.

Ce système de vaporisation instantanée réglable à volonté a le grand avantage sur celui des automobiles à essence de supprimer l'emploi de changements de vitesse toujours compliqués. La dépense par kilomètre n'atteint pas 0,10.

B. Omnibus à essence - La Cie des Omnibus de Paris

a adopté le type d'omnibus à essence, système Brillié, dans la description nous dispenserons d'examiner les systèmes Kars, de Orion-Bouton, Delahaye, Krüger, Peugeot, Turgeon, fonctionnant également avec des moteurs à essence.

Dans l'omnibus à essence, système Brillié, le moteur à explosion de 18/24 chevaux est ramassé sous le siège du conducteur, ce qui permet de ne donner qu'une assez faible saillie au capot en avant de la caisse de la voiture en d'obtenir une meilleure répartition des charges sur les 2 essieux.

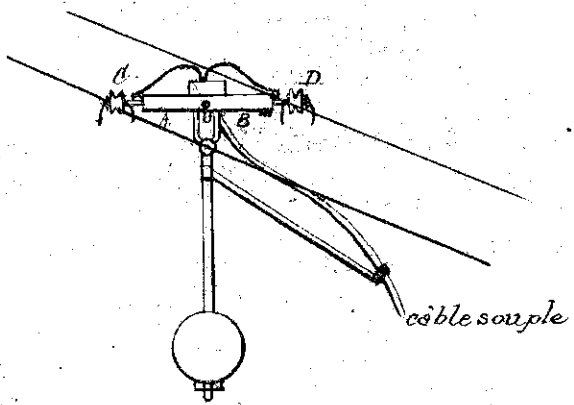
Le mécanicien a, à sa disposition, un volant de direction agissant sur l'essieu avant par vis en écrou (direction irréversible par conséquent), un levier de changement de vitesse en changeant de marche, (le changement de vitesse comporte 3 vitesses), un levier actionnant un frein sur le différentiel, une pédale actionnant un frein à enroulement sur le tambour des roues.

L'arbre du différentiel, actionné par cardan, porte à chaque extrémité, un pignon engrenant sur une roue à denture intérieure concentrique à la roue en lui transmettant le mouvement.

On peut estimer à moins de 0,40 la dépense d'essence en d'huile par voiture-kilomètre.

Ces omnibus-automobiles, appelés aussi autobus, sont pourvus de pneumatiques antidérapants.

C. - Omnibus électriques ou tracteurs électriques sur routes. - Les accumulateurs, qui rendent les voitures indépendantes, trouvent dans les omnibus une utilisation plus rationnelle que dans les tramways, car les véhicules automobiles sur routes doivent pouvoir s'écarter dans toute la largeur de



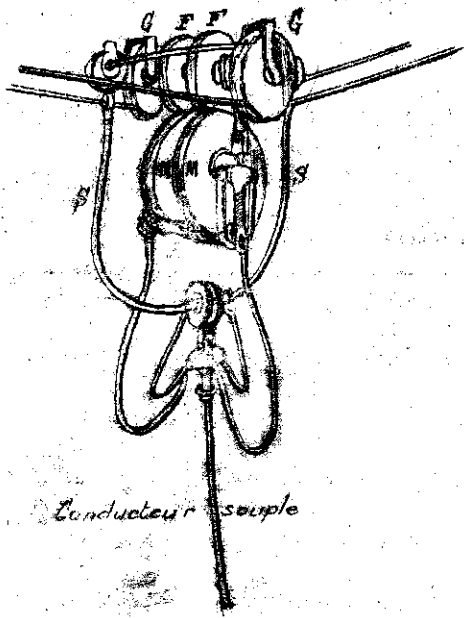
Chariot de prise de courant syst. Stoll
pour omnibus électrique à trolley

la route comme des voitures ordinaires, les systèmes usuels de trolley ne donnent pas assez de latitude à cet égard. On a pu toutefois adapter le conducteur électrique aérien à la traction sur route en substituant aux perches à trolley ou à l'archer, un chariot-trolley roulant sur les deux fils de ligne en relief par un fil souple à un point élevé de l'omnibus ou tracteur. Dans le système Stoll, appliqué à Dresde, une traverse isolante *AB* est assemblée à ses extrémités par deux traverses perpendiculaires supportant des galets qui roulent respectivement sur le conducteur négatif et le conducteur positif. De chaque support de galet part un câble souple; les 2 câbles souples se réunissent pour se rattacher au toit de la voiture. Une longue tige pendante, articulée au milieu du petit chariot-trolley supporte un contre-poids approprié qui accroît la stabilité de l'appareil en abaissant le centre de gravité.

Les omnibus employés sur cette ligne présentent environ 2900 kg en comportant 22 places; l'essieu arrière est attaqué par un moteur électrique de 15 chevaux, sous 500 à 600 volts.

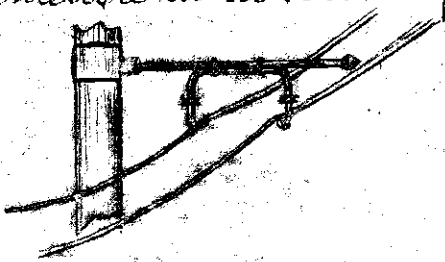
Avec ce système, les voitures allant en sens inverse échangent leur trolley lorsqu'elles se rencontrent.

Trolley automoteur. — Dans le dispositif précédent, le chariot-trolley n'ayant pas de moteur propre, exerce une traction sur le fil souple, ce qui est un gros inconvénient pour la conservation de ce dernier.



Le trolley automoteur Sombard-Géon évite ces inconvénients : à cet effet, le chariot-trolley roule sur les deux fils aériens servant de conducteurs (fils de cuivre de 8 mm de diamètre) au moyen de 2 galets *G* ; mais ce trolley est muni lui-même d'un moteur triphasé *MM*, dont la vitesse, synchrone au courant qui l'alimente, est toujours semblable à celle du moteur de la voiture. Le moteur *MM* entraîne le chariot en les galets *GG* par l'intermédiaire des galets en fibre *FF*

montés sur l'arbre des galets *G*. Le courant circule dans le cadre *SS* ; le moteur *M* est muni d'un frein électro-magnétique manœuvré de la voiture par le wattmann.



Ce système a été appliqué, dès 1901, à deux lignes d'omnibus sur routes, l'une à Fontainebleau, l'autre à Berlin. Les consoles des poteaux supports doivent être placées

à la partie inférieure de manière à laisser un libre passage aux galets.

Trains sur route. - Depuis quelques années, on a envisagé le problème de trains automobiles sur routes, soit pour le service ordinaire des voyageurs et des marchandises, soit pour les transports militaires. En ce qui concerne les transports militaires, l'idée pourrait venir de multiplier les camions automobiles dits "poids lourds". Mais les chaussées sont vite défoncées par le passage de ces véhicules pesant de 6 à 7000 kgs. D'autre part, l'emploi de voitures isolées plus légères entraîneraient des frais de conduite, de surveillance, etc. trop élevés. Il faut d'ailleurs réduire le plus possible la longueur occupée par un convoi

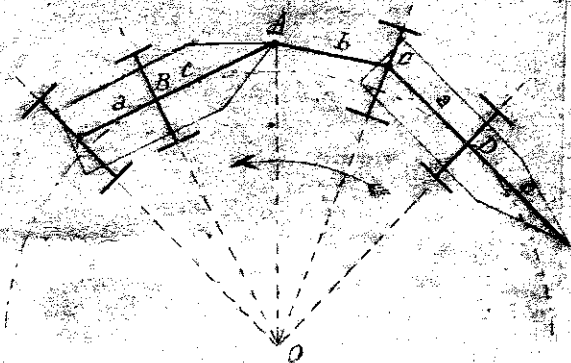
décomposé.

Il faut donc pouvoir atteler ensemble un nombre élevé de voitures susceptibles d'effectuer de courts virages sensiblement sur la même trace. Il faut, d'autre part, utiliser l'adhérence de chacun des véhicules, faute de quoi on se trouverait très limitée par la faible adhérence du tracteur.

Le train Scott avec tracteur à vapeur servant de camion pour les marchandises en attelé à une remorque pour voyageurs n'était qu'une solution peu satisfaisante du train routier.

Dans le train Friedmann, chacun des éléments constitué par 2 trucks jumelés par une traverse, doit être occupé par un conducteur qui actionne la direction au moyen d'un volant.

Le colonel Renard a réalisé une solution plus complète de la question dans son train routier à propulsion continue et à tournant correct. La voiture génératrice (tracteur à vapeur) n'est pas chargée de traîner les autres véhicules, mais elle est une sorte d'usine productrice d'énergie et distribue cette énergie, à l'aide d'une transmission purement mécanique, (la Cie Siemens-Shunkert a recherché la solution dans l'emploi de moteurs électriques appliqués à chacun des éléments du train) et chaque véhicule contribue pour son propre compte à l'adhérence au même titre que le véhicule moteur. D'autre part, en combinant les attelages de manière à assurer un passage de tous les véhicules sur les mêmes traces dans les courbes, on évite d'avoir à mettre un conducteur sur chaque véhicule pour assurer la direction (comme cela se fait dans le train Friedmann).



Chaque attelage se compose de 2 dispositifs chargés d'assurer bien le mouvement (on l'appelle attelage de puissance) l'un assure la direction de chaque voiture

(attelage de direction)

L'attelage de puissance comprend un arbre longitudinal articulé au moyen de joints à la cardan en qui règne d'un bout à l'autre du train. Cet arbre entraîne, au droit de chaque essieu, au moyen d'engrenages, un petit arbre auxiliaire qui est prolongé par la bielle de cardan allant au différentiel de cet essieu. Chaque voiture intervient donc pour l'adhérence, en par suite pour la propulsion.

L'attelage de direction comporte pour chaque voiture 3 pièces articulées entre elles par cardan, savoir: l'empattement a , le timon b , et la queue c .

La figure ci-contre montre que, dans le cas de voitures à avant-train en à cheville ouvrière, il faut, pour que les deux voitures décrivent le même cercle de centre O , que l'on ait la relation:

$$b^2 = c^2 - a^2$$

en considérant les 3 triangles rectangles OBA , OCA , ODC .

Un train de ce genre a été essayé avec succès en 1904. Depuis, des applications en ont été faites pour le service des voyageurs (service entre la gare de Wimereux et Ambletense par exemple).

Chemins de fer Métropolitains

On donne ce nom, dans quelques grandes capitales de l'ancien et du nouveau Continent, à des réseaux urbains qui sont établis partie en souterrain, partie en viaduc, pour transporter rapidement de grosses masses de voyageurs en réduisant notablement l'encombrement des principales artères.

Paris n'a été que tardivement doté de ce réseau indispensable, alors que Londres, New-York et Berlin étaient déjà partiellement outillés à ce point de vue, depuis longtemps déjà.

A Londres, dès 1868, le Métropolitain s'installait pour rayonner autour de la Cité et la mettre en communication rapide avec les faubourgs qui se développent sur une très grande étendue. Il est essentiellement souterrain et même caractérisé par une grande profondeur (20 à 30 mètres) au-dessous des chaussées. La traction à vapeur, au moyen de locomotives, donnait l'emploi dans les tunnels, avait de très gros inconvénients, (atmosphère viciée par la fumée) et l'éclairage au gaz, a fait place depuis 1904 à la traction électrique. Cette électrification, longtemps différée à cause du coût de la transformation, a dû être adoptée à cause de la concurrence apportée depuis 1898 et 1900 par les lignes souterraines électriques du Waterloo and City Railway et surtout du Central London Railway.

A Berlin, le métropolitain, installé d'abord comme voie de transit, entre les deux principales gares de l'Est et de l'Ouest, avec viaduc en maçonnerie, en voie accessible au matériel des grandes lignes, a été ramifié et a pu pénétrer plus avant en plongeant en souterrain. Mais, à l'encontre de celui de Londres, il reste toujours à très faible profondeur, comme ceux de New-York et de Paris.

A New-York, à l'Elevated ou Manhattan Railway, qui circulait en viaduc depuis 1883, s'est ajoutée, depuis 1904, un nouveau métropolitain, le Subway (Interborough Rapid Transit Subway) établi presque tout entier en souterrain, avec quadruple voie sur une partie du parcours.

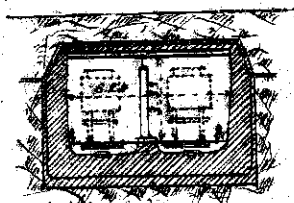
A Paris, le métropolitain, entrepris en vue du gros mouvement de l'Exposition Universelle de 1900, a profité de l'expé-

rience faite sur les réseaux urbains des grandes capitales étrangères. Il a fait mieux, en adopté dès le début la traction électrique à unités multiples, appliquée depuis sur les réseaux métropolitains de l'étranger. Venir pour ainsi dire d'un seul jet, il possède par suite une grande homogénéité qui le rend particulièrement utilisable, en pour tous les points de la ville.

Comparaison des conditions d'établissement des divers métropolitains. - Depuis l'électrification des réseaux étrangers, les méthodes d'exploitation et de traction sont presque partout les mêmes. Il existe entre eux, au contraire, des différences assez importantes au point de vue de la construction.

Viaducs. - Je n'insisterai pas sur les viaducs métalliques, qui, souvent assez élevés (15 mètres en plus) sont particulièrement soignés, au point de vue du contreventement. Sur quelques points, comme à Paris, entre la station de la Bastille et le viaduc spécial franchissant la Seine, où existent à la fois une courbe de faible rayon et une rampe très prononcée, on a adopté des solutions ingénieuses et hardies (viaduc à travée hélicoïdale en courbe de 75 m. de rayon sur un arc de 53° avec une pente de 40 m/m).

Souterrains. - En ce qui concerne les souterrains, ils sont de 3 types principaux :



Berlin

1^{er} les souterrains couverts d'une charpente métallique sous chaussée, qui sont exécutés à ciel ouvert et recouverts ensuite, en laissant au dessous d'eux jusqu'au niveau de la chaussée une hauteur de 1 m. à 1 m 80.

Établis pour deux voies en plus dans le sens de la largeur, ils sont, ou bien sans supports intermédiaires comme à Paris,

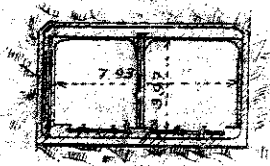
ou bien pourvus de piliers de support entre les voies, comme à Berlin et New-York.

2° Les souterrains voûtés, employés partout sauf à Londres, dans les sections où le profil de la voie s'écarte par trop de celui de la chaussée, ou dans les voies très fréquentées qui auraient trop souffert d'une longue interruption de la circulation pendant la construction. Ils ont été construits par la méthode du bouclier, mais n'évitent pas les gros travaux de remaniement des égouts et canalisations.

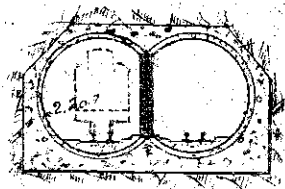
Ils comportent à New-York des voûtes en berceau de 3 m 80 de rayon à Paris, des voûtes surbaissées de 7 m 10 de largeur et de 4 m 50 de hauteur comptée entre le dessus du rail et le plafond.

3° Tubes à parois métalliques passant à grande profondeur. C'est le type presque exclusivement adopté à Londres où un tube de faible diamètre est affecté à chacune des voies d'une même ligne (tubes de 3 m 10 de diamètre pour le City and South London Railway; tubes de 3 m 66 de diamètre pour le Waterloo and City Railway; tubes de 3 m 45 pour le Central London Ry.) employé ailleurs, dans des cas exceptionnels seulement, comme pour le passage sous la Haarlem River à New-York, où 2 tubes métalliques jumelés de 4 m 57 de diamètre chacun, encastrés dans le béton sont réunis par un diaphragme en fonte auquel ils sont boulonnés.

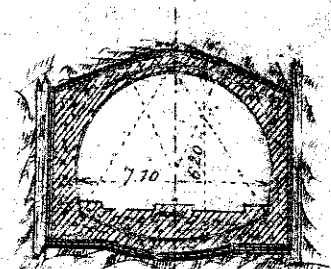
À Londres, cet emploi courant des tubes construits à grande profondeur (20 à 30 mètres) a permis d'éviter toute gêne pour les riverains, des modifications d'égouts toujours laborieuses et de s'écarter au besoin du tracé des rues. Par contre, il présente, pour le public l'inconvénient de gravir des escaliers très développés qui ont amené les administrations intéressées à installer des ascenseurs électriques puissants sur-



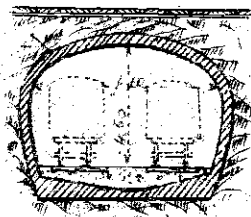
New York type courant



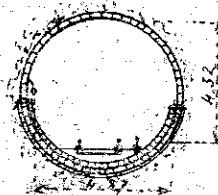
New-York, sous la Harlem River.



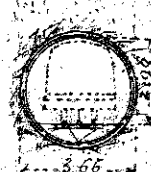
New-York, type special



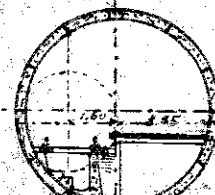
Paris



Great Northern and City



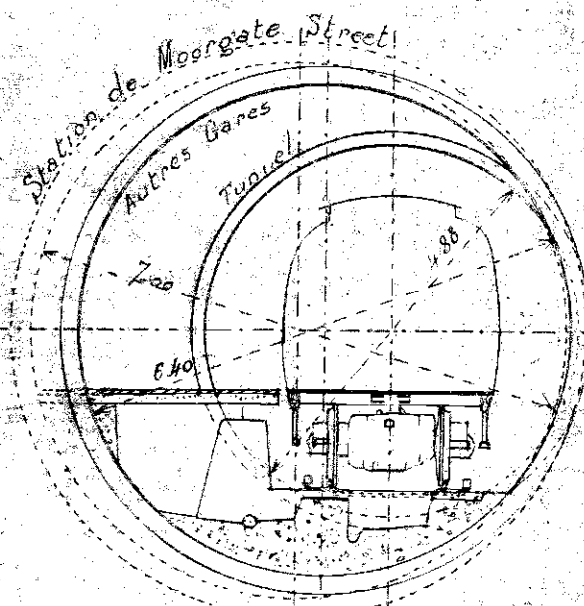
Waterloo and City



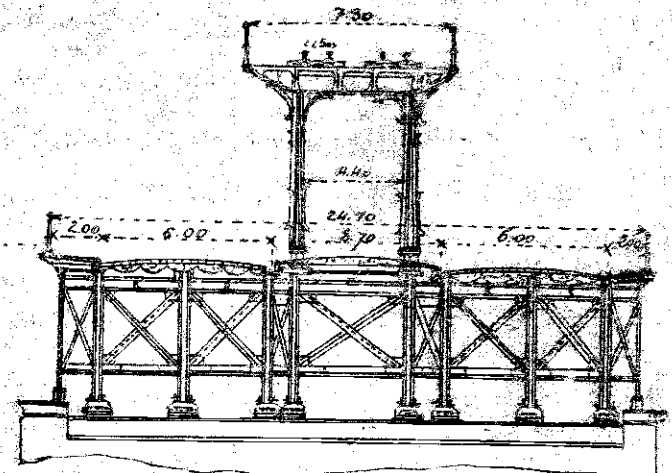
Central London



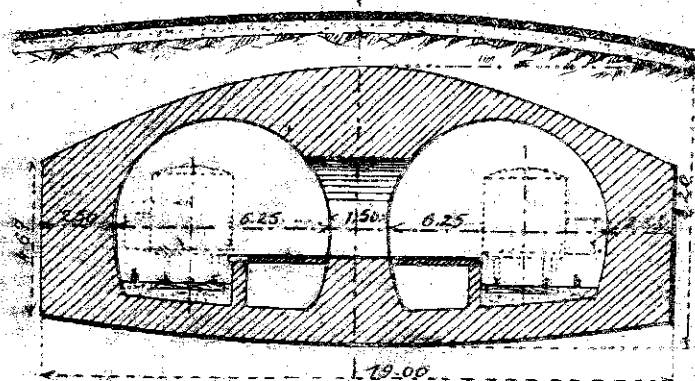
City and South London



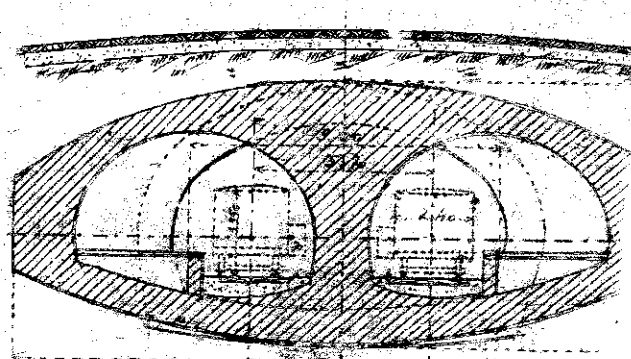
Coupe transversale d'une gare du Great Northern



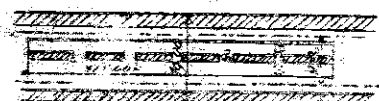
Coupe transversale du viaduc de Passy



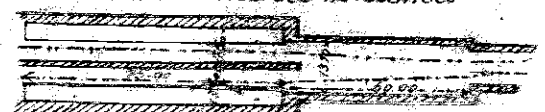
Plan au niveau des naissances



Plan au niveau des naissances



Stations à quais intérieurs du type courant



Stations à quais extérieurs du type renforcé

susceptibles d'enlever d'un seul coup 60 à 100 voyageurs.

Voies en stations. - A Paris, New-York et Berlin, la voie de 1 m 43, avec rails de roulement à patin de 50 k par mètre courant est utilisée. A Sondres, on a conservé le rail à double chambrage pour le roulement, mais le rail à patin pour la conduite et le retour du courant.

Le rail conducteur de courant est, en général, placé à l'extérieur des deux rails de roulement et un peu surélevé par rapport à ces derniers. A Sondres, le retour du courant se fait par un même rail placé dans l'axe de la voie, les deux rails de roulement sont néanmoins isolés en réunis électriquement pour concourir au fonctionnement d'un block-système automatique, qui fonctionne ainsi indépendamment du courant de traction.

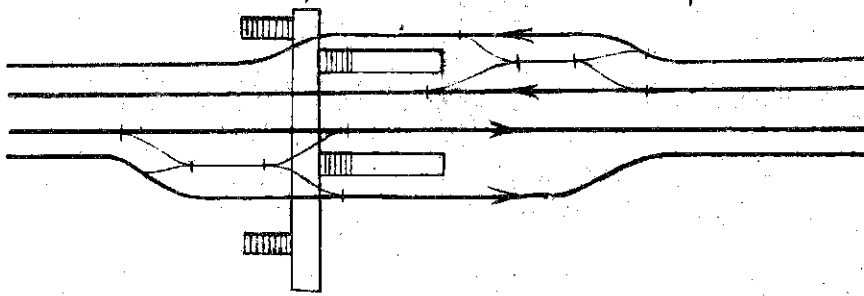
Ailleurs, le retour du courant se fait par la voie de roulement.

Les courbes généralement admises sont de 60 à 80 mètres de rayon, mais à Paris et New-York on est parfois descendu à des rayons de 40 et 50 mètres. Au point de vue des rampes, on a atteint jusqu'à 40 m/m par mètre aux passages de tunnel en viaduc et inversement.

Dans les stations, les tubes anglais qui sont à voie unique, comportent un élargissement pour un seul quai. A Paris, Berlin et New-York, les stations de double voie ont généralement deux quais extérieurs au groupe des 2 voies, et rarement, un quai median dans les terminus.

A New-York, sur les triples voies des viaducs de l'Elevated, ou sur les quadruples voies en souterrain du Subway, on fait circuler sur les 2 voies extérieures des trains omnibus, (vitesses commerciales de 22 à 30 km. à l'heure), tandis que sur la ou les voies médianes, circulent des express (40 km. à l'heure) n'arrêtant qu'aux stations de 3 en 3. Les quais des stations où

se faire le transin des trains express dans les trains omnibus, sont alors disposés comme l'indique le schéma ci-contre.



Sur l'Elevated, la 3^{me} voie (celle du milieu) est parcourue par un service momentané d'express,

tous dans le même sens, sens du grand trafic, dans les périodes les plus chargées de la journée.

Matériel roulant en traction. - A Londres, après un essai de locomotives électriques, on en est venu aux trains à unités multiples, composés de voitures motrices échelonnées dans la longueur du train et séparées par des voitures de remorque.

C'est le système utilisé à Paris, dès le début, et à New-York depuis 1904. Il a l'avantage d'utiliser l'adhérence de plusieurs motrices et de répartir aussi l'action du freinage; en outre, il se prête aux décompositions en renforcements: dans les trains de 3 voitures, les deux extrêmes sont motrices, dans les trains de 7 voitures, les voitures 1-3-5 et 7 sont motrices.

Toutes les voitures, motrices ou non, sont montées sur 2 bogies. En général, un seul des deux bogies est moteur et actionné par deux moteurs de 200 chevaux à courant continu.

A Berlin, Londres et New-York, le courant des usines génératrices est envoyé sous forme de courant triphasé à 10.000 ou 11.000 volts, à des sous-stations qui le transforment d'abord en courant triphasé à 4 ou 500 volts, puis en courant continu à 6 ou 700 volts qui alimente les moteurs des voitures par le 3^{ème} rail (rail de courant).

A Paris, le courant triphasé à 5000 volts des usines génératrices est ramené par des transformateurs à 5 ou 600 volts

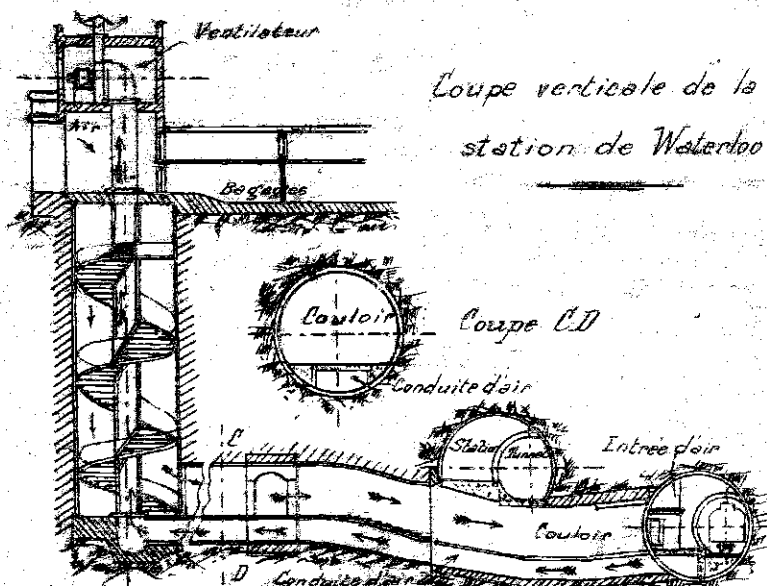
aux moteurs des automotrices.

Les voitures à bogie ont une longueur de 15 mètres en comportent une cinquantaine de places assises, avec, en général, 3 portes d'accès sur chacune des faces.

Dans le type américain, un système pneumatique assure d'un seul coup la fermeture de toutes les portes sous l'action du conducteur de service. Les arrêts sont de 20 à 30 secondes dans les stations.

Block-système. — Le block-système, électrique ou électro-pneumatique est généralement employé, avec freinage automatique ^{au passage d'un signal} en cas d'inattention du wattmann.

Ventilation. — On a reproché, à juste titre, aux métropolitains souterrains d'offrir aux voyageurs des voitures dans l'air corrompu et la température excessive. On cherche à y remédier en établissant des puits d'aérage de distance en distance, ou des ventilateurs dans chacune des stations en profitant de l'aspiration que produit le mouvement de piston des trains dans les souterrains. (fig. ci-contre).



corroie avant la fin de la journée.

On Central

Coupe verticale de la station de Waterloo

Soudan Railway un ventilateur aspire l'air sur toute la ligne (10 km), pendant la nuit, les issues des stations étant fermées; ce qui ne constitue qu'une solution assez imparfaite puisque l'air

Le tableau ci-dessous indique les recettes du Métropolitain à Paris depuis sa création :

Années	Longueur moyenne exploitée	Capital d'établ ^{ts}	Recettes brutes	Dépenses d'exploitation	Produit net
	kilom.	millions	millions	millions	millions
1902	15	86	11	4,6	6,4
1905	33	182	26,2	11,3	14,9
1906	39	242	29,4	11,7	17,7
1907	46	262	33,7	14	19,7
1908	51	316	39,5	15,9	23,6

Fin du Cours de Chemins de Fer

de